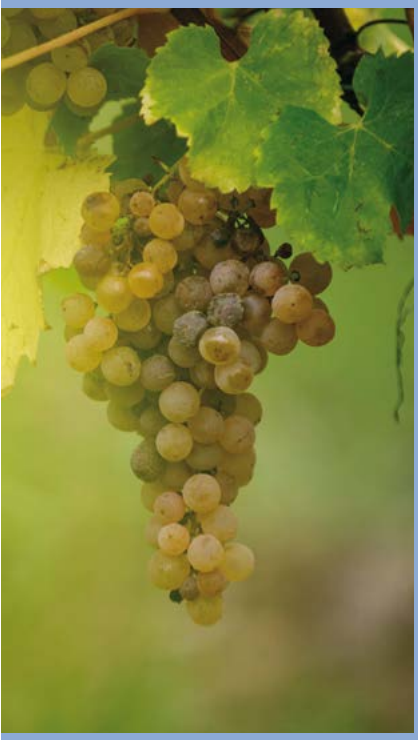
OBSERVATOIRE NATIONAL
SUR LES EFFETS DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE



La **prospective** au **service** de l'adaptation au **changement climatique**





Rapport au Premier ministre et au Parlement

La documentation Française

OBSERVATOIRE NATIONAL
SUR LES EFFETS DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

La **prospective** au **service** de l'adaptation au **changement climatique**

Rapport au Premier ministre et au Parlement

La **documentation** Française

Publications de l'Onerc à la Documentation française

Un climat à la dérive : *comment s'adapter ?* Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2005.

Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique, La Documentation française, Paris, 2007.

Changements climatiques et risques sanitaires en France, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2007.

Changement climatique. Coûts des impacts et pistes d'adaptation, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2009.

Villes et adaptation au changement climatique, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2010.

L'adaptation de la France au changement climatique, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2012.

Les outre-mer face au défi du changement climatique, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2013.

L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2014.

Le littoral dans le contexte du changement climatique, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2015.

Adaptation au changement climatique, évaluation de la démarche nationale et recommandations, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2016.

Vers un 2e plan d'adaptation au changement climatique pour la France. Enjeux et recommandations, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2017.

Les événements météorologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2018.

Des solutions fondées sur la Nature pour s'adapter au changement climatique, Rapport de l'Onerc au Premier ministre et au Parlement, La Documentation française, Paris, 2019.

En application de la loi du 11 mars 1957 (art. 41) et du Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992, complétés par la loi du 3 janvier 1995, toute reproduction partielle ou totale à usage collectif de la présente publication est strictement interdite sans autorisation expresse de l'éditeur. Il est rappelé à cet égard que l'usage abusif et collectif de la photocopie met en danger l'équilibre économique des circuits du livre.

© Direction de l'information légale et administrative, Paris 2022
ISBN : 978-2-11-157355-0

Sommaire

MOT DU PRÉSIDENT 5

INTRODUCTION 7

RÉSUMÉ 9

Partie A

Les démarches et outils à la disposition des acteurs publics et privés 13

A. I) Les démarches et usages de la prospective 15

Quatre usages de l'attitude prospective pour l'adaptation 15

La boîte à outils de prospective pour intégrer le temps long, innover et nous adapter 26

Une variété de démarches prospectives pour s'adapter au changement climatique : illustrations dans les Pays de la Loire 38

De l'intérêt des analyses prospectives par jugement d'expert pour l'adaptation au changement climatique 51

S'adapter au changement climatique : entre urgence climatique et anticipation, quelques réflexions sur l'utilisation de la prospective dans les territoires 57

A. II) Quel apport des services climatiques pour la prospective d'adaptation ? 65

Les services climatiques 65

La prospective pour l'adaptation au changement climatique au sein des chambres d'agriculture, illustrée par l'outil ClimA-XXI 86

Partie B

Illustrations de la mobilisation prospective des acteurs publics et privés 99

B. I) Les prospectives d'adaptation des acteurs publics 101

Adaptation des activités de sécurité civile au changement climatique 101

La mise en œuvre par la région Nouvelle-Aquitaine d'une démarche prospective sur les impacts du changement climatique et les pistes d'adaptation 118

Guadeloupe, les outils régionaux pour la prise en compte du changement climatique 138

L'acceptabilité sociale des solutions comme facteur de réalisation de l'adaptation : l'exemple d'un outre-mer, l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon 155

Les Fabriques Prospectives : un dispositif d'ingénierie prospective pour accompagner les territoires dans la prise en compte du changement climatique 162

Un travail prospectif au service de l'adaptation au changement climatique à Paris 168

Quelle stratégie d'adaptation au changement climatique pour le bassin Seine-Normandie ? 185

Mise en prospective d'une approche intégrée et participative d'adaptation d'un territoire de montagne au changement climatique 196

Études prospectives en lien avec l'adaptation au changement climatique de RTE (Réseau de Transport d'Électricité) 212

Une démarche visant la résilience de l'infrastructure ferroviaire face au changement climatique 217

B. II) Les prospectives d'adaptation des acteurs sectoriels 227

Mobiliser les filières économiques face au changement climatique 227

Climalait, un programme de la filière laitière pour l'adaptation des élevages laitiers face au changement climatique 251

La fabrique d'une stratégie nationale viti-vinicole d'adaptation au changement climatique 272

Les prospectives d'adaptation et la mobilisation des acteurs de la forêt : l'atout du RMT AFORCE 289

Enjeux socio-économiques et prospectives d'adaptation de l'immobilier 298

Une première évaluation de l'impact du changement climatique sur les institutions financières : caractéristiques et enseignements de l'exercice pilote de l'ACPR sur le risque physique 309

Modélisation à horizon 2050 de l'impact du changement climatique sur les pertes de récoltes pour informer leur assurabilité 329

CONCLUSION 339

BIBLIOGRAPHIE ET POUR ALLER PLUS LOIN… 341

Rapport d'activité de l'observatoire 353

Annexes 373

Contributeurs et remerciements 375

Sigles et Acronymes 379

Mot du président de la commission spécialisée du CNTE[1]



Ronan Dantec
© Gaël Arnaud

Le dernier rapport du Groupe de travail 1 du GIEC affirme clairement que le niveau de réchauffement global de 1,5 °C sera atteint au début des années 2030 quels que soient les efforts de réduction des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Ces efforts restent néanmoins essentiels pour limiter tout réchauffement supplémentaire. Avec déjà 1,1 °C de réchauffement global estimé par le GIEC au cours de la dernière décennie, des impacts se font déjà sentir partout et hélas souvent de façon dramatique. Ceux-ci ne pourront que s'amplifier et il est donc de plus en plus nécessaire de s'adapter aux effets du changement climatique.

Sources d'émissions de gaz à effet de serre, les secteurs économiques sont et seront affectés par les effets du changement climatique. Le premier enjeu est donc d'identifier pour chaque secteur à quels impacts du changement climatique il est sensible. Pour certains secteurs, c'est assez évident ; pour d'autres, le lien entre conditions climatiques et activité économique est moins évident car souvent indirect mais néanmoins réel. Il est ainsi fondamental de s'appuyer sur des exercices de prospective pour explorer les vulnérabilités climatiques et donc économiques futures.

Les objectifs des prospectives présentées dans ce rapport vont de la sensibilisation des différents acteurs publics et économiques jusqu'à l'identification des mesures nécessaires et des conditions de leur mise en œuvre. Elles ont été entreprises par des acteurs variés, notamment économiques mais également par des instituts spécialisés de filières, des établissements d'enseignement supérieur et de recherche, des observatoires régionaux et bien sûr des acteurs des territoires. Ces derniers ont un rôle important à jouer pour faciliter la cohérence des réponses d'adaptation et initier la mobilisation. Les travaux de ce rapport soulignent en particulier l'échelle territoriale comme une échelle essentielle pour faciliter des solutions cohérentes et inclusives.

1. Commission spécialisée du Conseil national de la transition écologique chargée de l'orientation de l'action de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique.

Les travaux d'élaboration de la future Stratégie française énergie et climat, dans laquelle l'adaptation au changement climatique aura toute sa place au même titre que la politique d'atténuation, viennent de débuter. Il nous faudra nous saisir de cette opportunité pour mieux articuler les dynamiques de terrain avec les politiques nationales et pour encore mieux impliquer les acteurs économiques, les associations, les chercheurs et les élus locaux.

Introduction

Nous avons la chance de pouvoir nous inspirer d'un grand nombre d'exemples d'acteurs publics et privés en France, qui ont, pour certains, une expérience de plus d'une décennie dans le domaine de l'adaptation au changement climatique.

Tous se sont demandé par où commencer et comment s'y prendre, et les prospectives ont souvent été un point de départ utile, voire incontournable, pour les aider à trouver leur façon de s'adapter.

C'est l'objectif de ce rapport : illustrer une mobilisation qui est possible et par tous. En présentant des exemples de travaux prospectifs, leurs résultats et tout aussi important, comment et par qui ils ont été entrepris et rendus possibles.

Chaque exemple, selon la sensibilité des contributeurs à cet ouvrage, place l'accent sur différents aspects de leurs travaux, allant des analyses très détaillées des impacts et des vulnérabilités, de l'identification des meilleures réponses à mettre en œuvre et à quel moment, de l'écosystème d'acteurs qui y participe, jusqu'aux questions d'acceptabilité des mesures d'adaptation identifiées et d'appropriation des résultats par tous ceux qui devront mettre en œuvre les mesures.

On ne s'adapte en effet que rarement seul, entre autres parce que les travaux prospectifs eux-mêmes s'appuient sur des services climatiques et/ou des dires d'experts, que les impacts du changement climatique concernent souvent plusieurs parties prenantes, que les solutions identifiées dépendront du comportement de ces dernières, voire aussi parce que les citoyens, producteurs et consommateurs que nous sommes allons changer nos comportements sous un climat différent.

Puisque, de manière croissante, quasiment tous les aspects de notre vie seront affectés par les impacts directs et indirects du changement climatique, ce rapport ne prétend pas à l'exhaustivité, sous aucun aspect ; le champ est trop vaste et la diversité de situations trop grande.

Nous avons choisi de focaliser ce rapport sur les acteurs. Après une première section dédiée à la prospective, ses démarches et outils, et l'apport des services climatiques, il est organisé par deux grandes catégories d'acteurs, publics et sectoriels. Cette séparation est artificielle, les uns et les autres ne s'adaptent pas chacun de leur côté, mais elle permet de brosser un tableau, du plus englobant, l'État qui à travers son deuxième plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC-2[1]) témoigne du sérieux avec lequel le sujet doit être considéré, aux plus locaux, qu'ils soient publics ou privés.

1. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2018.12.20_PNACC2.pdf

La lecture de ce rapport ne doit pourtant pas nécessairement se faire dans l'ordre du sommaire. Les « points d'entrée » possibles sont multiples, tout autant que les sujets couverts par chaque article. En voici quelques exemples[2] : la lecture peut se faire par géographie administrative (Guadeloupe, Nouvelle-Aquitaine, Pays de la Loire, Saint-Pierre-et-Miquelon, les Fabriques de l'ANCT, ville de Paris), par thématique telle que le littoral (les quatre territoires mentionnées ci-avant), la montagne (AdaMont), les infrastructures (RTE, SNCF), les îlots de chaleur et le bâti (ville de Paris), le lien entre les actions d'atténuation et l'adaptation (filières forêt et bâtiment, projet Explorer en Guadeloupe), les questions d'investissement et d'assurance informées par ces travaux (institutions financières, filière bâtiment), l'appropriation par les acteurs (Guadeloupe, Nouvelle-Aquitaine, Saint-Pierre-et-Miquelon et les filières économiques) ou bien encore les services climatiques qui sont un sujet transverse à toutes les contributions. La thématique de l'eau est quasi omniprésente même en dehors de la contribution de l'agence de l'eau Seine-Normandie : on la retrouve par exemple dans l'évolution future de la probabilité d'incendies qui concerne la sécurité civile mais aussi, et particulièrement, en lien avec l'agriculture (articles sur les filières laitière, forestière, viti-vinicole, mais aussi sur AdaMont, la Guadeloupe et les questions de réassurance).

Vous trouverez ainsi dans ce rapport un grand nombre d'exemples, de démarches et d'acteurs dont vous pourrez vous inspirer, du débutant jusqu'aux plus confirmés. Si vous avez encore des questions, et cela est plus que probable, nous vous invitons à explorer le centre de ressources national sur l'adaptation au changement climatique[3].

2. les exemples donnés ci-après entre parenthèses sont des indications de contributions présentes dans ce rapport et ne sont pas exhaustives.

3. https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr

Résumé

Prospective

Il n'existe pas, cet outil ou cette démarche parfaite qui s'appliquerait d'office à chaque situation et chaque besoin d'adaptation. Cette section vise à donner une orientation parmi les différentes options possibles et à illustrer certaines pratiques qui sont actuellement mises en œuvre. Il en existe d'autres, ces textes et exemples ne sont pas des recommandations mais doivent aider à s'orienter, à choisir et souhaitent ainsi favoriser la mobilisation.

Toutes les démarches et outils soulignent que l'adaptation est un processus de long terme et l'expérience montre que c'est un apprentissage constant. Ainsi, l'adaptation peut mener à utiliser plusieurs exercices de prospective à la suite, ou au sein d'un même projet territorial comme dans le cas d'AdaMont, avec des angles et outils différents, et aussi à choisir des mesures d'adaptation qui changent avec le temps. La notion de trajectoires d'adaptation, venue du monde anglophone, traduit bien cela et les prospectives aident à envisager ce temps long, qui nécessite souvent d'agir bien en amont des dysfonctionnements à venir. Comme le souligne la contribution pour la filière bâtiment, « les études prospectives sur les coûts des mesures à mettre en place face au changement climatique sont formelles, le coût de l'inaction est toujours supérieur au coût de l'action ».

Services climatiques

À quoi se prépare-t-on ? Les scientifiques et services de météorologie sont mobilisés depuis les premiers travaux sur le changement climatique et fournissent des informations essentielles pour aider les acteurs à se préparer.

Pourtant, s'appuyant sur une expertise multidécennale dans le domaine des projections climatiques, à l'image de toute activité d'adaptation, les services climatiques font partie d'un apprentissage qui n'est pas terminé. Les acteurs publics et privés sur le terrain souhaitent des connaissances de plus en plus précises, ajustées à leurs besoins opérationnels, ce qui nécessite une interaction renforcée. Face à une forte augmentation des demandes, la contribution sur les services climatiques souligne une série de défis à considérer. La nécessité d'adapter le secteur de la fourniture de services climatiques lui-même, face à cette nouvelle dynamique, est un effet indirect des impacts du changement climatique. Elle n'en est pas pour autant moins urgente puisqu'elle concerne un écosystème d'expertise complexe et variée au service des efforts d'adaptation publics et privés dans tous les domaines.

Les prospectives d'adaptation des acteurs publics

Les ministères n'échappent pas à la nécessité d'envisager comment leurs activités seront affectées par le changement climatique malgré la complexité qu'impliquent les politiques nationales. Le cas de la sécurité civile pourrait servir d'exemple pour d'autres ministères et politiques publiques pour anticiper les dysfonctionnements auxquels ils seraient confrontés le cas échéant.

Compte tenu du maillage de responsabilités entre eux, de l'État jusqu'aux communes, et le temps nécessaire pour mettre en œuvre les solutions envisagées, tous les niveaux administratifs et acteurs associés doivent se mobiliser et se coordonner. Vu sous cet angle, le temps long de l'adaptation peut s'avérer un temps court.

Les grandes infrastructures, particulièrement concernées par l'évolution de différents aléas, se trouvent à la croisée entre l'activité économique et territoriale. Compte tenu de leur importance pour les territoires, leur adaptation doit se penser en interaction avec eux. Cela soulève la question de la gouvernance des travaux d'adaptation au niveau territorial et le ministère de la Transition écologique a récemment lancé un groupe de travail sur cette thématique, en collaboration avec les acteurs des territoires.

À l'image de la sécurité civile et des grands réseaux, le souci de maintenir un service essentiel concerne aussi l'eau. Tout le monde est de près ou de loin concerné par les changements qu'imposera le changement climatique à sa gestion. Chacune des agences de l'eau a développé une stratégie d'adaptation pour anticiper la gestion des dysfonctionnements prévisibles ou imprévisibles et, comme le formule le ministère de l'intérieur au sujet de la sécurité civile, éviter d'« exposer la population nationale à des risques inacceptables ».

Ces risques ne mettent pas seulement en péril les populations directement mais aussi le fondement de leur activité économique. Les prospectives peuvent alors permettre d'envisager une transition territoriale, telle que dans le cas du tourisme de neige en moyenne montagne, en s'appuyant sur des solutions développées avec toutes les parties prenantes.

Le cas des régions illustre bien ce qui peut être accompli quand les responsables politiques s'approprient la thématique et mobilisent un écosystème d'acteurs en faveur d'une intégration de l'adaptation au changement climatique dans tous les domaines d'action. Pour autant, même en présence d'un grand nombre de prospectives et de connaissances accumulées, l'appropriation par les élus et acteurs socio-économiques reste à consolider et la réorientation de l'action publique doit être poursuivie.

Dans ce contexte, les efforts pour faciliter l'appropriation des connaissances est un point clé de toute politique d'adaptation. Les régions et départements en métropole et en outre-mer s'y attèlent à travers une grande variété de formations et d'outils d'information à destination du public et des acteurs politiques et socio-économiques.

Les habitants des communes impactées peuvent d'ailleurs non seulement devenir eux-mêmes moteurs de changement, en sollicitant l'action publique, mais doivent aussi impérativement être intégrés dans les choix d'adaptation pour s'assurer de l'acceptation des mesures mises en œuvre. Certaines options d'adaptation, notamment dans les zones littorales, impliquent parfois des changements radicaux qui ne peuvent être portés que collectivement.

À terme, pour amplifier la réorientation des politiques publiques, il sera essentiel de pouvoir justifier de résultats tangibles qui permettront de dépasser l'écueil principal dont peuvent souffrir les actions d'adaptation, le manque de visibilité de leur succès : soit parce que les effets ne seront visibles que plus tard, soit, semblables aux politiques de prévention des risques, parce qu'ils se manifestent par une absence de catastrophe ou de désagrément qu'on trouve alors tout à fait normale. Certains acteurs privés mettent en place des outils de suivi et évaluation malgré les difficultés méthodologiques que cela représente, comme en témoigne la contribution pour la filière bâtiment, et cela reste un défi comme une opportunité importante pour la mise en œuvre des politiques publiques.

Les prospectives d'adaptation des acteurs sectoriels

Les participants à l'élaboration du deuxième plan national d'adaptation (PNACC-2) et sa section économique souhaitaient une étude prospective pour déterminer quelles filières avaient besoin de se mobiliser en priorité. À contre-pied d'une approche classique qui aurait consisté à comparer un grand nombre de prospectives par filières, cette étude a préféré une approche transversale, basée sur l'analyse prospective de capacités, communes à un grand nombre, sinon toutes les filières, qui contribuent à la mobilisation des filières dans le temps. Pour n'en citer qu'une et sans être une caractéristique nécessaire, les filières les plus avancées disposaient d'une fédération telle que le Cniel ou d'un acteur national tels que le RMT AFORCE, l'INRAe ou l'OID, qui pouvait mobiliser la connaissance que leurs membres individuels, à l'exception de certains groupes ou grandes entreprises, n'étaient pas en mesure de développer.

Ce sont ces acteurs qui ont pour la plupart contribué à ce rapport. N'échappant pas au constat qu'il est inenvisageable de se considérer adapté une fois et pour toutes tant que le climat continuera à changer, leurs travaux illustrent les efforts considérables déjà entrepris et mesurent les efforts qui restent à accomplir.

Toutes les filières ont eu recours aux informations climatiques et à la connaissance d'experts pour établir le socle de compétences nécessaires et identifier les solutions appropriées. À l'image des enseignements illustrés précédemment à travers les prospectives d'acteurs publics, elles soulignent également l'importance de l'implication des parties prenantes, d'une réflexion qui dépasse souvent les seuls acteurs de la filière au sens strict pour s'insérer dans un territoire, la nécessité d'un suivi et évaluation des mesures, sans oublier le défi de formation nécessaire pour accompagner les membres des filières à s'approprier les défis et solutions d'adaptation.

La contribution sur les services climatiques mentionne parmi ses « perspectives » les résultats d'une étude qui identifie « un manque de sentiment d'urgence dû à une pression financière (encore) faible » comme une des raisons d'une utilisation insuffisante des services climatiques dans le secteur du tourisme. L'intégration de l'adaptation dans les décisions financières a un énorme potentiel de mobilisation de tous les acteurs, privés et publics, c'est ce que suggéraient également les discussions au cours de l'étude prospective transversale sur la mobilisation des filières économiques. Comme le souligne la contribution de l'ACPR sur les institutions financières, les obstacles pratiques sont encore nombreux, mais ils pourraient être levés. Certains acteurs, notamment au sein des filières, se mobilisent déjà pour intégrer le risque dans leurs décisions de financement.

Pour terminer, toutes les études prospectives citées dans ce rapport posent de manière implicite ou parfois directement la question de l'accompagnement des acteurs publics et privés pour s'assurer que tous soient préparés aux impacts du changement climatique. À défaut, comme le souligne un scénario de l'étude transversale sur la mobilisation des filières, nous risquons de nous retrouver devant des choix difficiles et à traiter en urgence, que ce soit pour assurer la sécurité de nos citoyens, allouer des ressources devenues rares comme l'eau dans certaines zones ou déterminer qui devra porter la responsabilité des décisions d'investissement se révélant à perte. Il n'est pas certain que notre société accepte la dimension conflictuelle de l'adaptation illustrée par ce scénario « arbitres d'adaptation » et qu'elle préfère se mobiliser à temps, en commençant, par exemple, par des prospectives pour informer ses choix et *a minima* prendre le temps de prévoir les arbitrages à venir.

Partie A

Les démarches et outils à la disposition des acteurs publics et privés



© DIRM NAMO / Terra.

A. I) Les démarches et usages de la prospective

Quatre usages de l'attitude prospective pour l'adaptation

Vivian Dépoues,
Institute for Climate Economics (I4CE)

• *Introduction*

La relation entre adaptation au changement climatique et anticipation est à la fois évidente et problématique. Elle est évidente car on parlait d'adaptation avant même de constater les effets du changement climatique (ONU 1992) ; que l'on ne compte plus les travaux démontrant que les coûts des impacts, si l'on n'anticipe pas, seront largement supérieurs aux coûts d'une action précoce (Global Commission on Adaptation 2019 ; COACCH 2018) et que l'on dispose d'un vaste corpus de connaissances qui éclaire les futurs climatiques possibles. Elle est problématique car les conditions climatiques – jusqu'ici globalement stables – n'étaient pas jusque récemment sur le radar de décision d'un grand nombre d'acteurs socio-économiques. On observe encore une tendance forte à attendre de constater les impacts du changement climatique pour s'y adapter (I4CE et Ramboll 2021 ; I4CE et Terra Nova 2019). Le terme d'adaptation porte en lui-même cette ambiguïté, évoquant une démarche de coévolution entre le système à adapter – ex. une ville, une activité économique, un écosystème – et son environnement au fur et à mesure et donc en réaction aux changements vécus.

Cette tension peut néanmoins être plus fertile qu'incapacitante. Elle invite à dépasser les binarités (Zask 2019) et à ne pas opposer une planification rigide à un laissez-faire, à penser en contexte toute une gamme de postures, de la réactivité bien préparée au pari stratégique en passant par des logiques plus préactives, c'est-à-dire prévenant les changements prévisibles (Chalus-Sauvannet 2000). En d'autres termes il s'agit bien d'agir aujourd'hui à la lumière des futurs possibles, ce qui correspond très exactement à l'invitation des démarches de prospective (Durance et Monti 2014 ; Godet et Durance 2011). Depuis au moins les années 1960 et en se renouvelant sans cesse, les pratiques prospectives ont cherché tant conceptuellement que méthodologiquement à articuler capacité à éclairer l'avenir et prise de décision.

De nombreux acteurs, y compris en France, l'ont bien compris et se sont saisis de ces outils pour interroger leur environnement, leurs décisions, leur développement à l'aune des projections climatiques. Plutôt que de chercher à rendre compte de l'exhaustivité de ces dynamiques, ce texte propose une lecture typologique, identifiant et illustrant quatre grands usages des raisonnements prospectifs pour l'adaptation (Figure 1). Ces quatre usages sont distingués ici pour l'objet de la présentation ; dans les faits ils s'articulent et se conjuguent plus qu'ils ne s'opposent. Les exemples présentés sont notamment choisis car ils illustrent en partie l'approche décrite sans forcément s'en réclamer, ni s'y limiter.

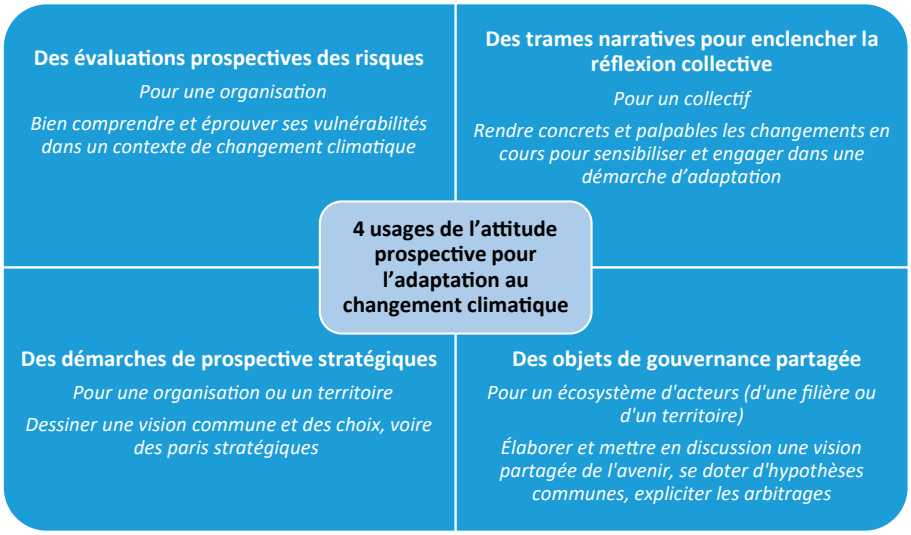


Figure 1 – Quatre usages de l'attitude prospective pour l'adaptation au changement climatique.

Source : Vivian Dépoues.

- *Les quatre usages-types*

1 – Des évaluations prospectives des risques

L'approche la plus immédiate et la plus répandue est celle consistant pour une organisation à éprouver ses vulnérabilités à l'aune des évolutions du climat et à évaluer son niveau de risque. Il s'agit de se demander jusqu'où et sous quelles conditions son activité, sa structure, son modèle resteront viables. La question climatique est, à des fins d'analyse, isolée et posée comme un enjeu spécifique.

C'est par exemple la démarche initiée dès 2015 par la Caisse centrale de réassurance (CCR 2018) pour évaluer la pérennité du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles pour différents scénarios de changement climatique. Cette étude a permis d'évaluer l'effet combiné des évolutions du stock d'actifs exposés – sur la base de projections socio-économiques – et des aléas climatiques – sur la base de modélisations réalisées par Météo-France en considérant les scénarios RCP2.6 et RCP8.5 de réchauffement du GIEC.

C'est encore ce que font des gestionnaires de parcs immobiliers. Icade a par exemple expérimenté une méthode d'analyse des risques liés à onze aléas climatiques pesant sur son patrimoine. Une telle méthode consiste à établir un diagnostic à l'échelle de chaque bâtiment en tenant compte de ses spécificités (implantation, année de construction, consommation d'énergie, vitrage, type de sol, environnement…) et en évaluant son comportement sous différents scénarios de changement climatique.

Ces démarches suivent généralement un processus bien codifié qui invite d'abord à analyser et à objectiver les relations entre le système à adapter et le climat. En effet, si elles sont parfois bien connues (dans le monde agricole par exemple), ces relations sont aussi parfois oubliées car neutralisées lors de la conception du système (dimensionnement d'une infrastructure, d'un bâtiment…). Ce diagnostic permet d'expliciter les vulnérabilités pour interroger dans un deuxième temps les conséquences des évolutions du climat au regard de ces vulnérabilités (à quels points ces évolutions affectent des aspects sensibles du système, des seuils peuvent-ils être franchis, etc.).

La logique de ce processus, centré sur les vulnérabilités (GIEC 2014), fait directement écho à un aspect fondamental des démarches promues par l'école dite française de prospective qui s'attache avant tout à décrire le plus précisément possible ce qui est, les dynamiques passées et actuelles, avant de se projeter dans le futur. François Bourse, directeur des études de Futuribles, parle, en empruntant une terminologie issue de l'ethnographie (Geertz 1973), d'un présent épais, pour désigner une compréhension enrichie des composantes et des dynamiques du système étudié qui en disent déjà beaucoup sur ses possibilités d'évolution et donc ses capacités de résilience et d'adaptation.

L'intérêt de cette approche est de tenir compte aux mieux des caractéristiques propres à chaque contexte et de savoir quels éléments, parmi le volume des connaissances scientifiques disponibles, sont importants à considérer. Selon les cas, c'est l'évolution des moyennes qui peut être problématique, ou bien celle des extrêmes, ou bien la répétition de certains épisodes ou l'apparition d'événements inédits qui n'étaient pas prévus, etc. Dans le cas du régime Cat'Nat' c'est notamment l'accumulation des phénomènes extrêmes à l'échelle du pays qui peut être critique. C'est la raison pour laquelle c'est une approche consistant à mobiliser un « générateur stochastique de temps » pour modéliser des centaines d'années sous un scénario de changement climatique qui a été retenue. Elle permet de détecter quels ensembles ou successions d'événements sur le périmètre géographique couvert par le régime pourraient devenir problématiques en s'additionnant. Dans le cas d'Icade, c'est plutôt la récurrence et la durée de phénomènes comme les vagues de chaleur qui peuvent impacter le confort, voire l'utilisabilité, et donc l'équation économique de l'exploitation des bâtiments (par exemple en termes de dépenses pour le refroidissement). À condition de savoir ce que l'on cherche, ces informations peuvent déjà être trouvées parmi les données accessibles sur le portail DRIAS « Les futurs du climat » (DRIAS 2020). Identifier en amont quelles sont les questions pertinentes à poser est la meilleure manière de tirer parti au mieux des projections climatiques disponibles.

Cette approche aide à mieux comprendre ses vulnérabilités, permet de révéler des potentiels d'action sans regret et de soulever des pistes pour agir dès aujourd'hui et résorber des déficits d'adaptation, y compris au climat actuel. Ainsi la CCR a pu rendre publiques des pistes d'évolution du régime Cat'Nat' qui garantiraient sa pérennité en insistant notamment sur le besoin de prévention pour freiner la croissance du stock d'actifs exposés aux risques. La démarche d'Icade a permis à la foncière d'identifier ses actifs les plus à risques sur lesquels il est utile

d'approfondir le diagnostic (par exemple en tenant mieux en compte des paramètres de gestion des bâtiments) et d'amorcer un travail de réflexion sur les options et les opportunités d'adaptation disponibles pour réduire la vulnérabilité du parc existant mais également faire en sorte que la conception des bâtiments neufs anticipe l'évolution des risques.

2 – Des trames narratives pour enclencher la réflexion collective

Un autre usage très répandu d'approches prospectives est l'utilisation de visions du futur comme outils de sensibilisation et de mobilisation des acteurs dans une démarche d'adaptation. L'approche proposée se concentre alors sur la coconstruction de récits à même de rendre concrets et appropriables les changements à venir. Il s'agit de traduire des indicateurs chiffrés qui peuvent paraître abstraits (ex. l'anomalie de température estivale) en histoires concrètes qui invitent à la réflexion (ex. le déclenchement et le déroulement d'une canicule pour une ville en particulier). Souvent ce type d'approches accorde moins d'attention à l'exactitude et à l'exhaustivité des futurs explorés qu'à la trame générale permettant de faire ressortir certaines conséquences marquantes des changements. L'horizon précis de la réflexion, les probabilités et les niveaux d'impact exacts comptent alors moins que les images véhiculées, les expériences suggérées y compris dans leur dimension émotionnelle.

Storylines

On remarque des tentatives de plus en plus nombreuses pour réduire l'écart entre les projections scientifiques et ces approches narratives. Certains chercheurs en sciences du climat comme en sciences sociales défendent ainsi des manières alternatives de construire et présenter les résultats des modélisations (Garb, Pulver et VanDeveer 2008 ; Shepherd *et al.* 2018 ; Hazeleger *et al.* 2015 ; Malekpour, de Haan, et Brown 2016 ; Dessai et Hulme 2004). Plutôt que de publier des indicateurs climatiques classiques (ex. évolution du déficit de précipitation), ils proposent ce qu'ils nomment des « *storylines* » décrivant de façon robuste des situations météorologiques et des chaînes d'impacts sur une période de temps (ex. déroulé et évolution d'un épisode de sécheresse long sur un territoire). Au niveau européen, le projet RECEIPT développe cette idée justement pour nourrir des démarches de type prospectif dans des secteurs comme l'agriculture, la finance, la production industrielle ou le développement international (Coulter et Dessai 2020). À noter que le rapport du groupe de travail 1 du GIEC recourt largement et pour la première fois au concept de « *storylines* » dans son résumé technique (IPCC 2021).

Les approches narratives sont particulièrement utilisées dans le cadre de démarches de mobilisation à destination d'un groupe (ex. une filière économique) ou d'un territoire (ex. une ville) particulier, pour lequel il est possible de décliner un récit particulier, qui saura mettre en scène des ressorts spécifiques à ce groupe ou à ce territoire. On parlera ainsi de problématiques de maintenance des trains dans un scénario de vague de chaleur avec SNCF (Dépoues 2019), des incidents en cascade sur les réseaux d'infrastructures dans un scénario de crue de la Seine (OECD High Level Risk Forum 2018).

C'est ce type d'approches qui a été développé par le Centre national interprofessionnel de l'économie laitière (Cniel) pour engager des discussions et animer une réflexion sur l'adaptation avec les producteurs à l'échelle d'exploitations laitières. Une étude « Climalait » a d'abord été réalisée en partenariat entre les instituts techniques de la filière et Météo-France pour évaluer l'évolution du climat et son impact sur les exploitations laitières à l'horizon 2050 pour 22 zones géographiques selon un scénario de changement climatique fort (Cniel 2015). Cette étude a été le socle sur lequel a été construit un outil ludique original appelé Rami Fourrager (Zapata *et al.* 2017). Destiné aux éleveurs et à leurs conseillers, cet outil permet de traduire à l'échelle de l'exploitation les conséquences du changement climatique, en tenant compte des spécificités de chaque système d'élevage. Des ateliers ont été organisés pour tester l'outil avec six éleveurs dans chaque région autour du cas concret d'une exploitation.

Alors que la territorialisation et l'appropriation des résultats scientifiques par les acteurs territoriaux restent un défi, la diffusion de ce type d'initiatives peut constituer un levier d'action prometteur. La présence dans de plus en plus de régions d'acteurs comme les Groupes régionaux d'expertise sur le climat (GREC) constitue un atout qui pourrait faciliter ces exercices qui nécessitent aussi des compétences clés de médiation. De telles dynamiques peuvent s'appuyer sur les résultats d'expériences interdisciplinaires déjà conduites, comme celle menée il y a déjà quelques années à l'échelle d'un parc naturel régional (PNR) avec le projet Viaduc associant scientifiques et designers (Corre *et al.* 2015).

3 – Des démarches de prospective stratégiques

La forme généralement considérée comme la plus aboutie des démarches de prospective est la prospective stratégique. Il s'agit, à l'échelle d'une organisation ou d'un territoire, de dépasser les étapes de la sensibilisation et de la réflexion pour dessiner une vision commune et des choix (voire des paris) stratégiques. Dans le cadre de l'adaptation, cela signifie aller jusqu'à l'identification, la comparaison et le choix d'actions cohérentes qui dessinent une trajectoire d'adaptation dans laquelle s'engager concrètement.

C'est un élément majeur de notre panorama qui nous rappelle que l'adaptation est aussi affaire de préférences collectives et de choix. Il n'y a presque jamais une seule manière de s'adapter. En fonction du niveau de risque jugé acceptable et d'autres paramètres parmi lesquels les capacités d'action, y compris financières, différentes postures peuvent se proposer. Il est ainsi par exemple possible

de souhaiter tout faire pour réduire le risque et se mettre à l'abri, y compris des scénarios les plus extrêmes. De l'autre côté du spectre, il est possible de préférer accepter une part importante de risque et de concentrer ses efforts sur le développement de capacités à faire face et à se remettre rapidement des crises (I4CE et Terra Nova 2019). Dans le premier cas on (sur) investit dans des infrastructures et des équipements les plus robustes possibles, dans le deuxième on crée des mécanismes d'intervention rapide, on multiplie les exercices de simulation et on sécurise l'accès aux ressources essentielles. Bien entendu, entre ces deux postures c'est un continuum d'options qui se dessine, plus ou moins définitives ou évolutives, misant sur la robustesse ou l'agilité.

La prospective stratégique peut être un outil puissant pour explorer non plus seulement des scénarios d'évolution du climat mais aussi de multiples voies d'adaptation. Comment se comporterait le territoire ou l'entreprise selon les choix qui sont faits, qu'impliquerait telle ou telle décision, à quel point serait-elle réversible, jusqu'à quel horizon ou à quel niveau d'impact reste-t-elle satisfaisante selon différents critères économiques, politique ou sociaux ? Ce sont autant de questions qui peuvent être soulevées lors d'un exercice de prospective stratégique.

Jusque dans les années 2000, ce type d'exercice était très courant au sein de grandes organisations publiques comme privées (de Safran à SNCF, de la Datar à Schell (Lesourne 1985 ; 2000 ; Jouvenel, Carcanague et Verschuuren 2015 ; Chateauraynaud 2013)). Dans un monde économique beaucoup plus volatil et incertain tel que celui que nous connaissons depuis le début du XXIe siècle, ces démarches, qui invitent à considérer ensemble toutes les tendances d'évolution et à prioriser les variables clés dont tenir compte, se font plus rares. Nous formulons l'hypothèse que les connaissances dont nous disposons sur le changement climatique en cours et à venir et la manière dont elles cohabitent avec d'autres tendances d'évolution (comme la transition numérique ou certaines évolutions démographiques) renouvellent l'intérêt de ces démarches. En effet, ces connaissances constituent à la fois un vecteur de changement et d'incertitude indéniable et un facteur de prévisibilité qu'il serait dommage de négliger (Vanderlinden 2015 ; Dépoues 2019).

De tels exercices ne sont pas systématiquement publics et il n'est pas toujours évident d'en percevoir les effets de l'extérieur des organisations. Quelques exemples montrent cependant que certains acteurs partagent ce constat et cherchent à réactiver ces approches. Ainsi, des acteurs du transport ont pu interroger quelle pourrait être l'évolution des attentes de leurs clients (en termes de confort pour les voyageurs (SNCF Réseau 2020) ou de fiabilité pour le fret (DHL 2012) et de leurs conditions d'opérations dans un monde caractérisé par une forte variabilité climatique. L'acceptabilité de modes dégradés peut par exemple devenir une question. Des acteurs du BTP comme Vinci ont également pu engager des réflexions en ce sens (Leonard 2019[1]).

1. https://leonard.vinci.com/climat-quand-les-entreprises-sengagent/

4 – Des objets de gouvernance partagée

Quand elles s'ouvrent au-delà d'une organisation ou d'un collectif spécifique, les démarches de prospective peuvent devenir des objets de gouvernance partagée très puissants. Or, l'adaptation au changement climatique apparaît avant tout comme un défi de gouvernance (I4CE et Ramboll 2021 ; Huitema *et al.* 2016), les vulnérabilités et les choix d'adaptation des uns ayant très souvent des conséquences sur les vulnérabilités et les capacités d'adaptation des autres. C'est l'exemple canonique de la route coupée qui empêche l'accès à une usine pourtant hors d'eau au lendemain d'une inondation. C'est encore l'exemple de la protection côtière installée par une commune qui modifie le régime hydro-sédimentaire et accélère l'érosion sur le territoire de la commune voisine. Par ailleurs, l'adaptation amène souvent à des choix (implicites ou explicites) en termes de répartition des coûts et des risques.

Mettre autour de la table, aux différentes étapes du processus, les différentes parties prenantes d'un territoire ou d'une chaîne de valeur est donc une condition essentielle de l'adaptation. Un des enjeux clés pour ces acteurs réunis est de partager une vision commune des changements en cours et éventuellement de s'accorder sur certaines hypothèses autour desquelles coordonner les actions. C'est dans la construction d'une telle vision partagée de l'avenir, qui ne passe pas sous silence les éventuels dissensus, que la prospective peut s'avérer essentielle.

Plusieurs approches sont envisageables pour établir ces hypothèses partagées. Ces dernières peuvent être plus ou moins coconstruites et discutées. Dans la tradition des prospectives anglo-saxonnes, c'est par exemple souvent le rôle d'experts extérieurs et de cabinets spécialisés d'établir quelles seront les grandes tendances, souvent technologiques, directrices à grande échelle. C'est un des usages possibles des résultats d'un projet européen comme AgriAdapt qui a cherché à démontrer que les trois principaux systèmes de production européens (élevage, grandes cultures et cultures pérennes) pouvaient devenir plus résilients au changement climatique grâce à l'adoption de mesures d'adaptation qui ont été testées.

Plus que l'établissement des tendances elles-mêmes, c'est leur appropriation et leur mise en discussion qui est particulièrement intéressante si elles nourrissent un horizon commun entre les acteurs concernés. Les débats autour des hypothèses et des visions concurrentes du futur constituent un espace de négociation.

C'est exactement ce que l'on observe autour des nombreuses démarches animées à l'échelle de bassins ou de sous-bassins versants sur la ressource en eau (Carroget *et al.* 2017 ; MTES 2015) (Figure 2). La réalisation de bilans prospectifs offre-demande nécessite de s'accorder non seulement sur des scénarios d'impacts du changement climatique mais également sur des scénarios d'usage permettant une répartition de la ressource disponible. Pour aboutir à un bilan partagé, physiquement viable, il faut mettre en commun et surtout rendre compatibles les hypothèses des différents usagers (agriculteurs, professionnels du tourisme, représentants des milieux naturels, etc.) sur leurs besoins futurs. Cela permet notamment de situer les potentiels conflits d'usages et de considérer

la manière dont différentes mesures d'adaptation (ex. sobriété, efficacité, stockage) permettraient d'y répondre, comment chacune répartirait l'effort et quelles seraient les conséquences pour d'autres acteurs. Cette étape est alors le préalable à des dynamiques de négociation pour aboutir à un compromis ou formuler les arbitrages nécessaires.

Étude	Bassin versant ou zone d'étude	Objectifs	Référence
R^2D^2-2050	Durance	Élaborer une vision prospective de la gestion de l'eau intégrant le changement global.	Sauquet *et al.* (2014)
IMAGINE 2030	Garonne	Examiner l'évolution des étiages à l'horizon 2030 sous contrainte de changement climatique et d'activités humaines.	Sauquet *et al.* (2010)
Garonne 2050	Garonne	Évaluer de manière prospective les besoins et les ressources en eau futurs.	Agence de l'eau Adour-Garonne (2014)
ICC-HYDROQUAL	Loire	Évaluer l'impact du changement climatique sur l'hydrologie, le régime thermique, et la qualité des eaux.	Moatar *et al.* (2010)
RheinBlick 2050	Rhin	Évaluer les impacts futurs des changements climatiques sur les eaux de surface.	Görgen *et al.* (2010)
GICC-Rhône	Rhône	Évaluer les impacts futurs des changements climatiques sur l'hydrologie de surface.	Leblois (2002)
RExHySS	Seine et Somme	Évaluer les impacts futurs du changement climatique sur les ressources en eau et les extrêmes hydrologiques.	Ducharne *et al.* (2011) ; Habets *et al.* (2013)
Climaware	Seine	Définir des stratégies d'adaptation dans différents secteurs de gestion de l'eau.	Dorchies *et al.* (2014)
Climsec	France	Étudier l'évolution passée et future des réserves d'eau des sols.	Vidal *et al.* (2012)

Figure 2 – Exemples d'études prospectives sur les impacts des changements climatiques sur l'hydrologie de surface.

Source : Carroget *et al.* 2017.

Avec également des exemples récents comme la démarche Dordogne 2050 *ou les études HMUC. On mentionnera également le projet Explore 2070, initié par le ministère chargé de l'écologie en 2010 « pour répondre au besoin de mieux évaluer les impacts possibles à l'échelle du territoire » auquel succède l'étude Explore 2 en cours de réalisation* [2].

2. *Cf.* https://www.inrae.fr/actualites/strategies-gestion-leau-face-aux-impacts-du-changement-climatique-lancement-du-projet-explore2 – consulté le 17 octobre 2021.

Une autre démarche exemplaire de ce type est la prise en compte du changement climatique dans le bilan prévisionnel sur les perspectives du système électrique réalisé par RTE[3]. Ce document réglementaire établi en concertation permet aux acteurs du système électrique de disposer d'un socle commun sur lequel établir leur stratégie et prévoir leurs investissements. Au côté du développement massif des énergies renouvelables, les évolutions du climat (qui affectent à la fois l'offre et la demande d'électricité) constituent un des facteurs majeurs intégrés à cette réflexion. Cette approche semblerait tout à fait pertinente à étendre à d'autres réseaux et d'autres systèmes d'intérêt collectif, comme le système de mobilité.

Cette approche a également toute sa pertinence et est utilisée à l'échelle de dynamiques territoriales – par exemple pour interroger collectivement l'avenir de territoires littoraux ou de montagne, en considérant différentes options de diversification voire de bifurcations économiques. Portées au niveau de territoires de projets, permettant de dépasser la répartition administrative des compétences, ces expériences peuvent explorer une variété de dimensions allant des flux économiques aux paysages, en passant par les manières d'habiter et les besoins de formation (IRSTEA *et al.* 2017 ; Diaz 2018 ; François *et al.* 2019 ; La Fabrique Écologique 2019 ; GIP Littoral 2012). Elles obligent à partager une compréhension des changements en cours (par exemple le recul du trait de côte ou la diminution de l'enneigement) qui ne sont pas toujours perçus de la même manière par tous. Elles permettent de questionner des situations verrouillées lorsque l'on raisonne à trop court terme (par exemple le caractère en apparence incontournable de digues ou du ski) et ainsi de dégager des perspectives qui seront parfois largement consensuelles et d'autres fois nécessiteront des arbitrages. De telles dynamiques créent du dialogue mais également du décalage, elles décentrent la prise en compte des enjeux et permettent parfois de trouver des marges d'action en considérant d'autres combinaisons d'acteurs, d'autres horizons ou d'autres échelles spatiales. Il s'agit par exemple de penser en dehors de la filière tourisme en termes d'agrotourisme ou d'économie résidentielle, de se projeter au-delà de l'horizon d'investissement dans un canon à neige ou de passer de raisonnements à l'échelle d'une station à des visions à l'échelle de vallées.

Différents travaux – à l'image du guide méthodologique produit par l'ADEME à destination des filières agroalimentaires (ADEME 2019) – permettraient aussi de développer ces dynamiques à l'échelle de filières économiques en réarticulant les maillons amont et aval de chaînes de production qui n'ont plus toujours beaucoup d'occasions de penser ensemble à long terme.

3. Travail conduit par RTE en partenariat avec Météo-France. https://www.rte-france.com/rte-en-bref/nos-engagements/laction-de-rte-face-au-changement-climatique – consulté le 14 mai 2021.

- *Discussion*

Impact stratégique et degré de mobilisation : mise en perspective de typologies existantes

Ce rapide panorama typologique a été élaboré de manière à illustrer la diversité des raisonnements prospectifs tels qu'ils peuvent être utilisés pour l'adaptation. Il pourrait être mis en perspective d'analyses plus approfondies et plus complètes comme celles qu'ont pu mener Bootz et Monti à partir de plusieurs dizaines d'études prospectives accompagnées par le Conservatoire national des arts et métiers sur une diversité de sujets (Bootz et Monti 2008). En analysant d'abord un échantillon d'études conduites avant 2008, ces auteurs identifiaient quatre grands types de démarches réparties selon deux axes d'analyse : (1) l'impact stratégique de la prospective et (2) le degré de mobilisation au sein de l'organisation qui la conduit. Ces deux axes et les quatre catégories qu'ils dessinent offrent une grille de lecture très pertinente pour analyse les usages décrits ci-dessus : ils permettent bien de souligner que certaines approches (comme les évaluations prospectives des risques) ont avant tout pour objectif de permettre aux dirigeants d'une organisation d'interroger une certaine vision stratégique au regard des futurs (ici climatiques) possibles ; que d'autres (comme l'utilisation de trames narratives) sont d'abord des outils de mobilisation ou encore que certaines (prospectives stratégiques) se pensent vraiment comme des outils d'aide à la décision, nourrissant le choix d'orientation et des arbitrages stratégiques.

En reprenant cette analyse enrichie de démarches plus récentes (jusqu'en 2016) (Bootz *et al.* 2019) ajoutent deux autres catégories à leur typologie pour tenir compte d'évolutions constatées dans l'utilisation de la prospective : un basculement de l'intérêt depuis des démarches de réflexion stratégique vers des besoins de pratiques opérationnelles et une ouverture accrue aux parties prenantes externes de l'organisation et aux travaux en réseau. Les usages de la prospective comme objet de gouvernance partagée font apparaître ce dernier aspect de manière très forte. Pour ce qui est de la bascule vers l'opérationnalisation, il semblerait que cela dépende grandement du degré de maturité des organisations et des filières concernées vis-à-vis de ce défi et de leurs différentes capacités à se mobiliser.

Quand l'adaptation n'est pas première

Ces différents usages-types de l'attitude prospective pour l'adaptation au changement climatique reflètent également les multiples places que ces changements peuvent occuper dans le futur de territoires ou d'activités économiques. Tendance structurante pour certains, incertitude majeure pour d'autres ou variable secondaire parfois.

En effet, dans la pratique prospective, l'usage de scénarios n'est pas systématique. Ces derniers sont utiles quand certaines variables déterminantes de l'avenir mais dont l'évolution reste incertaine sont identifiées. Dans les cas qui nous intéressent, les variables climatiques et les choix d'adaptation ne seront pas

systématiquement les facteurs les plus structurants, ni ceux qui permettraient le mieux de contraster plusieurs futurs possibles.

C'est le cas dans certains secteurs (comme la forêt ou l'aménagement littoral), peut-être moins automatiquement dans d'autres. Il est ainsi par exemple possible que, en l'état actuel des débats, le choix de la trajectoire de transition énergétique à suivre soit un facteur bien plus déterminant des évolutions de nos systèmes de mobilité que les impacts du changement climatique : va-t-on aller vers une réduction des mobilités longue distance au profit de circuits et de trajets plus courts ? Va-t-on électrifier massivement ou plutôt miser sur l'hydrogène ? Les réponses à ces questions seront premières sur le type d'adaptation à privilégier. Dans tous les cas il sera possible de veiller à rendre les investissements choisis adaptés et résilients.

S'il n'est donc pas forcément pertinent d'élaborer d'abord des scénarios contrastés d'adaptation, il peut être extrêmement intéressant d'interroger chaque scénario de transition au prisme de l'adaptation : à quels types d'impacts chacun serait particulièrement vulnérable ? Que faut-il pour adapter un système qui mise à nouveau sur le ferroviaire ou garantir la résilience d'un développement exponentiel du vélo ? Aura-t-on les mêmes attentes, les mêmes préférences dans un système misant sur un développement des transports collectifs ? Quelles hypothèses chaque scénario intègre-t-il, parfois implicitement, en matière de rapport collectif au risque, afin de le gérer ? Un scénario hautement technologique peut par exemple induire une logique maîtrise des risques en conception, quand un scénario plus low-tech accepterait une part de risque résiduelle plus forte en misant sur des procédures de gestion des conditions dégradées.

Il ne s'agit alors plus de conduire des démarches prospectives dans lesquelles l'adaptation est centrale mais de proposer une lecture en termes d'adaptation des résultats de démarches de prospectives plus transversales telles que les scénarios de transition préparés par l'ADEME ou le CGEDD (Mobilité 2050).

- *Conclusion*

Selon le point de départ, les intentions de ceux qui initient et portent la réflexion et la configuration des écosystèmes d'acteurs, les apports de la prospective peuvent être divers. Les quelques exemples présentés invitent néanmoins à penser l'adaptation dans des termes plus larges que ceux qui ne relèvent que des ajustements techniques voire de la gestion des risques. Il s'agit bien d'outiller des stratégies et des politiques d'aménagement en questionnant notre rapport collectif au risque et à l'incertitude ; de prendre acte que s'adapter à un contexte de changement climatique est aussi une question d'aménagement du territoire, de politique industrielle et de développement économique (Reghezza-Zitt, 2020)[4].

4. « S'adapter, ce n'est pas qu'un problème de béton durable et de joint thermique, c'est se confronter aux grandes questions de la répartition des activités et des hommes, de l'organisation de l'espace national. » Magali Reghezza-Zitt.

La boîte à outils de prospective pour intégrer le temps long, innover et nous adapter

Gwénaëlle Le Bourhis-Le Duigou,
Direction régionale de l'environnement,
de l'aménagement et du logement des Pays de la Loire

« Les portes de l'avenir sont ouvertes à ceux qui savent les pousser. »
Coluche

« Nous devons utiliser le temps comme outil et non comme repose-pied. »
John Fitzgerald Kennedy

La discipline prospective propose de nombreux outils ou méthodes qui facilitent l'intégration du temps long dans nos réflexions et nos actes.

Les différentes méthodes et approches de la prospective forment une véritable boîte à outils composée de quatre tiroirs distincts : (1) les méthodes quantitatives, (2) celles dites d'expert.es, (3) les méthodes stratégiques et (4) celles encourageant les changements de postures et de comportements.

Tous s'utilisent quels que soient les sujets de préoccupations pour l'avenir : les emplois de demain, les mobilités et les logements du futur, les valeurs de la génération qui nous succédera ou encore les modes de vie qui seront adaptés au dérèglement climatique…

Ouvrir les quatre tiroirs de la boîte à outils permet d'apprécier la diversité des méthodes disponibles selon leurs finalités. Leurs avantages et quelques conditions d'usage sont décrits ci-après.



Figure 1 – « Jardin Nid du 12 : Outils de jardinage »

© Sophie Boisteau/Terra.

- *Le tiroir des méthodes quantitatives qui donnent à voir l'avenir*

« Beaucoup de choses que vous pouvez compter ne comptent pas. Beaucoup de choses que vous ne pouvez pas compter comptent vraiment. »
Albert Einstein

Projections, simulations et modèles statistiques : des outils fondés sur de la donnée objective souvent numérique

Le premier tiroir de la boîte à outils de prospective comprend les méthodes quantitatives. Ces dernières utilisent des données statistiques ou géomatiques pour élaborer des projections à partir d'hypothèses d'évolution. Leur établissement nécessite un historique, constitué de données observées par le passé. S'il est complexe de les réaliser, de nombreux organismes publics en produisent et les mettent ensuite à disposition. L'Insee, par exemple, établit des projections de populations, grâce à son modèle *Omphale*. L'Office français de la biodiversité (OFB), quant à lui, a mené le projet *Explore 2070,* pour évaluer les impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques et la ressource en eau, puis construire une démarche d'adaptation au changement climatique qui en tienne compte. Météo-France en collaboration avec la communauté scientifique, dont l'IPSL, a également produit des projections climatiques jusqu'en 2100 qui font référence et titre ainsi sur son site internet : « + 3,9 °C en 2100 si nous n'agissons pas maintenant » (scénario RCP 8.5 du GIEC) [en ligne] (page consultée le 12/09/2021). Vous pourrez trouver une présentation détaillée des services climatiques et du rôle de Météo-France au chapitre 2 de ce rapport.

Le projet DRIAS met à disposition des projections climatiques régionalisées réalisées dans les laboratoires français de modélisation du climat (IPSL, CERFACS, CNRM), sous forme graphique et numérique[1]. Une fois déclinées localement, les projections mondiales ou nationales aident les territoires locaux à anticiper les effets de nombreux phénomènes, notamment ceux sur lesquels ils ne peuvent exercer de contrôle. Ainsi, pour évaluer les impacts du changement climatique dans les Pays de la Loire, la région, en 2020, a financé avec l'agence de la transition écologique (ADEME) une étude sur les évolutions récentes du climat ligérien et leurs projections en 2050 : « la température moyenne a augmenté de 1,2 à 1,8 °C sur les 60 dernières années et devrait encore augmenter de 1,5 °C d'ici 2050 ; le niveau de la mer, qui a augmenté de plus de 3 cm entre 1993 et 2014, continuera de monter (+ 40 à 100 cm, d'ici 2100) … » (observatoire Téo Pays de la Loire, lettre d'information n° 3 janvier 2021, p. 2).

1. Projet Drias : http://www.drias-climat.fr (page consultée le 21 novembre 2021).

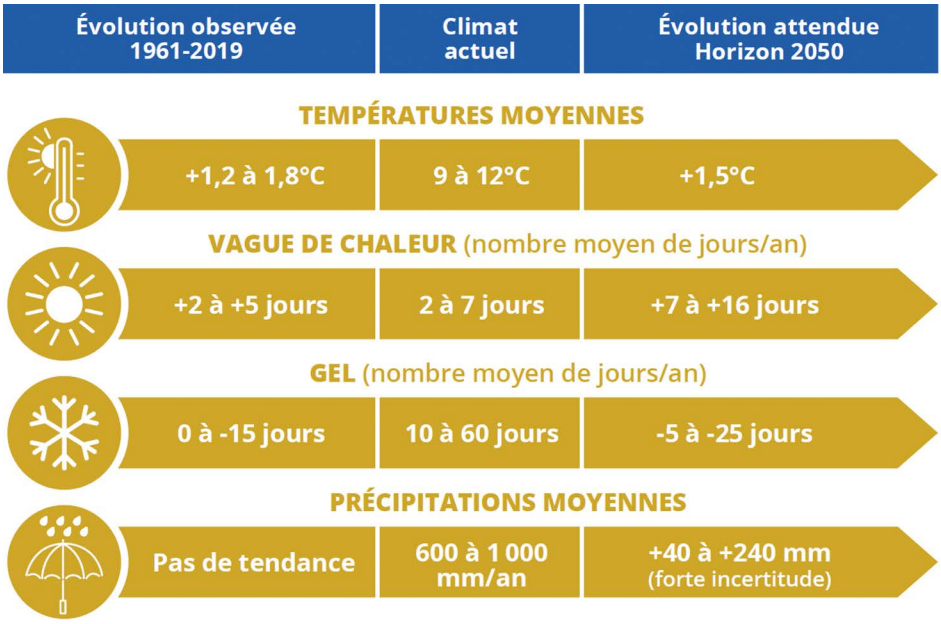


Figure 2 – Évolution observée et attendue du climat en Pays de la Loire.

Sources : Région Pays de la Loire, ADEME, Artelia.

Reposant sur des estimations, les outils de simulation sont des versions plus abouties encore de ces projections. Ils permettent en effet aux usagers de moduler et croiser différentes hypothèses entre elles. Par exemple, l'outil Parcel, disponible en ligne, mesure l'empreinte spatiale, sociale et environnementale de l'alimentation, en fonction de modes de production et de consommation. Deux parcours sont proposés : (1) quels sont les effets d'une alimentation plus locale et durable ? (2) Combien de personnes peut-on nourrir grâce à une parcelle ou un terrain donné ?

Développé par Terre de Liens, la Fédération nationale de l'agriculture biologique (Fnab) et la société coopérative du Bureau d'analyse sociétale pour une information citoyenne (Basic), Parcel aide les acteurs locaux à développer plusieurs scénarios, en jouant sur trois des principaux leviers de durabilité de l'alimentation (la relocalisation des filières alimentaires, les modes de production agricole, la composition des régimes alimentaires).

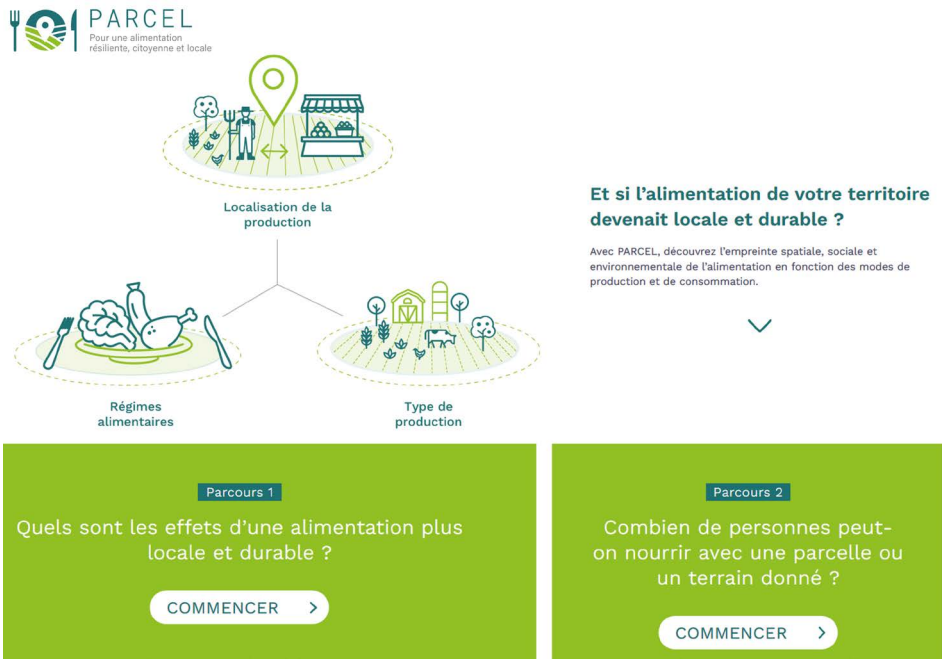


Figure 3 – Page d'accueil en ligne du simulateur Parcel.

Sources : Parcel, Terres de liens, Fnab, Basic.

Avantages et précautions d'usage de ces méthodes quantitatives, qui mesurent les incidences d'un avenir le plus souvent tendanciel

Les projections comme les simulateurs présentent de nombreux avantages. D'abord, ces outils quantitatifs donnent à voir un avenir possible et favorisent l'amorce de débats lors d'ateliers de prospective. Les chiffres génèrent également un sentiment de fiabilité, puisqu'ils reposent sur une observation du passé et des décomptes précis. Considérés comme rationnels car établis avec rigueur, ils vérifient ou, au contraire, invalident les présupposés.

Les simulateurs disposent d'un atout supplémentaire puisqu'ils permettent par le biais de curseurs de moduler certains paramètres cruciaux pour l'avenir. Ils aident ainsi à évaluer dans le temps les effets d'une action ou d'une décision, plaçant les acteurs en responsabilité d'agir en conséquence.

L'usage de ces mêmes outils quantitatifs appelle quelques précautions. D'abord, la manipulation des chiffres n'est pas familière à tous et, mal comprise, génère des réactions de rejets, argumentées par le sentiment de disposer d'une boîte noire, reposant sur des mécanismes de calculs mal appréhendés.

Par ailleurs, pour disposer d'une approche systémique, il est important d'établir des liens avec d'autres phénomènes à l'œuvre, qui sont soit observés de longue

date, soit émergents. Or, d'une part, les méthodes quantitatives limitent, pour des questions méthodologiques, le nombre de croisements possibles avec des données complémentaires. D'autre part, elles excluent toute une partie du travail de prospective, qui repose sur le repérage des « signaux faibles », aussi appelés « germes de changement ». Ces signaux faibles, qui, sur la durée, pourraient bouleverser le monde à venir, sont en général des phénomènes récents, qui n'ont pas encore été observés par la statistique et, en conséquence, ne possèdent pas d'historique. Ils sont de nature à introduire des ruptures dans les tendances.

Ensuite, les projections sont utiles à condition de s'affranchir du déterminisme des chiffres. La prospective refuse le fatalisme et considère que l'avenir n'est pas écrit mais à écrire. Or, les chiffres ne sont ni plus ni moins que la photo d'un phénomène, prise à un instant donné. Gaston Berger affirmait ainsi que « l'avenir n'est pas seulement ce qui peut arriver ou ce qui a le plus de chances de se produire. Il est aussi, dans une proportion qui ne cesse de croître, ce que nous aurons voulu qu'il soit. »

Enfin, comme toute observation, les chiffres n'ont de sens que pour choisir ce qui nous semble souhaitable. Il nous appartient d'être proactifs et d'imaginer des ruptures dans les tendances et de mettre en place des actions pour réduire, stabiliser ou augmenter un phénomène observé.

Ces outils quantitatifs se combinent judicieusement à ceux des autres tiroirs, à commencer par ceux du deuxième dédié aux méthodes qualitatives.

- *Le tiroir des méthodes d'expert.es qui recueillent les connaissances*

« Tout est écrit dans les sons. Le passé, le présent et le futur de l'homme. Un homme qui ne sait pas entendre ne peut écouter les conseils que la vie nous prodigue à chaque instant. Seul celui qui écoute le bruit du présent peut prendre la décision juste. »
Paulo Coelho

Un tiroir aux multiples méthodes éprouvées, pour mettre en lumière aussi bien les dissensus que les consensus sur l'avenir

Le deuxième tiroir contient des méthodes qui reposent sur le recueil de connaissances apportées par des experts, en vue de l'élaboration de visions et de scénarios à long terme. Il contient notamment le Delphi (ou méthode de Delphes), l'abaque de Régnier®, les panels d'experts, les remue-méninges (*brainstorming*), les cartes mentales (*mind mapping*), les ateliers d'analyse de scénarios, les ateliers de controverse, la méthode des impacts croisés, les explorations ou encore les débats mouvants.

Dès l'origine, les fondateurs de la discipline prospective ont eu besoin d'ajouter aux outils quantitatifs du premier tiroir des méthodes qualitatives qui se concentrent plutôt sur les interprétations d'opinions. La méthode de Delphes a ainsi été créée dans les années 1950, au sein d'une institution américaine de recherche et développement, la Rand Corporation, pour obtenir un consensus d'experts. Elle réduit

peu à peu la dispersion des opinions, en invitant les déviants à argumenter leurs positions et la majorité à les commenter.

L'abaque de Régnier® est également emblématique de ce deuxième tiroir. Outil de vote inventé en 1973 par François Régnier, il fait émerger toutes les opinions individuelles. Il visualise ainsi les consensus, mais également les points de désaccord et les incertitudes. Concrètement, des affirmations sur l'avenir sont soumises au vote des experts qui, grâce à un code couleur, signalent ou pas leur adhésion, depuis le vert foncé « je suis tout à fait d'accord » au rouge foncé « je ne suis pas du tout d'accord ». L'exploitation est subtile puisque le vote blanc indique « je ne sais pas » et est lui-même nuancé par le noir « je ne veux pas répondre ». Le Cercle des entrepreneurs du futur a financé le développement de *Color Insight*[2], un outil de vote numérique gratuit qui fournit les matrices utiles à l'analyse.

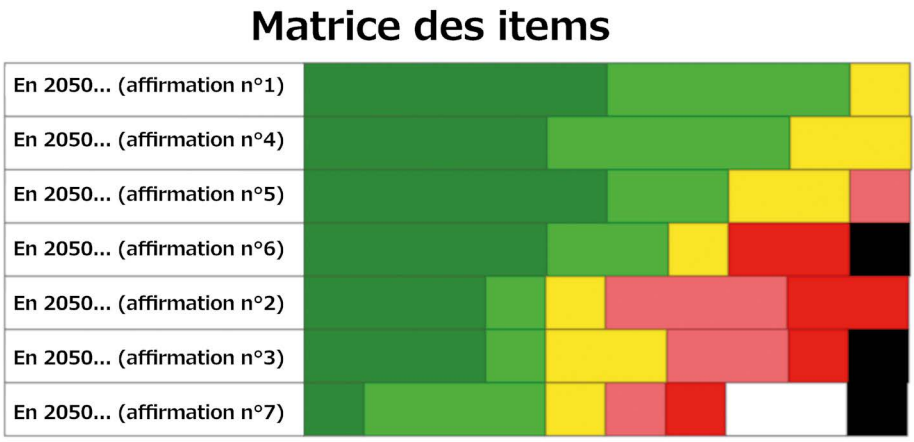


Figure 4 – Matrice abaque de Régnier® – outil Color Insight.

Source : Le Cercle des entrepreneurs du futur[3].

L'enquête Smic, acronyme de Systèmes et matrices d'impacts croisés (en anglais, méthode CIB, pour *cross-impact balance analysis*), probabilise la survenue d'hypothèses. Peu utilisée en prospective territoriale, elle est pourtant simple à mettre en œuvre. Elle nécessite de choisir au préalable quelques hypothèses majeures. En affectant des notes de 1 à 5, les experts sont invités à se prononcer sur la probabilité que ces hypothèses surviennent et se succèdent. L'enquête tient compte de l'interdépendance entre les questions posées et assure la cohérence des réponses. Les experts estiment à la fois la probabilité (dite simple) qu'une hypothèse se réalise et la probabilité (dite conditionnelle) qu'elle le soit, si une autre l'a été. Ils déterminent ainsi la part du champ des probables, que recouvrent les

2. Un outil pour la prospective utilisant l'Abaque de Regnier, https://www.colorinsight.fr/
3. www.laprospective.fr

scénarios issus du croisement de ces suppositions. Imaginons par exemple que, selon des experts, des scénarios d'adaptation au changement climatique embrasseraient 70% du champ des possibles. Par déduction, 30% n'auraient pas été approfondis. La posture de veille apparaîtra alors déterminante pour prolonger les explorations dans la durée.

D'autres méthodes, telles que le remue-méninge, les controverses, les cartes mentales, les débats mouvants ou les explorations, qui existaient parfois avant la prospective, ne lui sont pas spécifiques. Elles figurent néanmoins dans ce tiroir, car elles sont régulièrement utilisées pour faciliter le travail de recueil des expertises, lors de travaux de groupes.

Avantages et précautions d'usage de ces méthodes, qui apportent d'autant plus de connaissances que le panel d'experts est varié

Les méthodes d'expert. e. s répondent à de nombreuses attentes, qu'il s'agisse de créer des convergences ou, à l'inverse, de mettre en lumière des dissensus. Elles apportent avant tout des connaissances nouvelles, construites à partir du croisement d'expertises souvent très ciblées. Sur la forme également, parce qu'elles précisent les intentions des travaux individuels et collectifs, elles facilitent leur organisation, les rendant ainsi plus dynamiques et efficaces.

Le choix d'experts impliqués constitue le principal défi pour mettre en œuvre ces méthodes. Trouver des spécialistes qui sont à la fois disponibles et désireux d'enrichir leurs expertises de celles des autres, puis de construire de nouveaux savoirs communs, nécessite à la fois du temps et de la persuasion. Certaines personnes pressenties sont parfois si spécialisées qu'elles se projettent uniquement dans des visions cloisonnées de l'avenir et ne souhaitent pas s'exprimer dans d'autres domaines que les leurs. Par ailleurs, l'exercice s'enrichit de rencontres parfois improbables entre experts qui ne se connaissent pas, ce qui, au préalable, nécessite de varier les profils pour ne pas inviter systématiquement les mêmes.

- *Les méthodes stratégiques qui identifient des points d'actions*

« Il n'y a point de vent favorable pour celui qui ne sait dans quel port il veut arriver. Le hasard doit nécessairement avoir une grande influence sur notre vie, lorsque nous vivons au hasard. »
Sénèque

Le troisième tiroir, riche en méthodes cadrées, pour analyser les jeux d'acteurs et produire des stratégies pour l'avenir

Le troisième tiroir de la boîte contient des méthodes qui identifient les points d'action-clés, en vue de déterminer des stratégies. Comme les deux premiers, il a été très tôt alimenté par les prospectivistes et contient des outils majeurs de la prospective, afin que cette discipline mette au point des tactiques pour l'avenir : le *What if*, les scénarios, l'analyse *Swot* (Afom), l'arbre de compétences, ceux de

pertinence (ou de décision), les analyses morphologiques, l'analyse des technologies critiques/clés, le *backcasting*, l'analyse du jeu des acteurs, l'approche *Sas*…

Le *What if* (Et si), par exemple, est l'un des tout premiers outils stratégiques développés. Il repose sur une liste d'hypothèses pour l'avenir, commençant toutes par « Et si… » Pour finaliser une feuille de route qui relève les défis futurs (étape appelée *How to*), ces hypothèses sont travaillées avec attention lors de travaux collectifs : lesquelles comptent le plus pour nous ? Sur lesquelles pouvons-nous agir ? Par lesquelles commençons-nous ? En avril 2021, le département de la Gironde, par exemple, a mis à disposition ses « trente-trois Et si », pour animer des ateliers d'entrée en résilience : et si les submersions marines et inondations provoquaient des catastrophes technologiques en cascade ? Et si les incendies et les tempêtes se multipliaient, éradiquant la forêt de pins ? Et s'il n'y avait plus d'oiseaux ? Et si on suffoquait dans nos villes et nos villages en été ? Et s'il était question de précarité énergétique estivale ? Etc.



Figure 5 – Le kit territoire résilient du département de la Gironde.

Source : département de la Gironde.

Les scénarios sont un autre outil marquant de ce tiroir. Reposant sur une méthode rigoureuse, très bien documentée, ils mettent en scène des visions différentes de l'avenir et rendent concrets des futuribles (contraction de futurs possibles). Ils multiplient les hypothèses pour ouvrir les perspectives, durant un vaste travail d'explorations (*forecasting*). Par opposition au *forecasting*, le *backcasting* est une réflexion qui permet de développer une stratégie à partir d'un idéal à atteindre.

Complémentaire, l'approche Sas, pour *Story and simulation approach*, croise les scénarios quantitatifs (modèles de calcul) et qualitatifs (points de vue d'experts sur les perspectives futures). De manière itérative, les données quantitatives sont

converties en éléments qualitatifs et inversement pour aboutir à des scénarios très riches qui combinent les avantages des approches qualitatives et quantitatives.

La méthode Atout, Faiblesses, Opportunités, Menaces (Afom), d'après l'acronyme anglais *Swot* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) inventorie, quant à elle, les éléments qui définiront une stratégie de développement opportune pour l'avenir.

L'arbre de compétences de Marc Giget, ensuite, recherche de nouvelles options stratégiques et les explicite. L'arbre représente l'organisation en charge de la stratégie. Ses racines correspondent aux compétences dont il dispose. Le tronc correspond aux moyens qu'il utilise pour exploiter ces compétences. Les branches sont les résultats obtenus.

Pour l'inventeur de l'analyse morphologique, Fritz Zwincky, la créativité pouvait devenir « une routine », « une procédure banale ». Sa méthode, élaborée dans les années 1940, a été reprise en prospective. Elle est en effet efficace pour construire des scénarios, ce qui explique que beaucoup de consultants la proposent. Selon cette méthode, chaque système est décomposé en sous-systèmes indépendants les uns des autres. Le champ des possibles est appelé espace morphologique. Cette analyse invite à décliner les étapes utiles à la détermination des scénarios les plus cohérents. Ainsi, elle recense les « exclusions » d'hypothèses et, à l'inverse, les « préférences » : tel phénomène s'accompagne plutôt de tel autre ; à l'inverse, telle hypothèse va de pair avec telle autre.

Enfin, la question de la stratégie soulève celle des acteurs qui la mettront en œuvre. La réflexion et l'action sont déterminées par des jeux de pouvoir qui obéissent à des règles et à des processus, que des méthodes d'inspiration scientifique, telle que l'analyse du jeu d'acteurs, peuvent faire progresser. Cette analyse établit un lien fort entre réflexion et action, en posant les questions suivantes : quels sont les rapports de force entre acteurs ? Existe-t-il beaucoup d'objectifs consensuels, conflictuels ? Quels sont les thèmes communs de réflexion pour l'action ? Quelles sont les batailles pour le futur ? L'analyse met ainsi en évidence les leviers d'actions, c'est-à-dire les capacités endogènes, qu'ont les acteurs pour préparer l'avenir. Elle encourage également les politiques d'alliance.

Avantages et précautions d'usage de ces méthodes stratégiques, qui mettent la prospective au service de l'action

Ces outils rendent la réflexion prospective opérationnelle. Ils sont par ailleurs très bien documentés dans des ouvrages en français. En France, le Conservatoire national des arts et métiers (Cnam) et Futuribles, le centre de réflexion et d'études prospectives, ont largement contribué à la diffusion de ces méthodes stratégiques, en proposant à la fois des manuels, des formations et des applications numériques qui en facilitent les usages.

Pour autant, dire n'est pas faire et établir une stratégie ne générera pas automatiquement l'action. L'utilité du quatrième tiroir de prospective est alors manifeste, puisque les outils qu'il contient encouragent les changements de postures et de comportements.

• *Les méthodes encourageant les changements de postures et de comportements*

« Vous ne pouvez pas changer votre futur, mais vous pouvez changer vos habitudes et celles-ci changeront votre futur. »
Marco Polo

Un quatrième tiroir de plus en plus rempli

Les méthodes qui encouragent les changements de posture sont rangées dans le quatrième tiroir de la boîte à outils. Elles se concentrent sur les processus (savoir-faire, savoir-être), aussi indispensables que les connaissances acquises (savoir).

Pour nous sortir de notre attitude habituelle et nous projeter dans l'avenir, elles réinterrogent nos valeurs, nous font vivre différemment l'instant présent ou encore sollicitent notre imaginaire.

Elles n'ont pas été inventées par des prospectivistes mais empruntées aux sciences de l'éducation, à la psychologie ou encore à la sociologie des organisations, afin de servir les dynamiques collectives, lors de réflexions sur l'avenir.

Ce tiroir est celui qui est le plus alimenté aujourd'hui. On y trouve de multiples jeux sérieux, les immersions, les méthodes narratives (les rêveries éveillées), les débats mouvants, le design fiction, les ateliers de questionnements nourris par la science-fiction, les laboratoires…

La méthode des six chapeaux d'Edward de Bono, par exemple, issue de l'ouvrage *Six Thinking Hats* du même auteur et paru en 1985, propose d'utiliser six chapeaux de couleur différente, qui déterminent le caractère, l'humeur ou la contribution de ceux qui les portent. En changeant de chapeau, chacun s'oblige à observer toutes les facettes d'une même réalité, à faire preuve de créativité et d'écoute. Le groupe qui choisit le chapeau blanc adopte un positionnement neutre. Il énonce des faits, communique des projections, utilise des simulateurs (outils du premier tiroir). Puis, dès qu'il revêt le jaune, il exprime des critiques positives, des rêves constructifs et optimistes. À l'inverse, le chapeau noir l'amènera à la prudence et à produire des hypothèses négatives. Cette méthode permet aux pensées les plus créatives de s'exprimer, puisque le chapeau vert invite tous les participants à ouvrir simultanément les champs du possible.

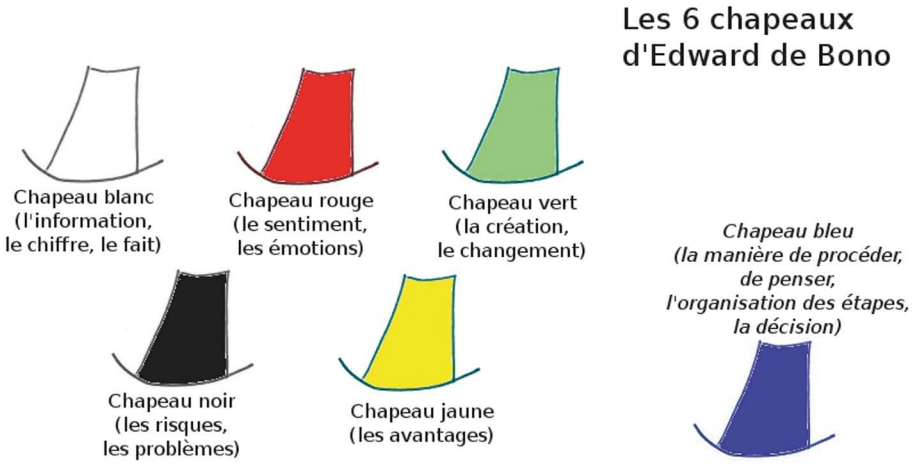


Figure 6 – Les 6 chapeaux pour penser d'Edward de Bono.

Source : Edward de Bono.

De nombreux outils de ce tiroir font appel à la narration pour créer des univers imaginaires et y plonger les participants. En effet, les jeux sérieux, le design fiction, les méthodes immersives comme les rêveries éveillées racontent tous une histoire. La science-fiction est souvent inspirante pour créer ces imaginaires qui seront contés lors d'ateliers prospectifs.

Les méthodes immersives plus particulièrement (telles que les rêveries éveillées ou #2038, décrites dans la contribution ci-après), par le biais d'une histoire, transportent les participants dans un futur parfois rassurant, parfois apocalyptique. Dans un futur vivable, les participants réfléchissent au chemin qui les y a conduits et notamment aux actions à initier dès 2021. Au contraire, lorsque les conditions de la vie future sont devenues extrêmement rudes, ils recherchent les moyens de s'y adapter, faisant appel à leur créativité pour concevoir de nouvelles solidarités.

Dans le même esprit, les jeux sérieux proposent aux joueurs de faire une partie qui les transportera dans vingt, trente ou cinquante ans, soit instantanément, soit progressivement. Dans le premier cas, lorsque les participants sont immédiatement placés dans le futur, les conditions de leur vie terrestre tout comme l'état des ressources à leur disposition, objectivés par des travaux prospectifs nationaux ou mondiaux (les scénarios du Giec, par exemple), sont posés dès le début de la partie. Les joueurs s'auto-organisent alors pour définir les valeurs qui feront société dans le futur et expérimenter les modes de vie afférents. Dans le second cas, les joueurs effectuent un voyage lent dans le temps puisque chaque tour de jeu correspond à une nouvelle décennie dont l'enchaînement les mènera jusqu'en 2070. L'histoire s'écrit peu à peu en fonction des décisions prises par les joueurs, alors que les aléas climatiques s'enchaînent toujours plus nombreux

et plus violents. L'objectif devient alors d'en réduire les impacts, pour que le territoire gagne des points de résilience.

À cheval entre les ambitions des troisième et quatrième tiroirs, les laboratoires de prospective facilitent également les changements de comportements, puisqu'en quête d'innovations ils conçoivent et testent des solutions en mode agile. Ceux de transition, installés en Brière après une prospective à l'horizon 2060, ont été conçus dans cet esprit (voir les explications détaillées dans la contribution suivante).

Avantages de ces méthodes encourageant d'autres postures

Le quatrième tiroir est particulièrement utile pour réinterroger nos idées reçues collectives et individuelles. Les méthodes qu'il contient favorisent ou accélèrent la mobilisation. Elles sollicitent notre imaginaire et nous placent en situation de prendre des décisions pour le futur. Elles réinterrogent davantage nos certitudes, en nous projetant dans l'avenir. Instantanées et intuitives, elles sont également rapides à mettre en place. Un jeu sérieux ou une expérience immersive peut ainsi mobiliser les participants sur une seule demi-journée. Elles sont d'autant plus précieuses que la prospective, qui est certes une science de « l'homme à venir » selon Gaston Berger, est également une indiscipline qui fait l'éloge du pas de côté, autant qu'elle refuse le déterminisme.

• *Conclusion*

La boîte à outils de prospective, par sa richesse, ouvre de nombreuses perspectives aux communautés d'utilisateurs. Cependant, avant d'ouvrir ses tiroirs pour y récupérer les outils qu'elle contient, une mise en garde s'impose pour éviter deux écueils, illustrés par la métaphore du clou et du marteau. La problématique est ici symbolisée par le clou : pour y répondre, chacun fera appel à une méthode particulière, figurée par le marteau. Le première impasse, qualifiée de « rêve du clou », suppose que l'objet ne soit jamais enfoncé, parce que le bon marteau n'a pas été trouvé parmi la multitude. Le deuxième écueil est « le risque du marteau » qui suggère qu'on détourne le clou ou qu'on le troque contre un autre, c'est-à-dire qu'on perde le sens du questionnement, pour justifier l'usage d'un marteau qui nous semble particulièrement attrayant. Ainsi, se concentrer avant tout sur le clou, qui scrute le sens de nos actions pour demain et s'enquiert de notre engagement pour nous adapter aux défis à venir, garantira l'usage rigoureux et opportun de cette captivante boîte à outils.

Pour aller plus loin :

Retrouvez toutes les ressources citées dans cet article dans la section «Bibliographie et pour aller plus loin… »

Une variété de démarches prospectives pour s'adapter au changement climatique : illustrations dans les Pays de la Loire

Gwénaëlle Le Bourhis-Le Duigou,
Direction régionale de l'environnement,
de l'aménagement et du logement des Pays de la Loire

« Rêver, c'est informer l'avenir. »
Gérald Neveu

« Il y a ceux qui rêvent les yeux ouverts et ceux qui vivent les yeux fermés »
Yves Montand

La prospective, selon les mots de Gaston Berger, le philosophe qui l'a portée en France dans les années 1950, est la science de « l'homme à venir ». Considérée comme une discipline qui propose des méthodes et des outils qui lui sont propres, elle est aussi une attitude qui, au quotidien, nous donne l'énergie de changer et d'agir avec les autres. D'ailleurs, parce qu'elle encourage le pas de côté, refuse le déterminisme et la résignation, certains aiment la qualifier d'indiscipline.

Notre avenir commun est chargé d'incertitudes. Individuellement comme au sein de nos cercles familiaux, amicaux, associatifs et professionnels, la posture prospective nous sera précieuse pour relever ensemble les défis climatiques, environnementaux et sociaux. À l'occasion d'un projet local (PCAET, documents de planification, charte de territoire, agenda 21…), faire appel à elle réinterroge nos idées reçues, nous rend humbles face à nos certitudes et nous place en responsabilité d'agir.

Une typologie établie par Jean-Philippe Bootz distingue quatre types de démarches prospectives, selon leur degré de participation et leur utilisation stratégique :

1. L'aide à la décision : elle est peu participative et peu stratégique ;
2. L'orientation stratégique : ses résultats sont directement utilisables ;
3. La mobilisation : peu stratégique, elle est ouverte au plus grand nombre et la participation y est forte ;
4. La conduite du changement : elle est très participative autant que stratégique.

De nombreuses illustrations dans la région des Pays de la Loire témoignent des avantages que chacune de ces quatre démarches présente pour réussir à s'adapter au changement climatique. Ainsi, en 2012, les services de l'État ont mis le pied à l'étrier en lançant une première et vaste étude prospective, très vite suivie de nombreuses autres, à vocation plus ou moins stratégique et participative.

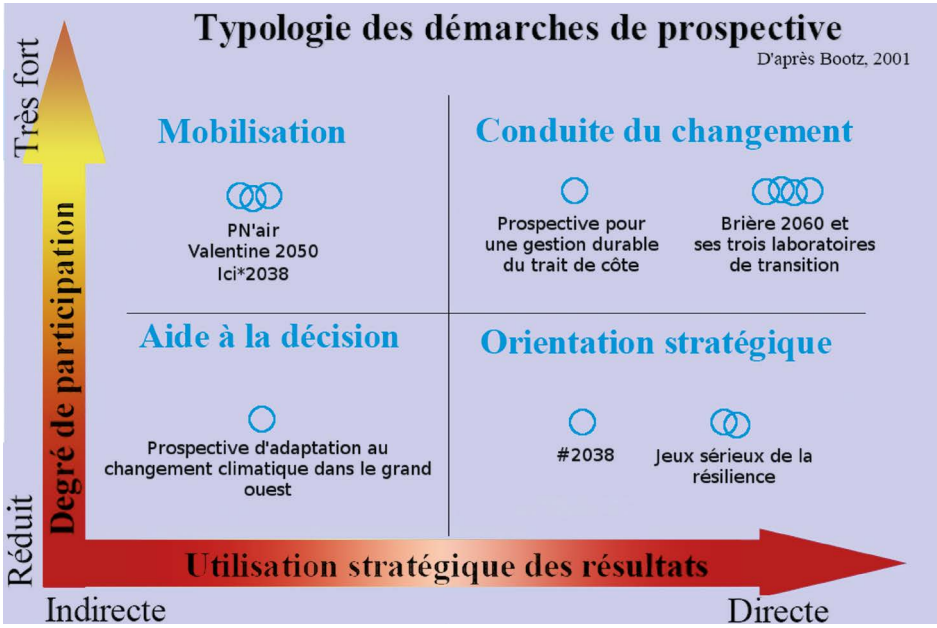


Figure 1 – Une diversité de démarches d'adaptation participatives et/ou stratégiques.

Source : J.-P. Bootz.

- *Aide à la décision : une démarche pionnière de l'État acculture aux enjeux d'adaptation dans le Grand Ouest*

En 2012-2013, une étude prospective devient pionnière dans le Grand Ouest, posant la question de l'adaptation au changement climatique, alors que les réflexions collectives de l'époque portaient davantage sur la réduction de leurs effets. La Datar (actuelle Agence nationale de cohésion des territories, ANCT), par le biais de sa mission d'études et de développement des coopérations interrégionales et européennes (Medcie), confie la conduite de cette réflexion prospective au secrétariat régional des affaires régionales (Sgar) des Pays de la Loire. Ce dernier met en place un comité de pilotage très actif composé des deux autres Sgar Centre et Bretagne, de DREAL, de DRAAF, de DDTM, de Météo-France et de l'agence de l'eau Loire-Bretagne. À son lancement, deux objectifs primaient : (1) acculturer les acteurs aux enjeux d'adaptation aux effets du changement climatique dans le Grand Ouest et (2) formuler collectivement des préconisations utiles pour l'action publique. Le comité de pilotage juge donc qu'en dépit des incertitudes sur l'ampleur des changements du climat à venir, l'attitude responsable consiste à la fois à réduire les émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial et « à adapter les secteurs et les territoires, afin de faire face aux impacts du changement climatique et d'augmenter leur résilience. »[1]

1. Medcie, 2013, Stratégie d'adaptation au changement climatique dans le Grand Ouest, Rapport Phase 1 – Partie 1, p. 9.

Parce que le territoire d'étude était très vaste, couvrant trois régions, la méthode a été rapidement territorialisée pour tenir compte des spécificités géographiques, culturelles et économiques des lieux de vie : le bocage breton, les plaines agricoles de la Beauce, la zone littorale, la vallée de la Loire, l'arrière-pays vendéen ou breton… L'enjeu d'adapter ces territoires au changement climatique, en tenant compte de leurs particularités, a guidé toutes les réflexions.

Le groupe de travail a d'abord établi un diagnostic de vulnérabilité, pour identifier les impacts socio-économiques et environnementaux puis faire apparaître des territoires affectés par le changement climatique de manière comparable. Dans un second temps, il a construit trois scénarios d'évolution complémentaires dans l'intention de définir un cadre stratégique qui permette aux différents territoires de s'adapter. Enfin, il a préconisé des actions pour les territoires et les secteurs les plus vulnérables, selon trois échelles de temps (court, moyen et long terme).

Fondatrice, cette démarche a modifié les perceptions des acteurs publics locaux, rendant les objectifs d'adaptation au changement climatique aussi décisifs et impérieux que ceux de réduction des émissions. Mise à disposition de tous les acteurs du grand ouest, elle a fourni un important socle commun de connaissances, utile pour prendre des décisions. Implicitement, pour réussir à s'adapter au changement climatique, elle a mis en avant des politiques transversales et rendu indispensables l'implication et la coordination d'acteurs, issus d'horizons et d'échelles territoriales multiples.

D'autres réflexions plus stratégiques ou mobilisatrices ont découlé de cette première prospective d'« aide à la décision ».

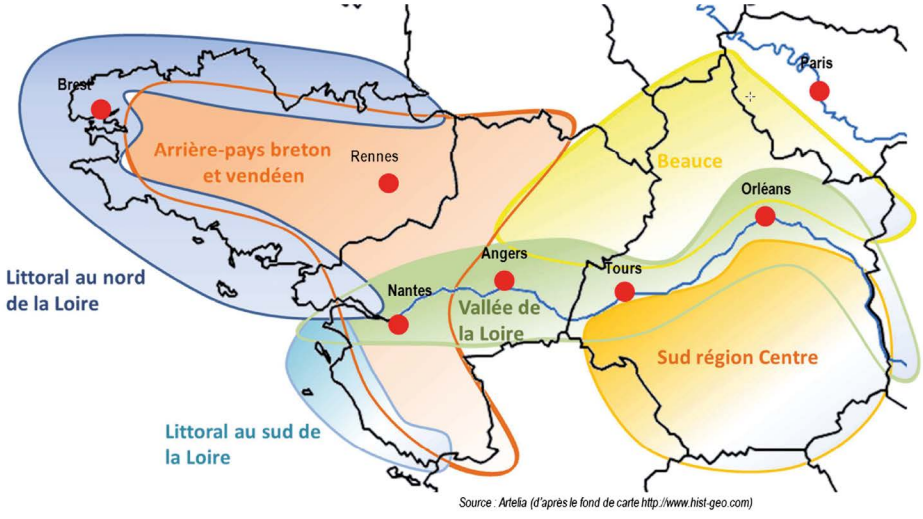


Figure 2 – Les territoires du Grand Ouest délimités dans l'étude sur l'adaptation au changement climatique.

Sources : Medcie, Artelia.

• *Des orientations stratégiques pour s'immerger et décider comment s'adapter : des jeux sérieux et des immersions*

Depuis une dizaine d'années, les méthodes immersives et les jeux dits sérieux, tous issus du quatrième tiroir de la boîte à outils (*cf.* contribution précédente), ont fleuri en prospective. Leur usage permet de conduire des exercices prospectifs plus intuitifs et instantanés. Ces outils présentent de nombreux intérêts. D'abord, ils nous font travailler et apprendre d'un collectif de manière ludique. Ils créent ensuite des affinités entre apprenants, qui facilitent la cohésion de groupe et l'implication de chacun, le tout en un temps record (ces activités durent une ou deux journées au maximum). Enfin, ils nous emportent dans des univers de rêveries singuliers, où la réalité est autre et où, par ailleurs, les règles du jeu diffèrent de celles de notre quotidien. Quoi de mieux pour s'associer, se concentrer, se réinventer et s'adapter à un contexte climatique qui, demain, sera différent de celui de notre enfance ?

Les démarches prospectives réservées à un nombre restreint de participants et focalisées sur la mise en place de stratégies collectives sont qualifiées d'« orientations stratégiques ». Plusieurs initiatives, qui exploitent le potentiel des jeux sérieux, des outils immersifs ou encore des narrations, en témoignent ci-après.

De multiples jeux sérieux de la résilience, adossés à des projets de territoire

Les jeux sérieux s'appliquent à de nombreux domaines, dont l'adaptation au changement climatique. Ils présentent un intérêt pédagogique fort puisque, sous un format ludique, ils délivrent des connaissances aux participants sur les enjeux relevant de phénomènes climatiques futurs, puis les mettent en mouvement pour quêter ensemble des solutions communes et individuelles. Les joueurs, soudés contre le jeu, gagnent à condition de prendre ensemble les bonnes décisions. Plus la partie progresse et plus les cartes d'aléas climatiques se multiplient. Le territoire évolue et s'adapte alors plus ou moins bien, selon les décisions prises aux tours de jeu précédents.

Il existe notamment plusieurs jeux coopératifs de la résilience, lors desquels les joueurs disposent d'un budget commun et affrontent ensemble les mêmes aléas successifs que leur impose le temps qui passe. L'intérêt de ces jeux est décuplé lorsque les acteurs sont regroupés en plusieurs équipes, chacune d'elles bâtissant une stratégie différente sans se concerter avec les autres. À la fin de la partie, la comparaison des différentes stratégies d'adaptation est riche d'enseignements : quelle stratégie a le mieux permis au territoire de s'adapter ? Combien a-t-elle coûté ? Combien de points de résilience ont été acquis par chaque équipe ? Cette comparaison démontre que les stratégies d'adaptation ne se valent pas et qu'à l'échelle locale certaines d'entre elles, issues d'une corrélation judicieuse d'actions à des moments-clés, portent davantage leurs fruits. Elle atteste, en conditions réelles, de la nécessité impérieuse d'agir sans plus attendre.

Par exemple, en 2019, après avoir mené plusieurs actions, dont la promotion de la gestion durable de la forêt et du bocage, le Pays de la vallée de la Sarthe

initie une stratégie d'adaptation, en lançant un plan climat-air-énergie territorial (PCAET). Un premier diagnostic de vulnérabilité et d'adaptation met en évidence de nombreuses pressions à venir aux conséquences multiples : une réduction et une altération de la qualité des eaux, un dépérissement des forêts de feuillus, une exposition plus forte au risque de crues, le plafonnement des rendements agricoles… Un jeu coopératif a mis en exergue les divergences de stratégies. À son issue, les participants ont défini l'orientation stratégique du territoire en matière d'adaptation au changement climatique.

Dans le même esprit, en juin 2019, pour réaliser sa « stratégie girondine d'anticipation et d'adaptation urgente aux changements environnementaux et sociétaux », le département de la Gironde a proposé de nombreux outils, dont un jeu de la résilience. Les règles, le plateau, les pions et les cartes de ce jeu sont librement téléchargeables sur le site internet du département[2]. Particulièrement bien territorialisé, il permet de réfléchir à des actions fines pour s'adapter localement au changement climatique. Ambiance : « Vous et vos compagnons êtes des Agents Spéciaux de la Résilience. Vous travaillez ensemble à la mise en place d'actions résilientes. Votre capacité d'organisation collective et votre rapidité vous permettront de préparer par des actions de résilience un maximum de territoires aux chocs et stress à venir afin d'en limiter les impacts. Si vous et votre équipe n'êtes pas capables de trouver des actions de résilience à la hauteur des enjeux, le département s'effondrera et cela sera la défaite pour tout le monde… Avez-vous des idées pour sauver la Gironde ? » (département de la Gironde, jeu de la résilience).

Le jeu du Rami Fourrager®[3] pour adapter le monde agricole aux variations climatiques de 2060

Les pratiques agricoles sont profondément réinterrogées par le changement climatique, notamment l'approvisionnement en fourrage : au printemps, à quelle date aura lieu la mise à l'herbe des troupeaux, devenue plus précoce en raison de la hausse des températures ? Quand se feront les premières coupes et les semis de cultures ? Les floraisons toujours plus hâtives seront-elles davantage fragilisées par les gelées tardives ? En été, avec quelle intensité la croissance des prairies sera-t-elle ralentie ? Les épisodes caniculaires occasionneront-ils la mort de certaines espèces prairiales ? Quel stress thermique affectera les animaux ? Dans quelle mesure l'intensité des phénomènes extrêmes augmentera-t-elle la variabilité inter-annuelle des stocks fourragers ?

En 2018, dans le département de Maine-et-Loire, des agriculteurs du pays des Mauges se sont réunis le temps d'une partie de *Rami Fourrager®*, pour se projeter dans l'avenir, répondre ensemble à ces multiples questions et définir des stratégies d'adaptation. Complété de projections climatiques à l'horizon 2030-2060, ce jeu sérieux proposé par l'institut de l'élevage (Idele) s'inscrit dans un

2. https://www.gironde.fr/collectivites/territoires/entrer-en-resilience#jeu-serieux

3. Vous trouverez une description détaillée de cet outil dans l'article Climalait de ce rapport, dédié à la filière laitière.

programme plus large, *Climalait*, qui facilite la compréhension des changements à l'œuvre. Les anticiper, c'est gagner du temps et adapter dès aujourd'hui les pratiques culturales tout comme les bâtiments agricoles, en changeant par exemple les dates de semis ou les variétés adoptées, en acquérant du matériel pour des récoltes tardives à l'automne, en systématisant les couverts hivernaux… Le jeu existe dans une autre version, consacrée aux systèmes pastoraux.

Dans le cadre d'une démarche prospective dite d'« orientation stratégique », ce jeu de plateau favorise la prise de conscience des enjeux climatiques par un public-cible, présent en nombre restreint (quelques joueurs à la fois, tous spécialistes du métier) et leur permet de construire collectivement de nouveaux systèmes fourragers ou pastoraux, plus adaptés.

#2038 : une expérience immersive pour nous pousser à innover dans des situations extrêmes

Le Conservatoire national des arts et métiers (Cnam) des Pays de la Loire propose une expérience immersive #2038, qui, au gré de narrations successives, bascule les participants dans un futur très différent du nôtre, après que le monde a subi de nombreux aléas. Initialement, ce projet était destiné aux jeunes Ligériens afin qu'ils imaginent les nombreux métiers qui pourraient leur correspondre demain dans un contexte climatique, technologique et social différent. Très vite, le projet séduisit d'autres publics, tels que les entreprises, les collectivités, les collectifs citoyens…

Coupés du monde extérieur dans un local sans fenêtre, ceux qui tentent cette aventure immersive découvrent une succession d'annonces télévisées qui résument vingt ans d'actualités jusqu'en 2038. Passé le choc, il leur revient d'expérimenter des solutions, de rechercher les talents à développer et les compétences à acquérir pour s'adapter aux prochains bouleversements.



Figure 3 – L'expérience immersive #2038.

Source : Cnam des Pays de la Loire.

La narration prospective, préambule d'un atelier davantage stratégique

Début 2019, après avoir partagé un diagnostic, les intercommunalités du Pays de Retz, un territoire qui s'étend au sud-ouest de Nantes jusqu'à l'océan Atlantique, élaborent la stratégie qui figurera dans leur plan climat-air-énergie territorial (PCAET). Elles recherchent des futurs souhaitables, qui permettront à la diversité des écosystèmes de s'adapter, qu'il s'agisse du lac de Grand-Lieu, des criques sablonneuses de Pornic, des petits ports de la côte de Jade, des campagnes bocagères, de la baie de Bourgneuf et ses marais salants…

Au préalable, une narration prospective, celle de la rêverie éveillée, a projeté les participants en 2050. Le principe est simple : ils ferment les yeux et se laissent porter par la voix d'un animateur qui les fait voyager dans le temps et survoler le Pays de Retz dans une trentaine d'années. Réunis ensuite autour de différentes tables de travail, tous partageront ce qu'ils auront retenu de ce voyage et souhaiteraient garder. Riches de toutes ces propositions, ils rédigeront collectivement plusieurs futurs souhaitables, intégrant de nombreux défis, tels que ceux du logement, des déplacements ou encore de l'énergie.

Cet outil simple de la narration prospective, en préambule d'un atelier de travail, est utile pour sensibiliser un groupe aux évolutions à venir et encourager l'émergence de stratégies d'adaptation plus ambitieuses.

Aujourd'hui, toutes ces méthodes narratives (jeux sérieux, immersion, rêveries éveillées), qui reposent sur le principe d'un futur conté, sont de loin les plus utilisées dans les prospectives d'adaptation au changement climatique. Instantanées, elles nécessitent peu de temps, entre une demi-journée et une journée entière, et, parce qu'elles facilitent la compréhension des enjeux, elles favorisent, par là même, l'émergence de stratégies d'adaptation en rupture avec les modes de faire.

- *Des mobilisations prospectives pour sensibiliser le plus grand nombre à l'adaptation au changement climatique : PN'air, une agence de voyages un peu particulière qui offre un voyage dans le temps, à l'issue duquel chacun reviendra la tête pleine de souvenirs*

Les démarches prospectives dites de mobilisation sont ouvertes au plus grand nombre, c'est pourquoi la participation y est forte. Elles sont particulièrement utiles pour faire prendre conscience de l'accélération du changement climatique.

Les parcs naturels régionaux (PNR) disposent de conseils prospectifs. Depuis une dizaine d'années, ils sont devenus, avec les conseils de développement, de grands vecteurs de prospective. Ancrés dans la vie locale, les PNR sont des acteurs impliqués sur leur territoire, proches des habitants et dont les actions sont visibles au quotidien. Appréciés pour leur proximité et leur engagement, ils protègent et gèrent le patrimoine naturel, culturel et paysager. Or, le sujet des paysages est particulièrement sensible, puisqu'il éveille des émotions et des souvenirs en chacun de nous : que verrai-je demain par mes fenêtres ? À quoi ressembleront les arbres, les collines, les champs, le village qui m'ont vu grandir ?

Mes petits-enfants apercevront-ils les couleurs automnales de ces fruitiers, de ces marais ou de cette vallée, que j'ai tant aimé traverser ? Autant de questions qui interpellent la sensibilité profonde des citoyens et sont de nature à en fédérer le plus grand nombre.

En 2018, le parc naturel régional Loire-Anjou-Touraine révise sa charte pour y intégrer l'adaptation au changement climatique. Il initie une réflexion prospective *Ici*2038* afin de la coconstruire. Il développe alors une multitude d'outils sensibles, pour se projeter dans le temps et, ainsi, imaginer comment s'adapter au mieux aux changements sociaux et environnementaux. Ces animations sont proposées, à l'occasion de fêtes ou de séminaires, aux collectivités et associations, qui organisent des actions sur le climat et l'énergie. Elles projettent les participants dans le temps et les confrontent à des conditions de vie différentes. Le quidam qui ose le voyage dans le temps fera, par exemple, la rencontre de Valentine, une femme aux cinq vies. Tantôt étudiante, tantôt agricultrice, parfois chercheuse, elle accueille les aventuriers dans son salon et partage avec eux son quotidien de 2050. Une agence de voyages un peu particulière, l'agence PN'air, a par ailleurs ouvert ses portes en 2017 et propose plusieurs destinations insolites jusqu'en 2050, pour aborder positivement les mesures d'adaptation au changement climatique. Également créée en 2017, une seconde exposition, « Bons baisers de 2070 », organise une expédition dans le XXIe siècle, plus lointaine encore, afin de collectionner des cartes postales illustrant les paysages que la génération future regardera dans une cinquantaine d'années. Au retour de ces voyages, chacun fera part de ce qu'il souhaiterait conserver de son cadre de vie et, à l'inverse, ce qu'il aimerait voir évoluer.



Figure 4 – L'agence de voyages PN'air propose plusieurs destinations pour 2050.

Source : parc naturel régional Loire-Anjou-Touraine.

Au gré de leurs installations sur tout le territoire du parc, ces outils, tout en sensibilisant les participants, recueillent leurs perceptions afin qu'elles enrichissent la démarche d'adaptation au changement climatique du parc. Cette collecte est déterminante pour réussir à mettre en mouvement la société, lui faire anticiper le changement climatique et imaginer des actions correctrices. Cette pratique de prospective est qualifiée de mobilisation car, si elle n'est pas directement stratégique, elle sensibilise simultanément un nombre important de protagonistes, parmi ceux qui auront eu la curiosité d'entreprendre le voyage bien singulier dans le temps qui leur était proposé (jusqu'à 200 participants, pour une séance d'ateliers Valentine).

• *Des prospectives de conduite du changement, pour expérimenter et amorcer un tournant dans les politiques d'adaptation*

Certaines prospectives, qualifiées de « conduite du changement », cherchent à être aussi stratégiques que participatives. La DREAL Bretagne en a initié une pour aborder la question du recul du trait de côte. Plus récemment, le parc naturel régional de la Brière, face à la complexité des défis à relever, a installé des laboratoires pour accélérer la mise en œuvre de stratégies d'adaptation au changement climatique et expérimenter de nouveaux modes de faire.

Recul du trait de côte : de la compréhension des futurs possibles à la mise en œuvre d'actions proactives en Bretagne

La Bretagne, parce qu'elle possède un tiers du linéaire côtier national, doit s'adapter à une montée du niveau marin liée au réchauffement climatique. Visuellement, par endroits, le trait de côte s'est déjà considérablement réduit, confronté par ailleurs à une pénurie de stocks sédimentaires. Ainsi, les acteurs publics et la population, qui n'a cessé de se rapprocher du rivage au cours des décennies passées, doivent anticiper et relever plusieurs défis.

En 2016, la DREAL et les quatre DDTM de Bretagne ont proposé à des collectivités du littoral volontaires une démarche prospective et participative afin de partager un diagnostic et des pistes d'actions pour s'adapter à la montée des eaux. En coconstruisant une gestion locale du trait de côte, ces cinq directions ont souhaité faciliter le passage à l'action et conduire une démarche prospective de « conduite du changement ». Sur plusieurs territoires, bien différenciés selon leurs paysages et leur géologie, des ateliers de travail ont apprécié les conséquences qu'aurait l'adoption de trois postures contrastées face aux aléas à venir : se protéger, se replier ou laisser faire. La méthode adoptée est celle de « la boucle critique » : chaque groupe traite un scénario, puis une rotation est opérée, de sorte que tous les groupes réfléchissent aux trois scénarios proposés, à partir du questionnement suivant : selon vous, pourquoi et comment chaque partie prenante (l'élu.e, le.la propriétaire de maison individuelle, l'agriculteur. trice, l'assureur.e…) défendrait les différents scénarios ? Quel est votre sentiment de protection des biens et des personnes dans chacun des scénarios ? Moi le territoire, qu'avez-vous fait de moi ? Une mise en commun est alors engagée pour mettre en débat

ce que chacun aimerait conserver pour son futur. Après cette phase prospective, la méthode est manifestement tournée vers l'action, puisqu'elle propose successivement une phase stratégique puis une phase pré-opérationnelle et enfin une phase de mise en œuvre.

Un guide méthodologique, paru en décembre 2017, retrace l'expérience et fournit des fiches pour reproduire cette expérimentation ailleurs, sur d'autres territoires littoraux. À chaque étape de la réflexion, il recommande d'inviter nominativement les habitants concernés et les personnes-ressources, parmi lesquelles les collectifs d'habitants, les associations d'usagers du littoral, les élus, les représentants d'activités socio-économiques et de loisirs ou encore les propriétaires des espaces naturels.



Figure 5 – Un guide pour une approche prospective de la gestion durable du trait de côte (2017).

Source : Dreal Bretagne.

Brière 2060 et ses laboratoires de transition pour accélérer la mobilisation

En 2019, pour ses cinquante ans d'existence, le parc naturel régional de la Brière choisit d'anticiper les bouleversements à venir et lance une vaste démarche prospective participative, *Ambition Brière 2060*, réunissant des habitants, des élus, des responsables d'entreprises, des représentants d'associations… Chacun s'attelle à la tâche pour explorer jusqu'en 2060 un avenir en partie marqué par l'accélération du changement climatique.

Les évolutions à explorer sont nombreuses à cet horizon lointain de quarante années. Le PNR couvre un écosystème naturel et humain exceptionnel, composé

de zones bocagères, de marais, d'une bande littorale, de salines… À quel point cet écosystème sera-t-il fragilisé par les pressions à venir, résidentielles ou climatiques ? Face à la montée du niveau de la mer, comment protéger les marais ? Où l'eau sera-t-elle présente demain ? Comment gérer une ressource en eau plus rare, dont les modes de gestion déterminent le devenir de la biodiversité et le maintien d'un bocage de zones humides ? Comment concevoir un urbanisme plus résilient ? Quelles nouvelles formes de solidarités développer ?

À l'issue de ces réflexions prospectives, les acteurs du PNR ont exprimé une vision d'avenir souhaitable, celle d'une résilience des écosystèmes sur le fondement d'une forte symbiose avec les activités humaines. Puis ils ont défini des orientations stratégiques pour la mettre en œuvre. Cependant, les défis sont si complexes à relever pour la multitude d'acteurs impliqués qu'une mobilisation forte est indispensable, afin de faire émerger et coordonner de nouvelles réponses. Trois laboratoires ont ainsi vu le jour, pour inventer et expérimenter les solutions qui feront le monde de demain :

1. Accélérer la mobilisation pour la transition : comment mettre en place une méthode et une ingénierie locales pour accélérer la mobilisation des acteurs de la transition écologique ?
2. L'urbanisme de demain : comment penser un urbanisme « zéro artificialisation », cohérent avec les différentes fonctionnalités écologiques et humaines du territoire ?
3. Préparer l'adaptation au changement climatique : face à l'accélération du changement climatique, comment susciter des réponses coordonnées entre acteurs/secteurs, intégrant le risque et l'incertitude ?

Ces laboratoires, en autonomie complète, se fixent leurs propres objectifs et modes de fonctionnement. Ils permettent d'associer en mode projet une diversité d'acteurs (institutionnels, socio-économiques, citoyens…). Reposant sur des processus itératifs et continus, ils conçoivent des solutions puis les expérimentent sur le terrain, afin d'en retirer des enseignements. Ils passent ainsi de concepts à leur prototypage. Le laboratoire sur l'adaptation au changement climatique cherche plus précisément à accélérer la prise de conscience du défi à relever, alors que le rythme des phénomènes extrêmes s'accélère et que les changements de comportements s'amorcent à un rythme plus lent. Il envisage de définir un processus qui fera évoluer les pratiques locales, en distinguant la prise de conscience de l'accélération du phénomène et l'appréhension des risques associés de l'évolution des stratégies et comportements. Ce laboratoire vise tout particulièrement à apporter des réponses globales, concrètes et coordonnées, qui tiennent compte de l'incertitude et du risque. À terme, il aimerait faire émerger une nouvelle forme d'ingénierie territorialisée. Pour enrichir les perceptions et identifier les leviers d'une mobilisation collective efficace, il se nourrira du regard croisé d'acteurs très différents, celui des habitants mais également des agriculteurs, des acteurs du tourisme, des paludiers, des pêcheurs, etc.



Figure 6 – Brière 2060 et ses trois laboratoires de transition.

Source : PNR Brière.

Les démarches prospectives de « conduite du changement » sont délibérément tournées vers la mobilisation de tous, dans un souci d'innovation. Encourageant le droit à l'essai et donc à l'erreur, elles fonctionnent en mode agile et itératif, afin de tester concrètement des solutions d'adaptation, de les améliorer comme de les repenser, de retenir les plus satisfaisantes, d'abandonner les moins opérantes, pour mieux en inventer d'autres.

- *Conclusion*

La prospective est certes une discipline qui fournit des outils, une science de « l'homme à venir » selon Gaston Berger, mais elle est également une posture qui, d'une part, éclaire nos préoccupations actuelles à la lumière des enjeux de demain et, d'autre part, légitime les regards décalés et intuitifs saisis dans l'instant. La prospective n'est donc pas consommatrice de temps, notamment lorsqu'elle est adossée à un projet de territoire (une charte de territoire, un PCAET, un document d'urbanisme…). Au contraire, en encourageant les postures proactives, elle nous permet d'en gagner, en inscrivant nos actions dans le temps long, pour des projets plus efficaces et ambitieux.

Les questionnements prospectifs sur l'adaptation au chargement climatique se sont multipliés au cours de la décennie passée. Bien du chemin a été parcouru dans l'Ouest depuis la démarche pionnière d'adaptation initiée par les trois Sgar en 2012. Les acteurs sont aujourd'hui nombreux et diversifiés à se projeter dans l'avenir, pour interroger leur capacité à s'adapter au changement climatique. Ainsi, la région des Pays de la Loire a décidé la création d'un Groupe interdisciplinaire d'experts sur le changement climatique (Giec) en Pays de la Loire. En dépit de la crise sanitaire, les PNR poursuivent également leurs actions, au plus près des habitants, et prototypent des solutions, au cœur de leurs laboratoires de transition. De même, le conseil de développement de la Loire-Atlantique, avec *Imagine La*, « un lieu d'expression de l'intelligence collective des habitant.es sur l'avenir du département », propose aujourd'hui des espaces de travail où les citoyens plancheront sur les opportunités d'adaptation que leur offrirait une sobriété choisie, qu'elle soit foncière, matérielle, numérique, alimentaire et énergétique. À Nantes, en 2021, une nouvelle fresque révèle, sur les murs d'Open Lande[4], une vision

4. Open Lande, la fabrique de projets évolutionnaires. Nantes, ville résiliente 2050. https://openlande.co/nantes-ville-resiliente-2050-une-vision-qui-se-revele-sur-nos-murs/ [en ligne] (page consultée le 21 novembre 2021).

désirable du futur de la ville dans trois décennies, grâce aux nombreuses actions engagées : « Mars 2049. Le début de la saison sèche : partout dans la ville, des filets collecteurs d'eau ont été tendus. Chaque goutte compte. Le climat est stabilisé, la biodiversité restaurée, les ressources sont préservées… »

Du côté des services de l'État, la Dreal Bretagne lancera très bientôt une démarche de prospective territoriale et participative, intitulée « IMPACCT Bretagne 2050 : Imaginons ensemble des Modes de vie Pour s'Adapter au Changement Climatique dans les Territoires », dont les ambitions prometteuses questionnent simultanément l'appropriation des enjeux par les citoyens, les acteurs locaux, les acteurs publics, la société civile et les décideurs, ainsi que l'évolution concrète des modes de vie (habiter, travailler, produire, s'approvisionner, se déplacer et bien vivre) …

Précieuse dans un contexte d'incertitudes, la posture profondément humaniste de la prospective accélère notre entrée en transition, nous transforme pour nous adapter, à un moment-clé de l'histoire où le temps nous est justement compté.



Figure 7 – La fresque de Nantes en 2049. Auteurs : Open Lande/Studio Katra.

Photo : Gw. Le Bourhis.

Pour aller plus loin :

Retrouvez toutes les ressources citées dans cet article dans la section «Bibliographie et pour aller plus loin… »

De l'intérêt des analyses prospectives par jugement d'expert pour l'adaptation au changement climatique

L'exemple de l'élévation du niveau de la mer en zone littorale de basse altitude

Alexandre K. Magnan,
Institut du développement durable
et des relations internationales (IDDRI)

• *Point de départ*

La question du futur des risques climatiques est désormais centrale, de l'échelle internationale aux échelons locaux de la décision et de l'action. Une première raison à cela renvoie à une prise de conscience massive, sur les deux dernières décennies, de la réalité du changement climatique et de ses implications sur nos manières d'occuper l'espace et de consommer les ressources marines et terrestres. Une seconde raison, liée à la première, relève d'une reconnaissance progressive, mais désormais bien ancrée, qu'une partie des impacts du changement climatique étant inéluctable, l'adaptation est devenue un impératif. Or, face au défi de l'adaptation, les questions sont souvent les mêmes : à quoi s'adapter ? Comment ? Où ? Et quand ? Répondre à ces questions, pourtant simples en apparence, renvoie scientifiques, décideurs et praticiens à toute la complexité d'avoir à se projeter dans le futur pour pouvoir prendre aujourd'hui des décisions solides au regard de leur potentiel à réduire le risque à la fois maintenant et dans un avenir plus ou moins lointain.

Pour simplifier les choses, on entend par *risque climatique* l'ensemble des conséquences négatives potentielles du changement climatique sur les composantes naturelles et humaines des territoires[1]. Le risque est généralement qualifié à l'interface des *aléas naturels* générés ou modifiés par le changement climatique (cyclones, régimes de précipitations, couverture neigeuse, pics de sécheresse, etc.), de l'*exposition* du système (ex., densité de bâtiments et d'infrastructures à faible distance de la mer) et de la *vulnérabilité* du système (ex., sensibilité des récifs coralliens à la température océanique, perte de mémoire du risque dans les sociétés littorales modernes, etc.). Chacune de ces dimensions (aléa, exposition, vulnérabilité) comporte son lot de difficultés dès lors que l'on cherche à projeter leurs évolutions probables (et leurs interactions), par exemple parce que les aléas futurs en un endroit donné ne vont pas dépendre que du facteur changement climatique, de même que l'exposition et la vulnérabilité futures vont dépendre de

1. IPCC (2018). Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization.

paramètres sociaux, économiques, culturels et institutionnels difficiles à modéliser à toutes les échelles. Aux côtés des travaux de modélisation prospective, l'approche par jugement d'expert offre une alternative intéressante.

- *Une alternative à la connaissance modélisée*

La manière de se projeter dans le futur climatique la plus communément admise consacre la modélisation des composantes d'un système et de leurs interactions, c'est-à-dire une représentation mathématique des contributions de chaque composante à la dynamique du système dans son ensemble, et des influences réciproques entre ces composantes. Ces modélisations reposent systématiquement sur une quantification des informations pour proposer une ou plusieurs représentations du futur du système. C'est le cas desdites « projections climatiques » qui, en modélisant les relations océan-atmosphère-terre, proposent des scénarios d'évolution de la température de l'air ou des régimes de précipitation, par exemple. C'est également le cas des systèmes multi-agents qui, eux, explorent des scénarios comportementaux ou socio-économiques. Le fait que ces travaux de modélisation dépendent très fortement de données quantifiées est à la fois un atout et une limite. Un atout, parce que l'approche permet d'explorer une gamme très large de futurs possibles, simplement en jouant sur les hypothèses de contributions/interactions entre les composantes du système. Une limite, parce que l'approche par la modélisation impose d'exclure toute composante qui ne pourrait être représentée sous une forme quantifiée, ou toute interaction qui ne pourrait pas être mise en équation mathématique. Cela pose un problème capital dès lors que l'on cherche à associer aux scénarios climatiques des dynamiques socio-économiques et culturelles, une telle combinaison étant pourtant essentielle pour appréhender le risque climatique futur dans ses multiples dimensions et ses multiples manifestations au fil des sociétés. L'une des implications de cela est une grande difficulté à proposer une lecture des impacts possibles du changement climatique à une échelle fine, qui considère une gamme large de paramètres (climatiques, environnementaux et anthropiques), et puisse être appliquée à de nombreux territoires. Ce manque de connaissance des impacts du changement climatique sur un territoire donné renvoie à la première question soulevée ci-dessus (« à quoi s'adapter ? ») et constitue la plupart du temps un facteur bloquant de la décision et de l'action : « tant qu'on ne sait pas à quoi s'adapter, il est impossible d'identifier les bonnes solutions et d'agir en conséquence ». Si une telle réaction peut se comprendre *a priori*, elle n'est en réalité pas tenable, d'abord parce que le changement climatique gagne en intensité, ensuite parce que même des trajectoires à basses émissions de gaz à effet de serre auront des conséquences sur le terrain.

Pour répondre à cette impasse il est capital, en parallèle, de poursuivre les travaux qui sous-tendent les modélisations classiques, tant en sciences naturelles qu'humaines, d'également proposer des alternatives à la connaissance modélisée. L'une d'elles repose sur une évaluation des risques futurs à partir d'un exercice dit « de jugement d'expert ». L'exemple ci-dessous en offre une illustration concrète.

- *Un exemple d'approche par jugement d'expert*

Entre 2017 et 2019, le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) a développé un exercice de jugement d'expert[2] pour appréhender les menaces que fait peser l'élévation du niveau de la mer sur les littoraux de basse altitude[3] de la planète. Le défi était triple, dicté à la fois par les attentes du monde politique et par des questionnements d'ordre scientifique : (i) évaluer les niveaux de risque en fonction de différents scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, (ii) appréhender les marges de manœuvre en termes d'adaptation à ces risques ; et (iii) ne pas cantonner l'analyse à une échelle globale moyennée, mais plutôt permettre une descente d'échelle pour mieux tenir compte de la diversité des situations socio-économiques locales. Le premier défi est en lui-même immense car il n'existe pas de données calibrées à l'échelle mondiale des impacts locaux d'une montée du niveau de la mer en termes de submersion marine, d'érosion côtière et de salinisation des sols et des nappes phréatiques, et encore moins sur les facteurs humains qui expliquent l'exposition et la vulnérabilité d'une diversité de sociétés littorales de par le monde. L'analyse du rôle potentiel que pourrait jouer l'adaptation des littoraux dans l'abaissement des niveaux de risque s'est aussi imposée comme un défi puisque, là encore, aucune donnée calibrée n'existe à ce jour à l'échelle mondiale[4-5].

Il est donc très vite apparu qu'il ne serait pas possible de faire reposer l'analyse sur des données quantifiées et déjà structurées, à moins de réduire la question du risque futur à des approximations en termes de niveaux de dommages économiques ou de nombre de population potentiellement affectée. Les auteurs du chapitre ont écarté cette possibilité car l'utilisation de tels indicateurs allait à l'encontre de la volonté de développer une approche nuancée et tenant compte des spécificités contextuelles des littoraux bas. Ils ont donc eu recours à un exercice de jugement d'expert.

Une douzaine de scientifiques ont été réunis autour d'une grille d'analyse simplifiée et composée de 9 critères caractérisant, de manière schématique, les aléas (niveaux de submersion marine, érosion côtière et salinisation), l'exposition/vulnérabilité (densité de population et du bâti, degré de dégradation des écosystèmes côtiers marins et terrestres) et les réponses en termes d'adaptation (défense lourde des rivages, restauration des écosystèmes, relocalisation

2. Oppenheimer M., Glavovic B., Hinkel J., van de Wal R., Magnan A.K., Abd-Elgawad A., Cai R., Cifuentes-Jara M., De Conto R., Ghosh T., Hay J.E., Isla F., Marzeion B., Meyssignac B., Sebesvari Z., 2019. "Sea Level Rise and Implications for Low Lying Islands, Coasts and Communities". In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner *et al.* (eds.). World Meteorological organization. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/08_SROCC_Ch04_FINAL.pdf).

3. Schématiquement, les zones côtières située à moins de 10 m d'altitude et hydrologiquement reliées à la mer.

4. Voir notamment les conclusions de l'édition 2020 du *Adaptation Gap Report des Nations unies* (https://www.unep.org/resources/adaptation-gap-report-2020) et de la *Global Adaptation Mapping Initiative* (https://globaladaptation.github.io/index.html).

5. Magnan A. K., Pörtner H.-O., Duvat V. K. E., Garschagen M., Guinder V. A., Zommers Z., Hoegh-Guldberg O., Gattuso J.-P., 2021. "Estimating the global risk of anthropogenic climate change". *Nature Climate Change* 10. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01156-w

locale et planifiée, mesures pour limiter la subsidence causées par les activités humaines). Un système de scores a été mis en place pour décrire la contribution de chacun de ces indicateurs, d'ici à la fin du siècle, à l'augmentation ou à la diminution du risque sous l'influence de trois scénarios d'élévation du niveau de la mer[6] par rapport à la période actuelle moyennée sur la période 1986-2005 : + 43 cm (moyenne mondiale pour un scénario à basses émissions de gaz à effet de serre), + 84 cm (moyenne mondiale pour un scénario à hautes émissions) et + 110 cm (fourchette haute du scénario à hautes émissions). Pour chaque indicateur, les experts ont individuellement évalué la contribution au risque dans son ensemble à partir d'une grille de score allant de 0 (contribution nulle ou indétectable) à 6 (contribution très forte) pour caractériser la situation présente, puis de points additionnels entre 0 et 3 (contributions nulle/indétectable à très forte) pour estimer l'évolution du risque sous divers scénarios. Des valeurs positives reflétaient l'augmentation du risque liée aux indicateurs d'aléas et d'exposition/vulnérabilité, et des valeurs négatives ont été associées au rôle des mesures d'adaptation. Diverses sessions de confrontation des scores individuels ont été organisées de sorte à aboutir à des compromis et identifier des scores finaux. Les experts ont associé à chaque score des explications appuyées sur la littérature scientifique et justifiant du choix fait et ce, afin de donner aux lecteurs des éléments qualitatifs pour comprendre les résultats.

Il faut ajouter à cela que, pour répondre au défi d'une analyse plus resserrée qu'à l'échelle globale, les auteurs ont décidé d'appliquer l'approche non pas aux littoraux de basse altitude en général, mais à quatre archétypes géographiques renseignés par des exemples concrets eux-mêmes relativement bien informés par la littérature scientifique. Ces archétypes permettaient ainsi de couvrir un panel large des situations rencontrées dans la réalité, toutes les latitudes et des niveaux de développement variés, tout en offrant une lecture plus localisée des risques liés à l'élévation du niveau de la mer. Ces géographies touchaient aux communautés arctiques (éloignées des zones d'ajustement glacio-isostatique qui font « remonter » le niveau terrestre), aux grandes villes riches en ressources économiques, aux grands deltas agricoles tropicaux et aux îles urbaines des atolls.

Enfin, l'addition des scores a permis d'identifier des niveaux de risque agrégés pour chaque scénario de niveau marin, avec et sans adaptation, et ce, pour chaque géographie (Figure 1).

6. Les moyennes mondiales n'ont été utilisées que comme éléments de cadrage, et les évaluations en tant que telles se sont appuyées sur les niveaux régionaux d'élévation du niveau de la mer.

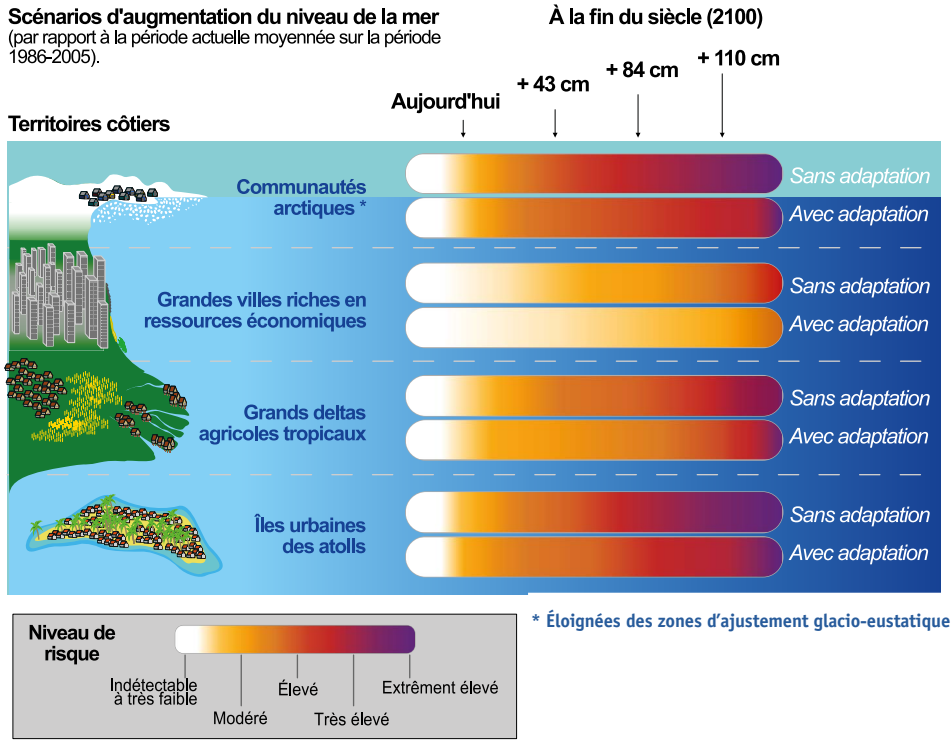


Figure 1 – Risques induits par l'élévation du niveau de la mer sur différents types de littoraux de basse altitude, et à l'horizon de la fin de ce siècle.
Source : inspiré de Oppenheimer *et al.* (2019).

Les résultats, décrits dans le Rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère, montrent que les niveaux de risque varient fortement en fonction des efforts d'adaptation, mais également des géographies. Par exemple, si des efforts soutenus d'adaptation permettront probablement de limiter l'augmentation du risque actuel dans les grandes villes riches en ressources économiques, ils ne permettront pas de limiter le risque en dessous d'un niveau élevé dans les îles urbaines des atolls ou les communautés arctiques. Par ailleurs, si les niveaux de risque peuvent être davantage limités dans les grandes villes et les grands deltas agricoles tropicaux, l'ampleur des masses de population et des économies concernées invite à prendre au sérieux la question de l'élévation du niveau de la mer. Enfin, seule la combinaison d'efforts globaux substantiels d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et d'efforts locaux ambitieux en matière d'adaptation permet de minimiser les risques. Atténuation et adaptation ne vont donc pas l'une sans l'autre, quelle que soit la géographie considérée. Ces résultats ont été très favorablement accueillis par les délégations nationales en charge de l'approbation de ce Rapport spécial du GIEC dans son ensemble, lors d'une session de négociation à Monaco en septembre 2019. La figure sur les risques liés à l'élévation du niveau de la mer (voir version simplifiée en Figure 1) a d'ailleurs été intégrée au Résumé pour décideurs, puis reprise dans divers médias.

- *Conclusion*

Il est de toute évidence délicat de conclure sur le bien-fondé des approches par jugement d'expert car elles sont par nature imparfaites et critiquables. Cela ne les empêche cependant pas, c'est notre hypothèse ici, d'apporter des éléments de réponse lorsque la connaissance scientifique n'a pas encore été pleinement établie. Or, c'est particulièrement le cas dans le champ des conséquences futures du changement climatique, du fait de la nature même du sujet. Il est important de noter ici qu'une dialectique similaire se pose quant à l'utilisation des résultats des modèles climatiques, d'impacts ou même socio-économiques. Ces outils ne sont eux aussi que des représentations imparfaites de la réalité actuelle ou future. Pourtant, l'approche mathématique qui les sous-tend et leur caractère quantifié peuvent laisser penser aux non-experts qu'ils traduisent de manière précise la réalité des choses, d'où d'ailleurs la difficulté de la communauté scientifique à faire comprendre la notion d'incertitudes associées aux projections, climatiques par exemple. Une première grande conclusion ici est donc que, sur le principe, les approches par jugement d'expert peuvent jouer un rôle important à l'interface science/décision.

Une seconde conclusion est la suivante. Sur le fond, les approches par jugement d'expert peuvent créer un certain inconfort, notamment au sein de la communauté académique, car d'un côté elles imposent un certain niveau de simplifications scientifiques, de l'autre elles permettent de communiquer aux décideurs des sujets compliqués comme la notion de risque (actuel comme projeté). Il n'en demeure pas moins qu'à la condition *sine qua non* que la démarche d'organisation du jugement d'expert soit scientifiquement fondée et clairement explicitée, ce type d'approche permet de dépasser la contrainte du manque de connaissances scientifiques précises (tant sur les aspects physiques qu'éco-systémiques et humains) pour apporter des éléments de réponse à des questions que les décideurs se posent de toute façon et de manière de plus en plus pressante. Il ne s'agit donc pas d'une quelconque renonciation à la qualité scientifique des analyses ou à une minimisation du problème des incertitudes et des manques de connaissance, mais plutôt d'une manière de concilier défis scientifiques et nature et temporalités de la demande sociétale.

S'adapter au changement climatique : entre urgence climatique et anticipation, quelques réflexions sur l'utilisation de la prospective dans les territoires[1]

Aude Bodiguel,
Agence de la transition écologique (ADEME)

Le changement climatique se conjugue au présent. Les exemples de catastrophes « naturelles » d'origine climatique se multiplient en France et dans le monde. Quand l'événement exceptionnel d'hier devient la « normale » d'aujourd'hui, l'urgence climatique est déclarée. Or la logique de l'urgence ne permet pas de concevoir l'avenir. En tout cas pas dans le cas où agir en urgence signifie se sentir obligé de réagir le plus rapidement possible à l'événement. Dans un climat qui change, l'adaptation aux impacts climatiques qui nous affectent ne peut se réduire à la gestion des « urgences », ces réponses ponctuelles, essentiellement réactives et souvent à finalité protectrice qui restent de l'ordre de l'ajustement ou de la modification incrémentale. Si la prise de conscience et le passage à l'action se nourrissent de ces situations d'urgence, il faut veiller à ce que le processus d'adaptation qui s'enclenche alors donne corps à une vision des changements structurels à engager pour répondre aux impacts du changement climatique : impacts en cours mais aussi – mais en même temps – impacts à venir dans les prochaines décennies. Ainsi prise, l'urgence n'est plus une réaction précipitée à courte vue, mais plutôt une **capacité à anticiper** grâce à une hauteur de vue.

• *L'anticipation : une révolution avant tout culturelle*

Pour permettre aux territoires et aux acteurs économiques d'engager de véritables transformations de leur aménagement ou de leur organisation, plusieurs freins sont à lever.

Gérer l'incertitude

Avec le changement climatique, la partie « incertaine » de l'avenir croît. La planification d'actions d'adaptation est mise à l'épreuve par la possibilité de « surprises climatiques », la survenue probable mais imprévisible d'évolutions plus soudaines et non graduelles. Mais le fait que nous ne saurons jamais avec exactitude ce qui va advenir ne doit pas nous empêcher d'agir dès aujourd'hui. L'incertitude n'est pas un problème à résoudre si elle peut être identifiée, comprise et gérée. Pourtant, le traitement de l'incertitude reste l'une des difficultés majeures dans la prise de décisions.

1. Il ne s'agit pas ici de poser un regard « militant » sur de « bonnes » façons de faire, mais bien d'une réflexion à vocation opérationnelle, destinée à aider au passage à l'action. S'adapter est ici entendu comme séquencer dans le temps des actions de réduction de la vulnérabilité des territoires aux impacts du changement climatique.

Cerner les vulnérabilités locales

Chaque territoire n'affiche pas la même sensibilité aux impacts du changement climatique. Une politique d'adaptation implique donc une analyse et des indicateurs spécifiques au territoire et un calibrage d'actions « sur mesure » en fonction de son degré de vulnérabilité.

Voir plus loin

Le caractère graduel de certains impacts du changement climatique (qui seront critiques aux horizons 2050, fin de siècle, voire au-delà) dilue le sentiment d'urgence et peut conforter les décideurs à rester ou adopter des trajectoires de développement gérables à court terme mais conduisant à augmenter la vulnérabilité des systèmes à long terme. Ce recul de l'horizon temporel conduit parfois à un optimisme déplacé sur nos capacités à réagir « lorsque le moment viendra ». Cette perspective du temps long peut en outre enlever toute incitation à assumer les coûts de la prévention de pertes, présumées frapper les générations d'un futur lointain.

Le premier défi de l'adaptation aux impacts du changement climatique est donc d'acquérir une nouvelle culture, celle de l'anticipation, c'est-à-dire la capacité à se projeter sur l'étape d'après à partir de données fournies par le présent. Ce concept comporte l'idée d'une préparation et déjà d'une ébauche de l'action future (c'est en quoi l'anticipation se distingue de la simple prévision) : comment orienter nos actions présentes pour tenter de diriger en notre faveur le cours ultérieur des événements ? La prospective peut-elle nous y aider ? La prospective consiste à anticiper pour contribuer au futur plutôt que de le subir, à réfléchir à long terme pour sortir de la dictature de l'urgence. Le recours à cet exercice semble donc tout indiqué.

> *« … étonner la catastrophe par le peu de peur qu'elle nous fait »* – Victor Hugo – *Les Misérables*

- ***Dans quelle mesure la prospective sert-elle à construire le long terme ?***

Sans entrer dans les différentes typologies de la discipline, la vision commune d'un exercice prospectif est l'investigation structurée de futurs possibles, grâce notamment à l'élaboration de scénarios qui constituent un éclairage indispensable pour la prise de décision. La prospective jette ainsi un pont entre le passé, le présent et l'avenir. Faire appel à la prospective est une façon pour la décision, publique ou privée, de lutter contre son penchant « court-termiste », fréquent lorsque les cobénéfices d'une action de long terme restent trop vaguement mesurés (quand ils le sont !), alors que les coûts et risques actuels sont toujours plus explicites.

> *« La prospective est faite pour armer les décideurs à se mouvoir dans l'imprévu avec le maximum de préparation, de vigilance et d'attention »*[2]

2. Citation extraite de « Comptes rendus de la délégation sénatoriale à la prospective – Jeudi 12 novembre 2020 – Audition de MM. Yannick Blanc, président, et François de Jouvenel, délégué général, de Futuribles sur l'utilité et les méthodes de la prospective ».

L'exercice de construction de scénarios est assez structuré. Comme pour le diagnostic de vulnérabilité aux impacts du changement climatique, il débute par une phase de diagnostic du territoire, passé et présent. Cette phase sert de base à l'identification de tendances lourdes, émergentes ou encore de signaux faibles dont l'analyse des interrelations à un horizon temporel long (10 à 30 ans) permet de construire des scénarios – exploratoires, pour répondre à la question « que peut-il advenir demain ? » (futurs possibles) ou normatifs, pour répondre à la question « que pouvons-nous faire ? » (futurs souhaitables).

Dans la pratique, l'analyse des contenus de certaines prospectives territoriales[3] montre que, contrairement aux exercices de planification plus opérationnels, certains grands enjeux de long terme ne sont que peu évoqués si cela permet d'éviter d'aborder des sujets trop polémiques tels que la programmation de grandes infrastructures[4] ; l'accent est alors mis sur des questions plus consensuelles, comme la transformation des modes de vie. Ainsi que le constate Vivian Dépoues[5], ces exercices accordent alors moins d'attention à la précision de la construction des futurs eux-mêmes qu'à leur capacité de sensibilisation des acteurs du territoire autour des impacts à venir du changement climatique.

Faire appel à la prospective souligne ainsi la capacité d'anticipation de ceux qui portent l'exercice, mais aussi les nombreuses incertitudes qui s'y rattachent. Les lendemains évoqués dans ces exercices restent aussi incertains qu'intemporels, en dépit de l'utilisation de bornes virtuelles à usage essentiellement métaphorique : 2040, 2050… Ce détour dans le temps offre cependant l'occasion de discuter du présent, ce qui permet de mettre à distance certaines tensions du quotidien entre les parties prenantes (élus, institutions, acteurs économiques, services techniques…). Cette prise de hauteur de vue permet de dépasser la fragmentation des intérêts particuliers pour faire émerger, grâce aux projections, une lecture commune d'un projet de territoire. En ce sens, la prospective est une ressource formatrice même si, à travers la mise en place d'un dispositif *ad hoc*, elle reste souvent une démarche éphémère ; peu importe alors qu'elle débouche, ou non, sur des mises en œuvre opérationnelles, sa vocation étant ailleurs.

Scénariser n'est pas prévoir. Ces grandes visions de futurs alternatifs aident-elles à hiérarchiser des investissements ou à optimiser l'usage des ressources d'un territoire ? Le recours à de multiples futurs ne porte-t-il pas en lui l'écueil de les voir devenir un véritable labyrinthe pour le décideur ? Restons conscients que, dans notre monde en perpétuelle évolution, les frontières de ces scénarios prospectifs seront dans tous les cas franchies et déplacées. Cette incertitude irréductible associée au caractère dynamique du processus d'adaptation pose un second défi qui va au-delà de l'exercice prospectif : comment s'adapter à un climat et à des

3. Rio, N. (2016) qui analyse seize démarches prospectives menées en France aux échelons régional et métropolitain entre 1965 et 2015.

4. Nicolas Rio cite l'exemple de l'aéroport de Notre-Dame-des-Landes quasiment absent des démarches Pays de la Loire 2040 ou Nantes Ma Ville Demain menées en 2012-2013.

5. *Cf*. contribution de V. Dépoues, du présent rapport.

conditions *sans cesse changeants*[6], plutôt que de chercher à déterminer à quel(s) futur(s) et quel(s) nouveau(x) climat(s) nous devrons nous adapter.

- *Une projection opérationnelle : la planification dynamique*

C'est l'objectif de la planification dynamique (et de la gestion adaptative[7] qui y est associée) qui trouve justement son origine dans les difficultés rencontrées pour définir et mettre en place des plans d'action dans un contexte d'incertitude, par exemple dans la gestion des ressources naturelles, le management des risques ou la gestion des infrastructures. Au contraire d'approches traditionnelles de planification qui consistent à identifier le futur le plus probable et à élaborer un plan performant pour ce scénario, les démarches adaptatives reconnaissent le caractère irréductible des incertitudes : des choix sont à faire aujourd'hui, entre des options radicalement différentes, bien avant de savoir si le monde sera réellement à + 1,5 °C, + 4 °C ou pire. L'objectif est donc que le plan d'action reste performant quelles que soient les évolutions du contexte, en conservant des marges de manœuvre pour pouvoir agir différemment en cas d'évolutions ou de crises. De manière pratique, un plan d'adaptation doit couvrir des décisions d'investissement à court terme, des options à long terme et des signaux/seuils d'adaptation à surveiller pour identifier quand mettre en œuvre les actions ou quand revoir les décisions prises et envisager des voies alternatives.

La littérature décrit plusieurs approches en lien avec la gestion adaptative et la prise de décision dans un contexte d'incertitude :

- Certaines privilégient la robustesse : elles consistent à définir des actions ou des ensembles d'actions qui soient pertinents pour une multiplicité de futurs possibles (ou insensibles aux conditions changeantes), proches des actions « sans regret ».
- D'autres la flexibilité[8] : elles visent à tracer des **trajectoires** qui permettent d'opérer des bifurcations, des changements de trajectoires selon les évolutions de contexte (climatiques ou socio-économiques). Cela implique une capacité à tirer parti de ses erreurs et à changer ses plans sur la base de l'expérience, d'apprentissages continus et d'évaluation. Cela implique éventuellement le caractère « corrigible » ou « ajustable » des décisions, en raison de coûts faibles ou de l'absence de conséquences majeures associées. La flexibilité permet ainsi une adaptation au fil du temps, en réponse à la façon dont l'avenir se déroule réellement.

6. Résumé du rapport de Perthuis (de), C., Hallegatte, S., Lecocq, F., « Économie de l'adaptation au changement climatique », CEDD, février 2010.

7. La gestion adaptative ne consiste pas à modifier les objectifs en cours de mise en œuvre mais à modifier le chemin emprunté pour les atteindre, en réponse à des changements de contexte ou à la disponibilité de nouvelles informations.

8. *Adaptation Pathways* ou *Dynamic Adaptation Pathways*. Ces approches ont été appliquées pour développer des voies de résilience au climat pour l'estuaire de la Tamise, le delta du Rhin et de la Meuse aux Pays-Bas, la gestion des zones côtières en Australie, la gestion des bassins fluviaux en Nouvelle-Zélande, la gestion des risques d'inondation à New York et les investissements dans l'approvisionnement en eau aux Philippines.

Les approches flexibles recensées offrent la possibilité de « s'affranchir » des scénarios climatiques. Au sein de la démarche TACCT[9] que l'ADEME déploie pour les territoires, la méthode de planification retenue est basée sur les conditions (*condition-based*) et non sur les scénarios (*scenario-based*). Ainsi le point de départ de l'élaboration du plan n'est plus l'analyse et le choix des projections climatiques[10] retenues, mais la compréhension fine d'une problématique, des vulnérabilités intrinsèques au système considéré et la définition d'objectifs d'adaptation : sous quelles conditions les différentes options envisagées sont-elles performantes ? Qu'est-ce qui ferait qu'elles échouent ? Cette question se rapporte à l'évaluation de chaque action ou groupe d'actions, et à la notion de seuil. Cette planification est dynamique. Face à l'incertitude, la flexibilité est introduite dans la stratégie elle-même plus que dans chaque mesure prise individuellement. Il s'agit d'anticiper les bifurcations potentiellement nécessaires. La méthode de sélection des actions permet la planification de mesures ambitieuses quand nécessaire, même si leur mise en œuvre à court terme n'est pas souhaitable ou faisable : il s'agit de **favoriser l'articulation d'actions** techniquement disponibles et dans la mesure du possible peu coûteuses, sur lesquelles le territoire va s'engager à court terme, avec des actions de plus grande ampleur qui sont :

- soit déjà clairement nécessaires mais dont la mise en œuvre nécessite du temps ou des étapes préalables ;
- soit à mettre en œuvre uniquement si la situation l'exige (si les mesures d'une moindre ampleur ne permettent pas d'éviter le franchissement d'un seuil critique).

TACCT en région

Avec l'appui des directions régionales de l'ADEME, 10 collectivités d'Auvergne-Rhône-Alpes et d'Occitanie vont entamer leur démarche d'adaptation avec TACCT. Fin 2023, elles auront identifié les impacts du changement climatique sur leur territoire et les « points de basculement », et formalisé leurs trajectoires et les indicateurs nécessaires à leur suivi.

Une trajectoire de gestion adaptative du trait de côte doit par exemple permettre d'articuler un ensemble d'actions de différentes natures, nécessaires à la protection des biens et des personnes (*cf.* encart) :

- l'entretien des défenses « lourdes » du rivage permet de passer un hiver serein à l'abri des tempêtes (court terme) ;
- la révision des règles d'urbanisme tend à anticiper les problèmes de foncier qui serait dévalorisé ou irrécupérable (moyen terme) ;
- si nécessaire, la recomposition spatiale doit être envisagée (long terme).

9. « Trajectoires d'adaptation au changement climatique des territoires, construire des trajectoires d'adaptation au changement climatique », *Guide méthodologique TACCT* : https://tacct.ademe.fr/

10. Analyse néanmoins intégrée dans le diagnostic de vulnérabilité.

Exemple fictif simplifié de gestion adaptative du trait de côte

La logique des trajectoires est celle du plan de métro : avoir plusieurs lignes desservant votre station d'arrivée donne de la flexibilité à votre trajet et, le cas échéant, permet de contourner par anticipation un ralentissement sur une ligne (grâce aux applications en temps réel). Dans cet exemple, différentes actions peuvent être séquencées dans le temps en fonction de l'aggravation de l'impact, l'élévation du niveau de la mer. Les seuils déclenchant le basculement d'une option à une autre sont représentés par les petits cercles. Dans bien des cas, ce « basculement » sera précédé d'actions de préparation (discussions pour la révision d'un PLU, acquisition de connaissances pour mettre en œuvre des solution d'adaptation fondées sur la nature, etc.). On remarque que seul le séquençage de plusieurs actions dans le temps permet d'anticiper le niveau maximal de gravité de l'impact (niveau de la mer = 1 m).

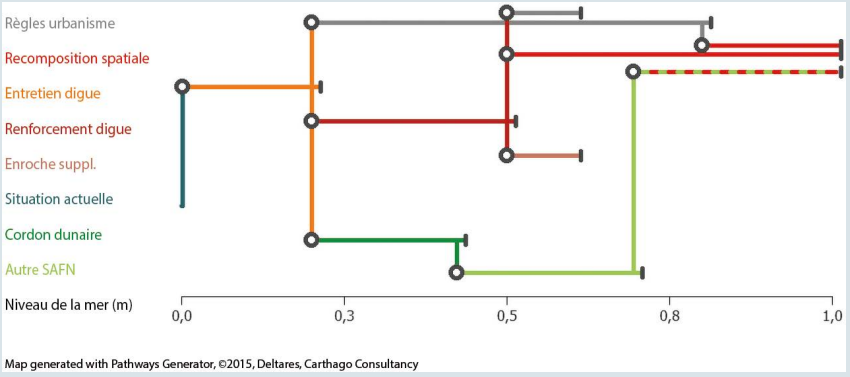


Figure 1 : Exemple fictif simplifié de gestion adaptative du trait de côte.
Source : Aude Bodiguel.

Le suivi et l'évaluation sont ainsi placés au cœur du processus de définition de la stratégie et de la mise en œuvre des actions :

- pour ajuster le plan lorsque les conditions nécessaires à son succès ne sont plus réunies ;
- pour bifurquer, c'est-à-dire passer d'une action d'adaptation à une autre lorsque l'action n'est plus suffisamment dimensionnée.

Au cœur de la planification dynamique, on trouve dans tous les cas les notions de bifurcations, de seuils à ne pas dépasser ou de seuils d'alerte. Plusieurs termes et notions coexistent pour désigner ces « moments » où le plan doit être ajusté, ou l'action remplacée, mais peu d'éléments opérationnels existent encore sur la manière d'identifier les seuils en question. C'est un travail qui reste à mener avec les territoires, les filières et les secteurs.

- *Que retenir ?*

Adapter son territoire au changement climatique reste fondamentalement une démarche prospective dans le sens où il s'agit dans tous les cas :

- d'aider à la compréhension de la transformation du territoire en abordant les problèmes de façon transversale ;
- de faire émerger une culture de l'anticipation et du débat collectif sur les enjeux futurs et les choix qui en résultent de nos jours ;
- d'entamer une discussion engageant les acteurs vers des stratégies ambitieuses et proactives.

Il ne s'agit pas tant de rechercher l'objectivité que de confronter les différents points de vue[11] sur une vision de l'avenir et sur les choix qui devraient en découler. Les démarches prospectives sont un moyen d'apprentissage puissant des transitions nécessaires à l'adaptation au changement climatique : elles consistent moins à construire des certitudes qu'à mettre en lumière la complexité de la situation actuelle. Les exercices de construction de scénarios qui constituent un cadre propice au dialogue entre les parties prenantes forgent également le terreau des futures coordinations à mettre en œuvre sur le territoire.

Reprenons, pour conclure, notre questionnement sur l'urgence. La nécessité d'agir dans l'instant permet tout juste des interventions sur les conséquences les plus visibles du changement climatique. Répondre « en urgence » à l'urgence climatique, c'est rétrécir l'espace pour ne plus se poser que des questions de temps. Cette politique de la vitesse est une traduction de la surcharge du présent sur l'axe passé-présent-futur qui ordonne la temporalité d'une société. La démarche de l'ADEME est de redonner sa place à l'espace, celui du territoire, et de revaloriser la place du projet territorial (« se projeter dans l'avenir »). Ainsi l'urgence est encadrée dans un dispositif d'anticipation, les trajectoires, comprenant des indicateurs, des instruments de veille, des seuils d'alerte… Les trajectoires d'adaptation au changement climatique : une façon de gérer les tensions sur les priorités à donner entre les problèmes à résoudre immédiatement et les problèmes à venir, virtuellement plus graves.

11. Chaque point de vue porte une part de préjugés vis-à-vis de la technique, de la place de la nature, du contrat social, etc.

A. II) Quel apport des services climatiques pour la prospective d'adaptation ?

Les services climatiques

Robert Vautard,
IPSL, CNRS

Jean-Michel Soubeyroux,
Météo-France

Nathalie de Noblet-Ducoudré,
IPSL, CEA

Maryvonne Kerdoncuff,
Météo-France

David Salas-y-Melia,
Météo-France

Benjamin Sultan,
IRD

• *De la science vers l'action : la mobilisation autour des « services climatiques »*

Les services climatiques, c'est quoi ?

Avec la manifestation de plus en plus évidente du changement climatique, le besoin de mieux comprendre les manifestations locales et régionales du changement climatique, de quantifier ses impacts et de définir et évaluer les mesures nécessaires d'adaptation et d'atténuation s'est fortement accru durant la dernière décennie. Pourtant, la différence entre ce que livrent actuellement les sciences du climat et les besoins pour l'adaptation et l'atténuation reste assez grande. Les services climatiques ont pour vocation de combler cet écart. L'Organisation météorologique mondiale (OMM/WMO) définit simplement un service climatique comme la fourniture d'information climatique basée sur la science pour l'aide à la décision. Mais il existe plusieurs définitions comme le rappelle le rapport du GIEC (AR6 WGI, chapitre 12).

Le climat est ancré dans la vie quotidienne de chacune et chacun d'entre nous, de l'ensemble de la nature, de chaque secteur de l'économie. On intègre depuis notre enfance que chaque jour est différent des suivants et des précédents, qu'il y a des journées de temps doux et agréable, des journées de météorologie extrême, avec des tempêtes, des grands froids, chaleurs ou pluies intenses. On sait pourtant qu'il y a quelques règles. Il y a des saisons, où les températures ne peuvent pas dépasser certaines valeurs, il y a un cycle diurne, avec une météorologie différente le jour et la nuit. Le climat, considérant l'ensemble des états météorologiques sur une longue période, est constitué aussi de séquences avec des régularités

tout comme des phénomènes difficiles à prévoir, et une grande diversité de phénomènes se répartissant dans l'espace et le temps. Si cette connaissance est acquise, le détail des processus physiques qui régissent l'équilibre entre tous ces phénomènes, et surtout la façon dont les activités humaines modifient ces équilibres, est extrêmement complexe. Tous ces éléments constituent un corpus de connaissances, la science du climat, qu'il n'est pas aisé de connaître ou de comprendre simplement sans être spécialiste, et même en étant spécialiste. Le climat intègre à la fois l'atmosphère, mais aussi tout ce qui relève de l'hydrologie, des océans, des glaces ou de la végétation. Ainsi, les données climatiques, observées ou modélisées, constituent un volume très important (par exemple le dernier jeu de projections climatiques coordonnées, CMIP6, occupe 20 pétaoctets), et l'interprétation de l'information qu'elles contiennent nécessite souvent de connaître les techniques de mesure ou de simulation.

De même, la façon dont la température, la pluie ou le gel affectent une activité socio-économique est tout aussi complexe, et nécessite une compréhension de l'activité et de toutes ses contraintes externes au climat, ses ordres de grandeurs, ses enjeux. Ces impacts demandent souvent des variables, des résolutions spatiales ou temporelles non disponibles dans les données. On peut mentionner par exemple le rayonnement direct et diffus, ou les vitesses de vent à 100 m d'altitude, importants pour les calculs de rendement d'énergies renouvelables, souvent non disponibles dans les sorties de modèles climatiques. La simulation au plus près des impacts climatiques sur des activités économiques nécessite souvent l'utilisation de modèles d'impact en hydrologie, nivologie ou agronomie.

Ainsi, l'adaptation au changement climatique nécessite des investissements qui ne peuvent pas se passer d'un éclairage interdisciplinaire et d'une rencontre interprofessionnelle créatrice de solutions, souvent innovantes, une coconstruction des données et des connaissances. C'est l'enjeu des services climatiques. La définition donnée plus haut est très générale et recouvre un très grand ensemble d'activités, en réalité. Les services climatiques vont de la transmission de connaissances via des rencontres, la formation et la médiation du climat, la réalisation de projets applicatifs communs entre climatologues et spécialistes sectoriels (domaine privé ou public), la mise à disposition de données via des portails, pouvant être accompagnée d'une offre de calcul, ou d'un accompagnement en expertise, des groupes d'évaluation régionale (les GREC en France, pour Groupe régional d'experts du climat), les services d'attribution des événements extrêmes (Stott *et al.*, 2016).

Le rapport AR6 du GIEC mentionne bien qu'aucun service climatique ne peut répondre à tous les besoins (*no « one size fits all »*). Le paysage des services climatiques est ainsi en forte évolution, avec une forte croissance et diversité, dans le secteur privé comme dans le secteur public. Quelques exemples notoires sont la distribution de données de référence par le Copernicus Climate Change Service (C3S)[1], et les exemples démonstratifs qui y sont donnés. D'autres exemples de cas d'études arrivent par les programmes de recherche, comme plusieurs volets

1. https://climate.copernicus.eu

du programme H2020, le programme ERA4CS. D'autres exemples sont basés sur le concept de *learning labs* où des structures interactives entre académiques, décideurs de collectivités et d'entreprises, sont regroupées pour identifier et résoudre des questions d'intérêt général (ex. programme FRACTAL, Taylor *et al.*, 2017).

Le développement coordonné des services climatiques implique la mise en place d'un écosystème d'innovation, incluant la recherche, car chaque question d'adaptation est unique et nécessite des développements innovants, des services de données de projections climatiques ou d'observations opérationnels (en France on peut mentionner les services DRIAS pilotés par Météo-France, pour les projections adaptées au niveau national, ou encore la plate-forme ESPRI de l'IPSL, qui est le pilier de la distribution des projections climatiques, pour l'Europe ou d'autres régions, pour le service C3S). À partir de ces plateformes, des bureaux d'étude peuvent alors développer des produits spécifiques pour leurs clients. Mais il existe nombre d'autres services sectoriels ou plus focalisés sur des produits spécifiques, parfois développés au sein même de grandes entreprises pouvant avoir une expertise climatologique (grands énergéticiens par exemple).

Au-delà des besoins pour l'adaptation et l'atténuation, les échelles de temps concernées par les services climatiques incluent souvent aussi les prévisions saisonnières qui s'y apparentent par la nécessité de délivrer une information de nature probabiliste pour la prise de décision stratégique.

Si les services climatiques ont émis la promesse d'améliorer les décisions concernant les processus sensibles au climat, en rendant l'information climatique « utilisable », certains auteurs ont noté, à travers des enquêtes, qu'en réalité les services climatiques actuellement ont réussi principalement à améliorer la fourniture de données (Findlater *et al.*, 2021). En général, peu d'évaluation du succès d'amélioration des décisions est réalisé, de sorte qu'il est difficile de juger la valeur ajoutée réelle, actuellement, des services climatiques. Les services climatiques ont donc un potentiel d'amélioration considérable, et cherchent encore leur voie, en attente d'un cadre plus formel pour la définition et l'évaluation des mesures d'adaptation.

Les programmes et infrastructures de soutien

Les services climatiques ont été largement soutenus par la R&D sous financement public, via de grands programmes européens, intergouvernementaux ou nationaux. En voici quelques exemples marquants :

Le service européen C3S : le service Copernicus Climate Change Service (C3S), dont une première phase a été déployée sur la période 2015-2020, vise à soutenir les politiques d'adaptation et d'atténuation de l'Union européenne en fournissant des informations cohérentes en apportant des données de référence sur le domaine européen, mais aussi globalement. Le C3S offre notamment un accès gratuit et ouvert aux données d'observation, de réanalyse et de projections climatiques basées sur les meilleures données scientifiques disponibles. Un effort particulier de démonstration mais aussi d'écoute des utilisateurs a été mis en place pour les aider à atteindre leurs objectifs face aux impacts du changement climatique.

Le C3S fournit des données climatiques et des informations sur les impacts sur un éventail de sujets et de domaines sectoriels via son « entrepôt de données climatiques », le Climate Data Store (CDS). Le CDS est conçu pour permettre aux utilisateurs d'adapter les services à des besoins publics ou commerciaux plus spécifiques.

Le programme européen ERA4CS : l'initiative de « Programmation Conjointe Climat », intergouvernementale et européenne, regroupe 19 pays européens et a pour mission de développer des actions conjointes de financement de la recherche pour la lutte contre le changement climatique. Elle a lancé en 2016 un programme important, « ERA4CS » (Eranet en soutien aux Services Climatiques), en vue de booster la recherche et le développement des services climatiques. Les membres français d'ER4CS sont l'ANR, le BRGM, le CEA, le CNRS, l'IGN, l'INRAe et Météo-France. ERA4CS a financé 26 projets de recherche en soutien à des services climatiques finalisés, qui ont livré leurs résultats en juin 2021. Malgré une grande diversité dans ces projets, on y trouve des points communs : ils regroupent des scientifiques experts d'un domaine et des représentants des utilisateurs potentiels ; ils ont débuté par une longue phase de recensement des besoins et discussion/coconstruction du service ; ils ont produit des publications scientifiques sur des avancées de connaissances utiles pour développer le service, des fiches de spécifications de données/produits/software/niveau de service, des softwares et des jeux de données qui seront utilisés par le service, et du matériel pédagogique pour les utilisateurs. Presque tous les projets ont également développé un prototype de service visant quelques utilisateurs pilotes, souvent sous la forme d'un site Internet interactif ou d'une application pour téléphone mobile. La question se pose maintenant d'accompagner ces projets vers un statut « opérationnel ».

Au-delà de ces actions spécifiques, le programme cadre H2020 a permis aussi nombre de projets avec pour finalités les services climatiques. Enfin, au niveau national, il faut mentionner les différentes initiatives prises notamment par le ministère de l'environnement dans ce sens, avec par exemple le programme de « Gestion des impacts du changement climatique », le soutien au programme DRIAS de mise à disposition des projections climatiques de niveau national, ou l'« Extremoscope » dont l'objectif était l'analyse du lien entre les événements extrêmes et le changement climatique. Plus récemment, entre 2017 et 2021, le ministère a soutenu une action essentielle permettant à la fois le développement de démonstrateurs de services climatiques et la consolidation des services existants (DRIAS, Extremoscope en particulier). L'un des démonstrateurs est cité en exemple ci-dessous.

- *La méthodologie de construction des services climatiques*

Le dialogue et la coconstruction des services climatiques

La terminologie « services climatiques » inclut le terme « services » qui implique que ce qui est produit doit être utile et venir en appui d'une décision. Cela implique un dialogue entre les parties prenantes (*e. g.* coopérative agricole, distributeur d'électricité) en aval et la recherche en amont. Ce temps de dialogue est nécessaire

et important car il permet une acculturation entre les différentes parties, la définition d'un langage commun.

La première étape du développement d'un service climatique pour l'adaptation d'un secteur est la caractérisation des vulnérabilités de la « ressource » (ou de l'activité ou du secteur) et plus spécifiquement sa vulnérabilité au climat. Cette caractérisation doit nous permettre d'identifier le plus précisément possible les saisons ou périodes de temps sur lesquelles se concentrer, de définir les variables météorologiques d'intérêt, et, si nécessaire, de coconstruire un ou plusieurs indicateurs à partir de ces variables. Il s'agit nécessairement, pour cette étape, d'un travail collaboratif de coconstruction. Dans nombre de cas, pourtant, les parties prenantes disposent d'un modèle liant les variables climatologiques aux activités et ne nécessitant pas d'indicateurs, mais l'apport de variables météorologiques correctement calibrées. Dans ce cas la coconstruction porte sur la calibration des variables climatologiques. La possibilité d'utilisation de données issues de modèles d'impact permet un pas en avant vers la représentation plus réaliste des ressources à enjeu d'un secteur.

La deuxième étape est celle qui va permettre à toutes les parties de construire la confiance dans les projections qui seront faites de l'évolution des risques pour la ressource ou le secteur. Cette confiance repose sur notre capacité à reproduire l'évolution passée des risques. Pendant cette étape, les indicateurs coconstruits sont ajustés, calibrés, les seuils pour ces indicateurs sont définis. C'est également pendant cette étape que l'on évalue la qualité des simulations climatiques passées pour la région d'intérêt. Là encore il y a besoin de l'investissement des bénéficiaires du service, d'allers-retours avec eux et d'acculturation.

La troisième étape est l'analyse des risques futurs. Elle inclut le calcul des indicateurs sur la période future avec les simulations avec plusieurs modèles, plusieurs scénarios, et de mettre en parallèle les trajectoires de vulnérabilité et d'adaptation afin de pouvoir analyser les risques. Cela peut impliquer l'application de modèles d'impacts, si possible eux aussi diversifiés, car ils incluent des incertitudes. Là aussi la coconstruction est indispensable car elle suppose une projection de la vulnérabilité, ou de prévoir l'évolution des technologies.

Finalement, l'ensemble du processus doit permettre de documenter et d'évaluer de possibles mesures d'adaptation permettant de réduire la vulnérabilité d'un secteur donné. Le diagramme de la Figure 1 résume les quelques principes de base pour la construction d'un service climatique. Elle met en avant les différentes questions nécessitant des interactions.

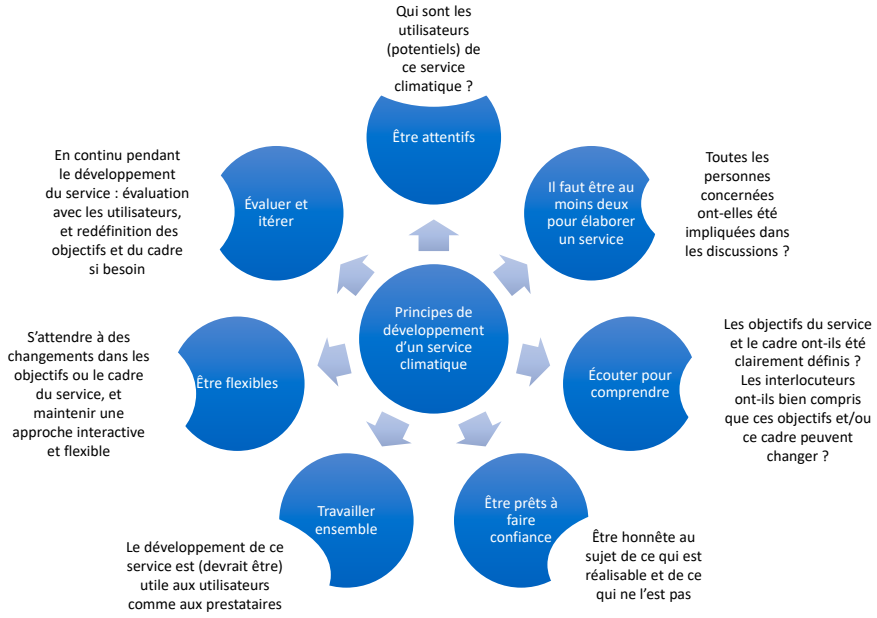


Figure 1 – Ensemble de principes importants à considérer et suivre pour le développement d'un service climatique.

Source : Buontempo *et al.* (2018).

Le défi de transmettre une information complexe : communiquer une information avec incertitude

Se projeter dans le futur pour anticiper les effets du changement climatique c'est être face à plusieurs incertitudes, de nature différente, pouvant conduire à des hésitations sur les choix en matière d'adaptation. Ne pas tenir compte de ces incertitudes peut aussi conduire à des erreurs sur ces mêmes choix. Existe-t-il un choix sans regret ? Pouvons-nous éviter la maladaptation ?

La première source d'incertitudes repose sur nos choix de société, et donc dépend des trajectoires socio-économiques que nous allons suivre. Une société inégalitaire et très consommatrice de ressources nous conduira à un réchauffement important de la planète, tandis qu'une société plus égalitaire, plus sobre en ressources et fonctionnant avec des énergies renouvelables nous permettra peut-être de limiter le réchauffement en dessous de 2 voire 1,5 °C. Cette incertitude est assez facile à comprendre et à communiquer puisque, naturellement, nos interlocuteurs savent que le réchauffement auquel ils devront faire face sera plus ou moins important. Par ailleurs, si les acteurs s'intéressent aux deux/trois prochaines décennies, la trajectoire du climat ne dépend que très peu de ces scénarios.

La deuxième source d'incertitudes, plus problématique, est liée à l'imperfection de nos modèles de climat. Leur capacité à reproduire l'évolution passée du climat en tout lieu et en tout temps est imparfaite, et donc la projection de l'évolution future du climat contient des erreurs. Ces erreurs peuvent porter sur l'amplitude des changements (plus ou moins chaud, plus ou moins sec) mais aussi parfois, pour certaines régions, sur le signe de ces changements (assèchement ou humidification selon le modèle). La question de l'amplitude du changement peut être traitée en incluant plusieurs modèles climatiques et en étudiant la gamme d'impacts et d'adaptations possibles entre les modèles simulant le changement le plus faible et ceux simulant le changement le plus fort. Même si cette approche multimodèle reste encore très peu usitée car assez lourde, il y a une solution. En revanche, si les différents modèles divergent sur le signe du changement, les choix deviennent compliqués. Quelle est la capacité de ces différents modèles à reproduire le climat passé (ou la ressource) dans la région d'intérêt ? Peut-on éliminer certains modèles (les moins bons) et ainsi éviter ce conflit ? Que nous apprend cette divergence entre les modèles ? Il est important d'expliciter cette source d'incertitude pour maintenir la confiance que les demandeurs de services climatiques auront dans l'utilisation de nos scénarios climatiques.

La troisième source d'incertitudes, particulièrement importante lorsqu'on s'intéresse aux prochaines décennies, est la potentielle prédominance de la variabilité climatique naturelle sur l'émergence du signal climatique. Dans plusieurs régions du monde, certains phénomènes naturels influent très fortement, pendant quelques mois (*e. g.* El Niño) ou quelques années (*e. g.* la variabilité multidécennale de l'Atlantique), le climat et les ressources de ces régions. Ces phénomènes peuvent amplifier, contrecarrer ou masquer les effets du changement climatique et conduire par exemple à une attribution erronée de certains changements passés aux actions de l'homme. Il est important d'examiner, dans les scénarios étudiés, si la ressource qui nous intéresse est impactée par un mode de variabilité prédominant.

Quelles que soient les sources d'incertitudes, elles doivent être expliquées même s'il n'est pas toujours possible/facile de les illustrer. Leur acceptation et compréhension dépendent cependant[2] aussi du niveau de connaissances scientifiques de nos interlocuteurs, de leur potentiel négationnisme vis-à-vis des problématiques environnementales et du rôle de l'homme sur le changement climatique…

2. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abb265/pdf

Exemple de dialogue pour l'évolution des conditions d'enneigement dans les stations de montagne

Le domaine de l'impact du changement climatique sur les conditions météorologiques en montagne offre quelques perspectives au sujet de la façon de traduire l'information climatique vers les utilisateurs. C'est particulièrement le cas concernant l'évolution future du manteau neigeux, et ses conséquences pour le tourisme hivernal ou les ressources en eau. Le manteau neigeux de montagne, particulièrement à basse et moyenne altitude, est avant tout caractérisé par une très forte variabilité d'une année à l'autre – « les hivers se suivent et ne se ressemblent pas ». Dans ce contexte, pour être comprise, l'évolution climatique gagne à être traduite en termes de changement de la fréquence des hivers avec un enneigement délicat. En effet, l'évolution climatique ne se traduit pas par une diminution régulière, année après année, de l'enneigement, mais bien par un accroissement progressif de la fréquence d'hivers peu enneigés, et une baisse de la fréquence des hivers bien enneigés à l'échelle de plusieurs décennies. Cette présentation permet d'englober la possibilité de constater des hivers bien enneigés à présent et à l'avenir, dont l'occurrence ne remet pas en cause la tendance de fond sur l'évolution climatique. La mise en œuvre pratique de cette présentation, qui remplace une présentation fondée sur des moyennes multiannuelles et multimodèles (qui masquent l'effet des fluctuations interannuelles), a été développée progressivement lors du prototypage de services climatiques pour le secteur du tourisme hivernal depuis 2018 environ (CNRM, Météo-France, CNRS, et INRAe LESSEM).

Les méthodes de base pour la fourniture de projections climatiques sectorielles, fondées sur une descente d'échelle et un ajustement de projections climatiques régionales (approche multiscénarios, multimodèles et multi-indicateurs), sont décrites dans plusieurs publications (Spandre et al, 2018). Ces articles présentent une méthodologie employant un ensemble multimodèle et multiscénario pour fournir des quantiles de conditions annuelles d'enneigement et tracer l'évolution au cours du XXIe siècle. Dans le cadre d'une étude prototype effectuée pour le conseil départemental de l'Isère/Isère Tourisme en 2018, les résultats ont été synthétisés sous forme de fréquence de retour, en climat futur, de conditions d'enneigement délicates rencontrées 1 année sur 10 pendant la période de référence [a]. Cette approche a été affinée, en dialogue avec les acteurs socio-économiques de ce secteur, et s'est focalisée depuis, notamment dans le cadre du service ClimSnow [b], sur la fréquence de retour des conditions d'enneigement délicates rencontrées 1 année sur 5 pendant la période de référence (Q20). Cette approche permet de traduire de façon très concrète l'impact du changement climatique sur les conditions d'enneigement, en focalisant sur la fréquence d'occurrence future de conditions de fonctionnement difficiles dès à présent. Cette approche a été mise en œuvre pour le

développement du service C3S European Tourism/Mountain Tourism, et utilisée de façon croissante, y compris pour mesurer l'impact du changement climatique passé sur les conditions d'exploitation des domaines skiables.

a. Voir https://isere-attractivite.com/neige-de-culture
b. https://www.climsnow.com

- *Les données, les modèles et les chaînes de traitement*

L'ensemble des données et des chaînes de traitement sont maintenant décrites au travers de l'exemple de la construction du système DRIAS, mais sont très générales.

Les modèles de climat

Les modèles climatiques sont bâtis sur les lois de la thermodynamique, la conservation de l'énergie, de la matière et de la quantité de mouvement. Les modèles d'atmosphère et d'océan s'appuient sur les lois de la mécanique des fluides. Les modèles sont complétés par des paramétrisations, qui permettent de représenter certains phénomènes ou leurs effets sur le climat. Il peut s'agir de phénomènes de petite échelle spatiale (par exemple les nuages, la convection atmosphérique) ou trop complexes pour être implémentés dans les modèles (ce qui induirait des coûts numériques importants) comme le rayonnement solaire et infrarouge et leur interaction avec des nuages supposés de distribution et composition très simplifiées. Les modèles climatiques couplés globaux résultent de l'assemblage de composantes océaniques, d'atmosphère et de surfaces continentales, et permettent de calculer des évolutions du climat induites par différents facteurs naturels (variations du rayonnement solaire, éruptions volcaniques) et anthropiques (changements d'utilisation des sols, gaz à effet de serre, aérosols). Ils sont de deux types :

- les modèles de système climatique (AOGCM), qui prennent en compte les teneurs atmosphériques, prescrites selon les scénarios, du CO_2 et des autres gaz à effet de serre ;
- les modèles de système Terre, qui représentent le cycle du carbone global et peuvent gérer directement des émissions de CO_2. Ces modèles calculent la fraction de CO_2 absorbée par les continents et les océans et en déduisent la teneur atmosphérique du CO_2 atmosphérique.

Les modèles climatiques régionaux (*Regional Climate Models*, RCM) à aire limitée permettent d'effectuer des simulations climatiques à plus haute résolution. Ils utilisent notamment des conditions aux limites latérales issues de simulations globales. Comme les modèles de climat globaux, ils peuvent se limiter à une seule composante (atmosphère, océan…) ou être couplés.

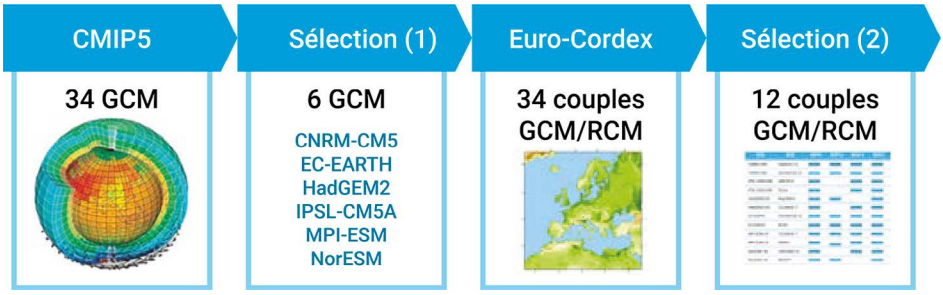


Figure 2 – Synthèse des étapes de la sélection des simulations pour le jeu DRIAS 2020.

Source : rapport DRIAS 2020.

Les simulations CMIP5

Le projet international CMIP (*Coupled Model Intercomparison Project*) a été mis en place en 1995 par le WGCM[3]. Par une approche multimodèle, ses objectifs de fond sont de mieux comprendre les changements du climat passé, présent et futur liés à la variabilité intrinsèque du climat ou en réponse à des changements de facteurs anthropiques ou naturels (gaz à effet de serre, aérosols, changements d'usage des sols, rayonnement solaire, éruptions volcaniques). Les simulations globales produites dans le cadre des phases successives de CMIP constituent l'une des bases majeures des rapports d'évaluation successifs du GIEC.

En amont du cinquième rapport d'évaluation du GIEC (2013-2014), 23 groupes de modélisation climatique dont, pour la France, l'IPSL et le CNRM-CERFACS, ont participé à CMIP5 (2009-2013) en mettant en œuvre 34 modèles, d'une résolution horizontale de 100 à 200 km.

L'ensemble de simulations réalisées inclut notamment des simulations historiques (1850-2005) et futures (2006-2100). Pour ces dernières, les scénarios RCP[4] du GIEC ont été utilisés, allant de scénarios à fortes réductions des émissions anthropiques de gaz à effet de serre (RCP2.6, compatible avec un réchauffement planétaire de l'ordre de 2 °C par rapport au préindustriel) au scénario RCP8.5 à fortes émissions, en passant par les scénarios intermédiaires RCP4.5 et RCP6.0.

3. *Working Group on Coupled Modelling* (Groupe de travail de modélisation couplée) du Programme mondial de recherches sur le climat.

4. Profils représentatifs d'évolution de concentration (en anglais *Representative Concentration Pathways*).

Les simulations EURO-CORDEX, base du jeu de données DRIAS-2020

Les simulations régionales coordonnées EURO-CORDEX[5] sur le domaine Europe raffinent les simulations d'AOGCM CMIP5 à une résolution horizontale de 12 km, en vue d'alimenter des études du climat régional, d'impacts et d'adaptation au changement climatique. Les simulations historiques régionales débutent en 1950 et se terminent en 2005. Les simulations futures couvrent la période 2006-2100 et prennent en compte les scénarios RCP2.6, 4.5 et 8.5 du GIEC. Les données DRIAS-2020 mises à disposition sur le portail DRIAS sont issues d'une sélection de membres de l'ensemble EURO-CORDEX, représentant au mieux le climat sur la fin de la période historique (1976-2005) et permettant de couvrir le mieux possible la gamme des changements futurs de température et précipitations issue de l'ensemble complet sur la France. Ces simulations sont corrigées par des méthodes statistiques s'appuyant sur des observations de référence sur le domaine d'étude : c'est le cas de la méthode ADAMONT pour le jeu DRIAS 2020. Il s'agit de rendre cohérente la distribution simulée des variables corrigées avec la réanalyse SAFRAN sur la période de référence 1976-2005[6].

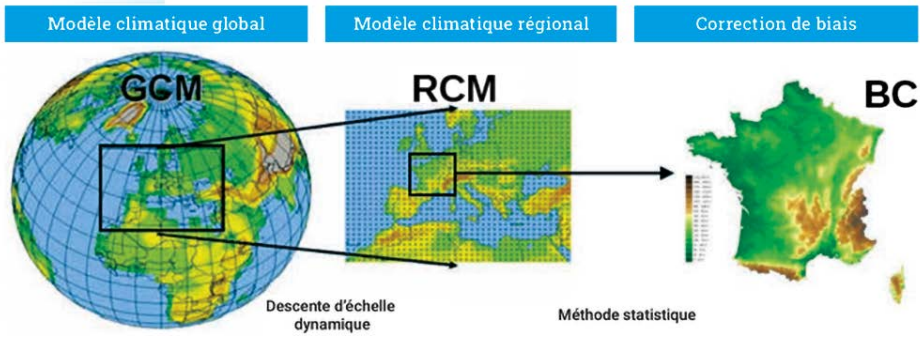


Figure 3 – Les étapes de descente d'échelle (dynamique et statistique) depuis la modélisation globale (GCM) à régionale (RCM) jusqu'à la correction de biais.

Source : rapport DRIAS 2020.

Jusqu'à présent, seuls quelques groupes de modélisation ont été en mesure de régionaliser des simulations climatiques du nouvel exercice CMIP6, encore en cours. Les démarches de régionalisation des simulations CMIP6 dans le cadre coordonné EURO-CORDEX ne démarreront qu'en 2022.

5. EURO-CORDEX est la branche européenne de l'initiative internationale CORDEX, qui est un programme parrainé par le PMRC visant à organiser un cadre coordonné au niveau international pour produire des projections régionales du changement climatique à plus haute résolution que les simulations CMIP pour toutes les régions terrestres du monde.

6. Ces activités de sélection experte de modèles et de correction de données, ainsi que la mise à disposition des données sur un portail à l'ergonomie améliorée, ont été menées par la Direction de la climatologie et des services climatiques de Météo-France, dans le cadre de la Convention Services climatiques du ministère de la Transition écologique, avec l'appui scientifique du CNRM, du Cerfacs et de l'IPSL.

- *Les services climatiques en France*

Les services «génériques»

Le portail DRIAS

Le portail DRIAS «Les futurs du climat» propose depuis 2012 un accès libre et gratuit aux données des projections climatiques régionalisées et corrigées sur la France et constitue un service climatique de référence pour l'accès aux données du climat futur nécessaires aux démarches d'adaptation au changement climatique sur le territoire français. Cette action résulte d'une approche multipartenaire (Météo-France, IPSL, Cerfacs), soutenue par le ministère de la Transition écologique (MTE) ; la conception et la mise en œuvre du portail sont assurées par les équipes de Météo-France.



Figure 4 – Extrait de la page d'accueil de DRIAS «Les futurs du climat».

Source : DRIAS «Les futurs du climat».

Ce site est organisé autour de trois espaces distincts qui permettent aux usagers de s'approprier progressivement les données disponibles sur le portail. Le premier espace dit «Accompagnement» est un espace didactique dans lequel on trouve toutes les informations utiles pour faire un bon usage des projections climatiques : des articles sur le changement climatique et la modélisation du climat, des informations détaillées sur les données disponibles et les processus de réalisation associés, des recommandations d'utilisation, des diagnostics climatiques élaborés à partir de ces données.

Le second espace dit «Découverte» permet une découverte interactive des projections climatiques via la visualisation cartographique, en choisissant différents critères de sélection, les modèles, les scénarios d'émission, les variables/indicateurs, les horizons temporels.

Le troisième espace dit «Données et produits» est un espace plus classique de téléchargement de données. Cependant là aussi de nombreuses fonctionnalités sont proposées aux usagers : outre les choix sur les modèles, scénarios, variables/indicateurs, il est également possible de préciser le domaine géographique d'intérêt et différents formats de restitution de l'information.

Une nouvelle version du portail DRIAS a été mise à disposition à l'automne 2020 dans le cadre de la convention Services climatiques soutenue par le MTE. Parmi les évolutions les plus importantes de cette version, il faut mentionner la mise à disposition d'un nouveau jeu de référence DRIAS 2020 pour la composante atmosphérique du portail, un enrichissement des variables/indicateurs, un effort accru sur l'accompagnement des usagers, une nouvelle ergonomie et un nouveau design afin que le portail soit plus facile à utiliser.

La sélection et la mise à disposition d'un nouveau jeu de référence sur le climat futur sont une étape cruciale pour un service climatique. Le nouveau jeu DRIAS 2020 est constitué d'un ensemble de 12 modèles issus d'un ensemble plus vaste réalisé par les pays européens, l'ensemble Eurocordex[7]. Cette sélection a fait l'objet d'un soin tout particulier, il s'agissait de disposer d'un ensemble de la meilleure qualité possible pour mener les études d'adaptation à l'échelle de la France. Le jeu ne devait pas être trop important pour être manipulé facilement, mais suffisamment grand pour évaluer les incertitudes. Il devait être également représentatif des climats futurs possibles sur notre territoire et il a donc été nécessaire d'examiner de près le comportement des différents modèles.

L'accompagnement des utilisateurs est une préoccupation constante des équipes en charge du portail, il en résulte un effort important de documentation et de mise à jour de l'ensemble des informations mises à disposition dans l'espace accompagnement, mais également la mise au point d'outils pour aider les usagers à sélectionner l'information pertinente pour leur problématique.

Un volet « diagnostic climatique » a été développé ces dernières années pour illustrer les effets actuels et à venir du changement climatique et faciliter la mobilisation des acteurs. Ainsi, un rapport scientifique décrivant la démarche d'élaboration du nouveau jeu DRIAS 2020 et donnant un diagnostic du climat futur en métropole a été publié sur le portail DRIAS. D'autres éléments de diagnostics sur le climat comme le lien avec les événements extrêmes, les approches sur les types de climat annuels ont été aussi ajoutés.

Comme tout service climatique, le portail DRIAS vise à répondre aux besoins de ces utilisateurs (organismes scientifiques et techniques, bureaux d'études, collectivités, industriels) regroupés au sein d'un comité des utilisateurs nommé aussi groupe miroir sur la période récente. Le portail DRIAS dialogue aussi avec ces utilisateurs à travers une hotline répondant à la fois aux questions techniques et scientifiques (via l'aide directe des équipes ayant produit les données).

De nouvelles évolutions sont dès à présent programmées, concernant notamment les contenus du portail : de nouvelles projections climatiques sur les territoires d'outre-mer, la prise en compte des simulations CMIP6… Par ailleurs, dans le cadre du projet Life-Eau, sera mise au point une nouvelle version du portail « DRIAS-Eau » dédiée à la ressource en eau. Elle intégrera des projections hydrologiques sur la métropole, produites par le projet Explore2 qui prend la suite du projet Explore 2070.

7. https://euro-cordex.net

L'application Climat HD

Mise au point en 2015 à l'occasion de la COP21, l'application Climat HD (Climat d'Hier et de Demain ou Climat Haute Définition), simple et intuitive, est un service climatique qui s'adresse au plus grand nombre. En complément de DRIAS, elle propose une vision intégrée de l'évolution du climat passé et futur, aux échelles nationales et régionales avec les messages clés sur les effets actuels ou à venir du changement climatique.

La préparation de modes de représentation adaptés pour le climat passé et le climat futur combinés avec la rigueur des démarches scientifiques est un enjeu majeur de ce portail.



Figure 5 – Extrait de l'application Climat HD.

Source : Météo-France.

Pour le climat passé, Climat HD s'appuie sur des séries d'observation « homogénéisées », c'est-à-dire issues d'un traitement statistique consistant à détecter et corriger les ruptures provoquées par l'évolution de la mesure (déplacement de la station, changement de capteur…). L'objectif est de disposer de séries de référence adaptées pour quantifier le changement climatique. Les séries en support à l'analyse du climat passé sont mises à jour chaque année, en ajoutant l'année écoulée.

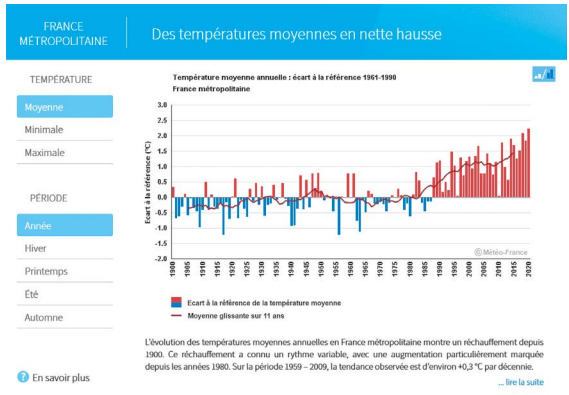


Figure 6 – Hausse des températures, extrait de l'application Climat HD.

Source : Météo-France.

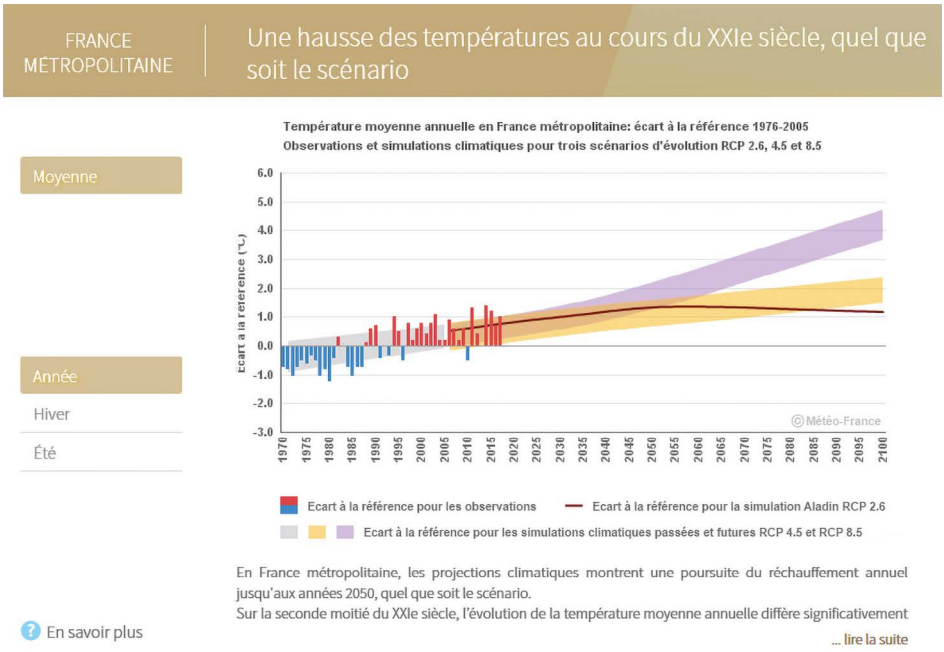


Figure 7 – Hausse des températures, extrait de l'application Climat [HD].

Source : Météo-France.

Pour le climat futur, Climat[HD] s'appuie sur les jeux de projections climatiques disponibles sur DRIAS, et tout particulièrement le jeu DRIAS-2020. L'approche multi-modèle permet d'appréhender l'ensemble des évolutions possibles pour le climat futur et de représenter cette dispersion par des produits statistiques simples, les centiles. Sur les graphiques temporels de Climat[HD], cet ensemble des possibles est représenté par des « panaches » colorés, c'est-à-dire des zones correspondant aux situations les plus probables.

L'application Climat [HD] est mise à jour régulièrement : les séries observées sont complétées chaque année, ajout de nouveaux indicateurs notamment sur les impacts (intégration prévue d'indicateurs agroclimatiques dans une rubrique « Agriculture ») et mise à jour des indicateurs relatifs au climat futur au fur et à mesure des nouveaux exercices de modélisation.

Le service ESPRI

En parallèle de ces services essentiels pour l'adaptation en France, l'IPSL développe, depuis une vingtaine d'années, un service (ESPRI[8]) intégrant un ensemble de bases de données combiné à une offre de calcul. Cet outil porte sur les données issues des services d'observations et des campagnes, notamment pour

8. https://mesocentre.ipsl.fr

l'atmosphère, via le pôle de données atmosphériques AERIS et l'Infrastructure de recherche ACTRIS, et la distribution des projections climatiques au niveau international. ESPRI est notamment responsable de la distribution des projections climatiques pour le C3S, pour les 4 années à venir. Ce service, en amont des services précédents, donne accès directement aux données issues de la recherche. Initialement conçu pour les utilisateurs « recherche », le service données-calcul est maintenant ouvert au monde extérieur de la recherche, mais nécessite une connaissance préliminaire des données climatiques.

Le service de formation CICCLADE

La compréhension des différentes notions du changement climatique et la capacité de manipulation des données du climat ne sont pas des choses aisées ni connues de la majorité des acteurs de la communauté des impacts et la mise en place d'actions de formation au plus près des acteurs des territoires avait été définie comme une priorité dès le premier plan national d'adaptation en 2011. C'est ainsi qu'est née notamment la formation CICCLADE délivrée par Météo-France avec de nombreux échanges entre les stagiaires et les chercheurs mais aussi des ateliers pratiques pour la compréhension et l'utilisation du portail DRIAS dans un cadre professionnel. De la même façon, le service européen C3S a mis en place dès 2019 le User Learning Service organisé dans chaque pays de l'UE et dans la langue nationale pour pouvoir former les différents utilisateurs des services climatiques. Cette exigence est un point commun pour le développement de tous les services climatiques.

Les services sectoriels

Au cours de la dernière décennie, de nombreux secteurs professionnels en France se sont intéressés aux impacts du changement climatique et ont développé des services climatiques de maturité et formes différentes pour répondre aux problématiques d'adaptation de leurs filières.

Ils ont comme point commun d'adresser les questions de l'adaptation ou de l'atténuation (plus rarement) au changement climatique d'un secteur professionnel particulier et en y associant étroitement les utilisateurs.

Certains services très aboutis croisent aujourd'hui la donnée climatique avec le territoire et les pratiques de gestion d'un secteur pour apporter une aide à la décision dans leur stratégie d'adaptation. Deux services peuvent ainsi être mis en avant pour deux secteurs particuliers :

- le service ClimSnow[9] associant Météo-France, INRAe et le bureau d'étude Dianeige pour l'adaptation des stations de ski transformant la donnée climatique de neige naturelle en neige gérée par la station (effets du damage et production de neige de culture) et en la projetant sur le domaine skiable de l'exploitant aux différents horizons temporels visés pour produire des indicateurs sur

9. https://www.climsnow.com

la fiabilité de l'enneigement au regard des apports nécessaires en eau (neige de culture) et énergie ;

- le réseau mixte technique AFORCE[10] rassemble l'ensemble des démarches d'atténuation et d'adaptation du secteur forestier en France en associant tous les acteurs de gestion de la forêt, des filières de transformation et les usagers du bois, de manière à coconstruire les chemins d'adaptation dans chaque territoire. Les services déployés (Biljou, Climessences, BioClimSol, Sylvae…)[11] accompagnent des prises de décision pour adapter les forêts au climat de 2100 voire au-delà pour les essences à cycles longs.

Plus fréquemment, les services au stade de démonstrateur développent des outils et de la connaissance sur les impacts du changement climatique sur un secteur sans prendre en compte l'intégralité des problématiques d'adaptation d'un secteur.

Il en est ainsi par exemple de plusieurs services climatiques sectoriels développés dans le cadre de la convention services climatiques soutenue par le MTE sur la période 2018-2021 dont la présentation est disponible sur le portail DRIAS. Il s'agit :

- de la gestion de la ressource en eau souterraine aux échéances du changement climatique mais aussi saisonnières ;
- des rendements agricoles en Afrique de l'Ouest (voir encadré) ;
- de la délimitation des aires marines protégées en Méditerranée et Antarctique ;
- du risque de submersion sur le littoral ;
- de l'adaptation des villes au changement climatique en contexte d'îlot de chaleur urbain.

En l'absence de labellisation de ces services, il est également difficile d'en faire un inventaire exhaustif au niveau national même si des tentatives ont pu être réalisées pour répondre aux besoins d'un secteur particulier, comme le projet Life Natur'Adapt[12] pour les réserves naturelles en France, ou d'un territoire particulier, comme le massif des Pyrénées dans le cadre de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique[13] (OPCC). L'approche la plus complète aujourd'hui est sûrement celle menée par le Centre national de ressources sur l'adaptation au changement climatique[14] qui regroupe des initiatives d'adaptation en France par thématique, région ou type d'outils visant au diagnostic, la planification ou l'évaluation.

10. https://www.reseau-aforce.fr
11. Une description détaillée des outils se trouve dans le chapitre du RMT AFORCE sur la forêt de ce rapport.
12. https://naturadapt.com/groups/communaute/documents/72/get
13. https://opcc-ctp.org/fr/buenas-practicas
14. https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr

Un exemple illustratif de démonstrateur : service pour les rendements agricoles ouest-africains de mil et sorgho

La mise à disposition d'information climatique peut contribuer à améliorer la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest. Pour le démontrer, cette étude de cas visait à (i) construire un dialogue avec les parties prenantes au Sénégal, (ii) développer des méthodologies utilisant des modèles de climat et d'impacts, et (iii) démontrer la plus-value d'une meilleure gestion du risque climatique sur des sites pilotes. Un des résultats au terme de la « convention services climatique » a été la production coconstruite d'un jeu d'indicateurs climatiques observés et simulés, pertinents pour l'aide à la décision dans le secteur de l'agriculture. Le démonstrateur a été rendu disponible sur une plateforme opérationnelle [a]. Une démonstration de la plus-value de l'utilisation de ces indicateurs accompagnée de recommandations pour l'amélioration et la généralisation de leur utilisation a également été produite.

Ce démonstrateur a été coconstruit avec le service météorologique du Sénégal (ANACIM) qui a, entre autres, pour mission de fournir des services et projections climatologiques adaptés aux besoins des acteurs pour une prise en compte effective de l'information climatique afin de mieux planifier les projets de développement. Des échanges bilatéraux entre la France et le Sénégal ont eu lieu régulièrement pendant la durée du projet afin de s'assurer que le démonstrateur puisse répondre aux objectifs de l'ANACIM et que l'ANACIM puisse s'approprier le contenu de la plateforme (simulations climatiques, correction de biais) et son développement informatique (installation sur un serveur dédié, chargement de nouveaux jeux de données). Ces échanges bilatéraux et activités de transfert ont abouti à l'installation du portail sur un site miroir à Dakar, hébergé par un serveur à l'ANACIM.

L'ANACIM a désormais la maîtrise opérationnelle de l'outil et l'inscrit dans sa stratégie sur les services climatiques. Dans le cadre du Projet national d'adaptation du Sénégal financé par le Fonds mondial de l'environnement, l'ANACIM prévoit l'amélioration du géo-portail pour un meilleur accès aux informations climatiques et un renforcement des capacités des décideurs et des services techniques sur l'utilisation du géo-portail sur les changements climatiques.

a. http://retd1.teledetection.fr/climap/proj

Le tableau ci-dessous présente quelques exemples de services sectoriels parmi les plus avancés en 2021[15].

Secteurs	Services	Échelles	Utilisateurs	Développeurs	Enjeux	Produits	Niveaux de maturité	Modèles économiques	Échéances temporelles
Ville	MaPuce, Urclim	France, Europe	Collectivités, Urbaniste	CNRS, Météo-France	Adaptation	Carte ICU, Modélisation	Démonstrateur	Libre	Présent, futur
Ressource en eau souterraine	AQUI_FR	France	Services de l'État, agences de l'eau	IPSL, Météo-France, BRGM	Adaptation	Niveau de nappes	Démonstrateur	Libre	Saisonnier et changement climatique
Littoral	ECLISEA	Europe, France	Collectivités	BRGM	Adaptation	Carte d'élévation des niveaux de la mer	Démonstrateur	Libre	Changement climatique
Biodiversité	Aires Marines Protégées	Monde	Organisations Internationales	IPSL	Adaptation	Définition	Rapport	Libre	Changement climatique
Agriculture	ClimA-XXI	Plusieurs régions	Agriculteurs, chambres d'agriculture	Réseau des Chambres d'agriculture	Adaptation Formation	Évolution de la faisabilité de productions agricoles départementales sous influence du changement climatique projeté	Démonstrateur	Libre	Changement climatique
Tourisme hivernal	ClimSnow	France	Stations de ski, collectivités	Dianeige, Météo-France, INRAe	Adaptation	Fiablitié enneigment	Opérationnel	Commercial	2030 à 2050
Forêt	AFORCE	France	Gestionnaires	INRAe, ONF, CNPF	Adaptation	Choix variétés et pratiques de gestion	Ensemble d'outils	Abonnés	2100 et au-delà
Énergie		-	-	-	-	-	-	Contrats privés	-
Bâtiment	Bat'adapt	France	Collectivités et bureaux d'étude	Observatoire Immobilier Durable	Adaptation		Démonstrateur	Abonnés	2030 à 2050

Figure 8 – Exemples de services climatiques sectoriels.

Source : Météo-France, IPSL, IRD.

15. Vous trouverez une description plus détaillée de l'outil ClimA-XXI dans la contribution suivante de ce rapport.

- *Perspectives*

Dans le contexte de la nécessaire adaptation de nos activités au changement climatique, il ne fait pas de doute que les services climatiques vont se développer dans les années à venir et prendre une multitude de formes, allant de la distribution de données climatiques, génériques ou spécifiques pour des secteurs, voire des utilisations particulières, à l'accompagnement de projets pour l'adaptation ou l'atténuation, ou de simples échanges entre scientifiques et porteurs d'enjeux.

Les besoins en formation professionnelle, y compris pour les enseignants, sont immenses, si l'on souhaite que la culture du changement climatique et des solutions soit ancrée dans tous les esprits, ceux des décideurs, des managers, des citoyens. À plus long terme, pour réussir une prise en compte à tous les niveaux de la société, les bases des questions climatiques ou environnementales devront figurer dans les programmes scolaires ou universitaires à un niveau très central et non optionnel.

En premier lieu, les défis des données sont multiples. Le volume de données à traiter est en forte croissance et extraire l'information pertinente pour l'adaptation d'un secteur ou d'une activité devient très difficile, la tension étant sur l'accès et la pertinence. Les méthodes d'intelligence artificielle apporteront des possibilités de détection de signaux, de liens entre les variables, apportant des éléments pour la compréhension des mécanismes dans le système Terre. Pour progresser, il sera essentiel de mettre en commun des jeux de données très interdisciplinaires, issues des sciences du climat, de la biodiversité, des données sociales, de les rendre interopérables, sur des centres de données permettant aussi les analyses pour croiser de multiples informations pour l'analyse des impacts.

Les services climatiques nécessiteront un écosystème d'expertises et de travailler harmonieusement entre organismes de recherche, services de données opérationnels, bureaux d'études, décideurs publics et privés, établissements de formation.

Aujourd'hui, le modèle économique des services climatiques met en tension plusieurs groupes d'acteurs. Les chercheurs et les services sont sollicités par des entreprises, des collectivités, pour répondre à des questions importantes mais dont l'analyse prend un temps qu'il est souvent difficile de libérer. Ce temps d'analyse est rendu long par la multiplicité et la complexité des jeux de données et la nécessaire mobilisation de compétences interdisciplinaires. Les coûts associés à ces travaux sont souvent sous-estimés par les utilisateurs de ces informations. La spécificité des questions à traiter rend difficile la mise en service de « produits génériques », qui permettrait de diminuer le coût des études.

Mais le développement des services climatiques ne peut pas se faire sur la seule offre de la science et des nombreux services qu'elle peut proposer. La formalisation des besoins des acteurs engagés dans des actions concrètes d'adaptation est un maillon essentiel qui manque aujourd'hui dans certains domaines pour des raisons multiples, relevant autant de l'analyse sociale que politique.

Malgré la grande vulnérabilité de nombreux secteurs économiques à la variabilité et au changement climatique, l'utilisation réelle des services climatiques reste plutôt limitée pour la prise de décision.

Une étude récente menée en Autriche (Damm *et al.*, 2019) a identifié les principaux obstacles à l'utilisation des services climatiques dans le tourisme : une faible sensibilisation aux risques, un certain degré de déni des risques, un manque de sentiment d'urgence dû à une pression financière (encore) faible et des cycles de décision commerciale plutôt courts, qui conduisent à une faible priorisation des questions climatiques. Ces obstacles semblent aussi en œuvre en France et pour d'autres secteurs que le tourisme. En outre, le manque de connaissance des services existants et de leurs avantages, le manque d'applicabilité et la méfiance à l'égard des services climatiques limitent leur utilisation.

Les recommandations pour une meilleure adoption des services climatiques comprennent donc une meilleure démonstration et communication de leur valeur ajoutée. En outre, le marché bénéficierait d'une augmentation des intermédiaires qui pourraient combler le fossé entre la recherche et l'applicabilité. C'est l'exemple donné par le service ClimSnow où le succès actuel du service est aussi lié au rôle d'intermédiaire du bureau d'étude Dianeige au plus près des stations de ski.

En conclusion, les services climatiques restent une activité émergente, avec de nombreuses questions ouvertes pour atteindre leur objectif : apporter l'information la plus pertinente pour l'aide à la décision. Les marges de progrès sont considérables et nécessitent une implication forte des scientifiques et des acteurs socio-économiques. Faudra-t-il pour y parvenir créer des structures dédiées regroupant des expertises multidisciplinaires et des ressources communes ? Faudra-t-il simplement augmenter la formation à tous les niveaux de la scolarité ou tout faire à la fois ? Les mécanismes du succès restent encore à découvrir, mais des voies d'avenir ont été tracées durant ces dernières années.

La prospective pour l'adaptation au changement climatique au sein des chambres d'agriculture, illustrée par l'outil ClimA-XXI.

Frédéric Levrault,
Chambre régionale d'agriculture de Nouvelle-Aquitaine

• *Introduction*

L'adaptation de l'agriculture au changement climatique impose, en France comme dans les autres grandes puissances agricoles, d'acquérir une capacité prospective sur les évolutions climatiques attendues, sur leurs incidences sur les productions végétales et animales actuelles, et sur les modifications (adaptations) envisageables pour maintenir des productions viables et durables dans un « climat de demain » différent du « climat d'aujourd'hui ».

En France, ce type de prospective a été brillamment et abondamment porté et documenté par les organismes de recherche et les instituts techniques, dans le cadre de travaux associant modélisation climatique et modélisation agronomique (ou zootechnique). Ces travaux de recherche et développement (R&D), dont les premiers (IDELE *et al.*, 2009 ; INRAe *et al.*, 2010)[1-2] ont livré leurs résultats à la fin des années 2000, ont rapproché les communautés scientifiques des climatologues et des agronomes, posé les bases méthodologiques de ces études dites d'« impacts » (descente d'échelle, horizons temporels étudiés, sources d'incertitude…) et éclairé les déterminants majeurs de l'adaptation de l'agriculture en France : ressource en eau, accélération phénologique, disponibilité thermique, seuils thermiques hauts et bas, etc.

Cependant, ces travaux restent difficilement appropriables par la grande majorité des opérateurs de terrain, en raison de leur complexité de mise en œuvre. En particulier pour des conseillers agricoles, ces travaux de R&D ne permettent pas d'analyser aisément et rapidement des situations locales, et tout particulièrement de répondre « en direct et à la demande » à des questions individuelles ou collectives d'agriculteurs sur – par exemple – l'intérêt d'un cépage plus tardif, les avantages et limites d'une précocification du semis d'un maïs, le risque de manque de froid pour la levée de dormance d'un pommier ou encore la probabilité d'inconfort thermique pour une vache laitière.

Pour cette raison, les chambres d'agriculture ont progressivement mis en place, à partir de 2015, un outil de prospective climatique et agricole à destination de leurs conseillers et appuyé sur l'utilisation d'indicateurs agroclimatiques : l'outil

1. « Changement climatique : conséquences et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore ». IDELE, Arvalis, INRAe, Météo France – 2009.

2. « Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces (Climator) ». INRAe, CNRS, AgroParisTech, chambres d'agriculture, CERFACS, Arvalis, SupAgro Montpellier, Météo-France – 2010.

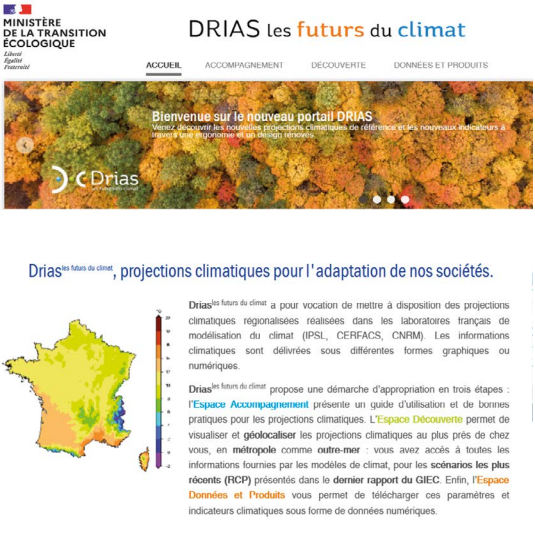
ClimA-XXI (Climat et Agriculture au XXIe siècle). Impliquant à ce jour 67 chambres départementales d'agriculture, ClimA-XXI a aujourd'hui pris place dans le paysage agricole français du conseil en adaptation.

Il est donc apparu pertinent de revenir dans un premier temps sur les caractéristiques de fonctionnement de cet outil puis dans un deuxième temps sur ses principales utilisations pour l'adaptation de l'agriculture, et enfin d'éclairer *a posteriori* les clés de cette réussite.

• *Principales caractéristiques de l'outil ClimA-XXI*

Un lien étroit avec la plateforme DRIAS «Les futurs du climat»

ClimA-XXI utilise exclusivement les projections climatiques proposées par la plateforme DRIAS « Les futurs du climat », mise en place dans le cadre du programme « Gestion et impacts du changement climatique » (Figure 1), s'inscrivant ainsi dans les recommandations de la communauté scientifique française des climatologues. Avec sa grille SAFRAN, dotée d'un point de modélisation tous les 8 km, DRIAS permet d'étudier les impacts du changement climatique en France à l'échelle locale, ce dont sont très demandeurs les agriculteurs dans leurs territoires. Les mises à jour régulières de DRIAS ont permis à ClimA-XXI d'utiliser successivement les exercices de modélisation les plus récents : SCAMPEI de 2015 à 2017, CNRM 2014 de 2018 à 2019, puis DRIAS-2020 depuis 2020.



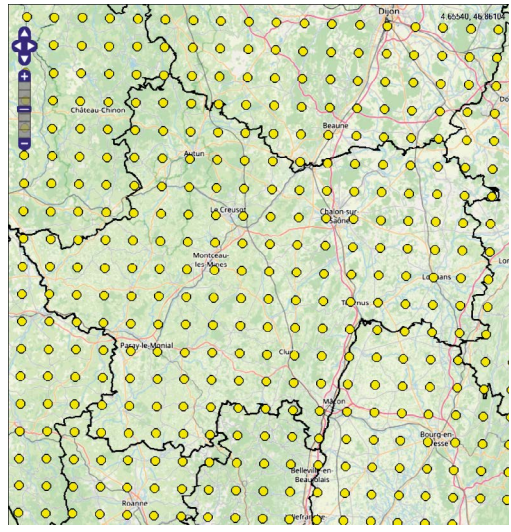


Figure 1 – Plateforme DRIAS « Les futurs du climat » ; à gauche, page d'accueil ; à droite, grille SAFRAN de sélection des sites pour le département de Saône-et-Loire.

Source : DRIAS « Les futurs du climat ».

Le choix du tableur Excel

ClimA-XXI s'appuie sur le tableur Excel, dans lequel sont insérées les projections climatiques à pas de temps journalier téléchargées depuis DRIAS. Ce choix simple et efficace règle la question du développement et de la maintenance informatique d'une application dédiée. La maîtrise d'Excel faisant partie du bagage de base d'un conseiller agricole, l'utilisation de l'outil en est grandement facilitée.

Un fichier par indicateur

Le choix a été fait – et assumé – de créer un fichier Excel (Figure 2) pour chaque indicateur agroclimatique et chaque lieu analysé. La multiplication des fichiers qui en résulte peut sembler rédhibitoire. Elle ne l'est aucunement si chaque conseiller agricole respecte la consigne d'organisation des fichiers : un dossier par projet incluant des fichiers Excel dont la dénomination suit des règles préétablies.

Nom	Modifié le	Type	Taille
Montargis DF1600b6 i1503 ALC 4.5	26/11/2020 11:34	Feuille de calcul Microsoft Excel	2 719 Ko
Montargis NJTNi0d 01033105 ALC 4.5	26/11/2020 10:59	Feuille de calcul Microsoft Excel	1 201 Ko
Montargis NJTNi4d 01043105 ALC 4.5	26/11/2020 10:32	Feuille de calcul Microsoft Excel	949 Ko
Montargis NJTNi-7 01122802 ALC 4.5	10/08/2020 17:25	Feuille de calcul Microsoft Excel	373 Ko
Montargis NJTXse35 01053009 ALC 4.5	26/11/2020 11:45	Feuille de calcul Microsoft Excel	376 Ko
Montargis NP2JRRse10 01033105 ALC 4.5	26/11/2020 17:56	Feuille de calcul Microsoft Excel	654 Ko
Montargis NP2JRRse10 01083110 ALC 4.5	26/11/2020 18:09	Feuille de calcul Microsoft Excel	664 Ko
Orléans NJTNi+5d 01103105 ALC 4.5	26/11/2020 16:44	Feuille de calcul Microsoft Excel	2 682 Ko
Orléans NJTNi0d 01033105 ALC 4.5	10/08/2020 17:22	Feuille de calcul Microsoft Excel	1 201 Ko
Pithiviers DF1600b6 i1503 ALC 4.5	11/03/2021 14:17	Feuille de calcul Microsoft Excel	2 740 Ko
Pithiviers NJTNi0d 01033105 ALC 4.5	26/11/2020 11:12	Feuille de calcul Microsoft Excel	1 200 Ko
Pithiviers NJTNi4d 01043105 ALC 4.5	10/08/2020 17:20	Feuille de calcul Microsoft Excel	948 Ko
Pithiviers NJTNi-7 01122802 ALC 4.5	10/08/2020 17:26	Feuille de calcul Microsoft Excel	372 Ko
Pithiviers NJTXse35 01053009 ALC 4.5	26/11/2020 11:55	Feuille de calcul Microsoft Excel	376 Ko
Pithiviers NP2JRRse10 01033105 ALC 4.5	26/11/2020 17:59	Feuille de calcul Microsoft Excel	655 Ko
Pithiviers NP2JRRse10 01083110 ALC 4.5	26/11/2020 18:11	Feuille de calcul Microsoft Excel	668 Ko

Figure 2 – Exemple de dossier d'étude ClimA-XXI sur l'adaptation incluant 16 indicateurs agroclimatiques portant sur trois communes du Loiret.

Source : chambre d'agriculture du Loiret.

Pouvant paraître risqué au départ, ce compromis entre simplicité de calcul et gestion rigoureuse des dossiers de travail a finalement été bien approprié par le collectif des utilisateurs de ClimA-XXI.

Un éventail d'indicateurs couvrant de nombreuses filières agricoles

Année après année, le nombre d'indicateurs agroclimatiques calculés par les utilisateurs de ClimA-XXI s'est accru, jusqu'à dépasser 500 à ce jour. De nombreuses filières agricoles sont couvertes (grandes cultures, viticulture, arboriculture, fourrages…), chacune d'entre elles étant documentée pour de nombreux enjeux climatiques : besoins en froid, risques de gel, disponibilités thermiques, conditions hydriques, seuils thermiques hauts, etc.

À titre d'illustration, on peut lister les différents impacts et enjeux d'adaptation (et les indicateurs agroclimatiques [IAC] correspondants) étudiés pour une seule production, à savoir les fourrages destinés à l'alimentation animale :

- précocité de la sortie d'hiver (ex. d'IAC : date de démarrage de végétation, date de dernière gelée sortie d'hiver…) ;
- dynamique thermique de pousse printanière (ex. d'IAC : date de mise à l'herbe, date de première fauche, nombre de jours au-dessus d'un seuil thermique…) ;
- choix variétaux en maïs fourrage (ex. d'IAC : disponibilité thermique entre printemps et automne…) ;
- mise en place de cultures dérobées (ex. d'IAC : disponibilité thermique post-récolte céréales à paille…) ;
- conditions hydriques, notamment en saison de végétation (ex. d'IAC : déficit hydrique climatique saisonnier…) ;
- confort thermique des animaux (ex. d'IAC : nombre de jours au-dessus d'un seuil thermique…).

Chaque utilisateur de ClimA-XXI reste libre d'organiser ses propres fichiers individuellement en local sur sa propre machine ou de les gérer collectivement sur un espace dédié, que ce soit à l'échelon départemental ou régional.

Des formats d'analyse et de graphisme standardisés

La création puis le maintien d'un collectif d'utilisateurs passe par une méthodologie commune, qui s'appuie en particulier sur des modes d'analyse et de restitution identiques pour tous. Dans ce cadre, sont communs à tous les utilisateurs de ClimA-XXI les scénarios RCP utilisés, les horizons temporels examinés, les modalités de calcul et les modalités graphiques utilisées.

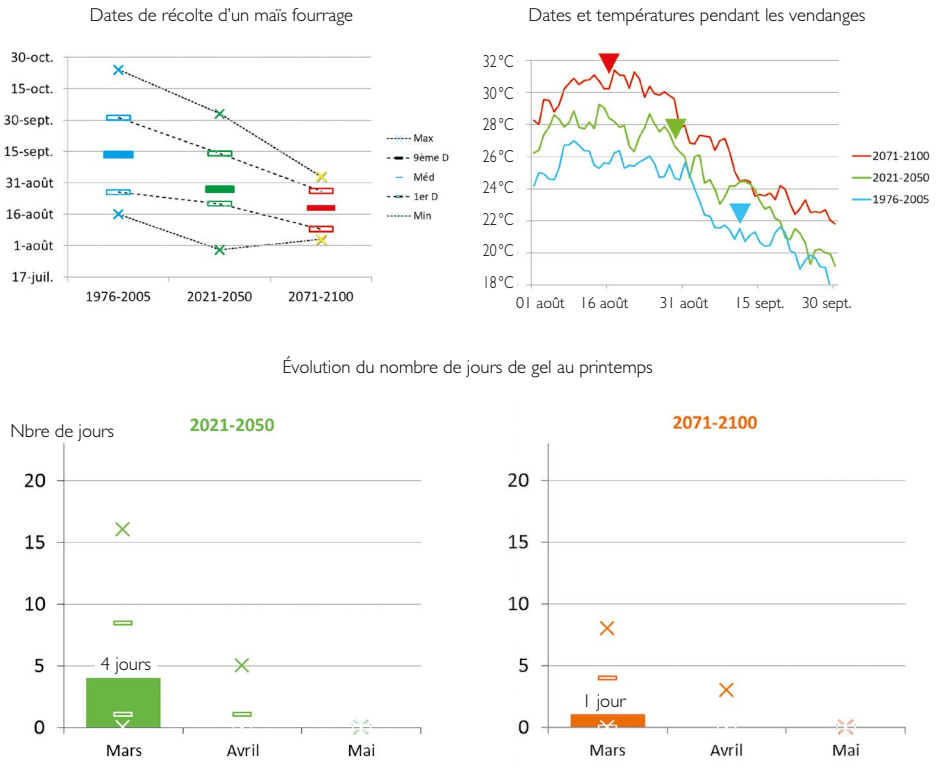


Figure 3 – Exemple de choix graphiques utilisés pour trois indicateurs agroclimatiques calculés avec ClimA-XXI.

Haut gauche : prospective sur la date de récolte d'un maïs fourrage analysée via le franchissement d'une somme de température (base 6 °C).

Haut droite : prospective sur les conditions thermiques lors des vendanges analysées via la moyenne trentenaire des températures maximales journalières (TX) du 01/08 au 30/09 (les triangles indiquent les dates moyennes de vendange calculées pour chacune des périodes de trente ans).

Bas : prospective sur le risque de gel au débourrement analysé via le nombre de jours de gel par mois de mars à mai pour les périodes 2021-2050 et 2071-2100.

Source : ClimA-XXI.

Jusqu'à présent, ces usages sont très largement respectés, traduisant la convergence du collectif des utilisateurs de ClimA-XXI quant à l'intérêt de ces modalités communes, comme illustré sur l'exemple ci-dessus (Figure 3).

- *Principales utilisations de ClimA-XXI pour l'adaptation de l'agriculture*

La communication sur l'adaptation



Elle a été la première des voies de diffusion des résultats issus de ClimA-XXI, mise en œuvre par les chambres d'agriculture (Figure 4). Trois média ont été privilégiés : la presse agricole locale, les revues techniques agricoles et les sites internet des chambres d'agriculture. Cette phase initiale de communication peut être comprise comme résultant de la volonté politique des chambres concernées non seulement de communiquer sur les enjeux de l'adaptation mais aussi de sonder l'acceptation des agriculteurs vis-à-vis de ce sujet.

Figure 4 – Exemple de communication de résultats de ClimA-XXI dans une revue technique agricole en région Centre-Val de Loire.

Source : chambre d'agriculture de Loir-et-Cher.

La formation des agriculteurs à l'adaptation

Elle consiste, dans le cadre de petits groupes d'agriculteurs, à illustrer les évolutions climatiques attendues localement, à identifier les impacts agricoles correspondants et à faire émerger les voies d'adaptation envisageables. En matière d'adaptation, deux démarches sont adoptées. L'une consistant à soumettre aux agriculteurs stagiaires des voies d'adaptation, puis à leur demander de réagir à ces propositions : avantages, inconvénients, délai d'appropriation. L'autre consistant à demander aux agriculteurs stagiaires de suggérer eux-mêmes des voies d'adaptation, puis à en débattre ensuite avec eux.



Figure 5 – Document support utilisé avec des éleveurs lors d'une formation sur l'adaptation au changement climatique organisée par la chambre d'agriculture de l'Aveyron.

Source : chambre d'agriculture de l'Aveyron.

À l'issue de ces formations (Figure 5), les agriculteurs ont une perception plus locale du changement climatique et une vision plus opérationnelle des adaptations à envisager.

Le conseil aux agriculteurs en matière d'adaptation

Dans la majorité des cas, une analyse « classique » d'indicateurs agroclimatiques obtenus avec ClimA-XXI précède la formulation du conseil (recommandations d'adaptations), ce dernier impliquant que le conseiller soit en capacité de mobiliser les ressources nécessaires : bibliographie, expérimentations, pratiques adaptatives déjà mises en œuvre par d'autres agriculteurs.

Dans de plus rares cas, ClimA-XXI alimente un outil de prospective plus complet, construit lui-même comme support de conseil. C'est notamment le cas de l'outil Climenvi (Figure 6), conçu par les chambres d'agriculture de la région Centre-Val de Loire, dédié au conseil en adaptation pour la viticulture de cette région.

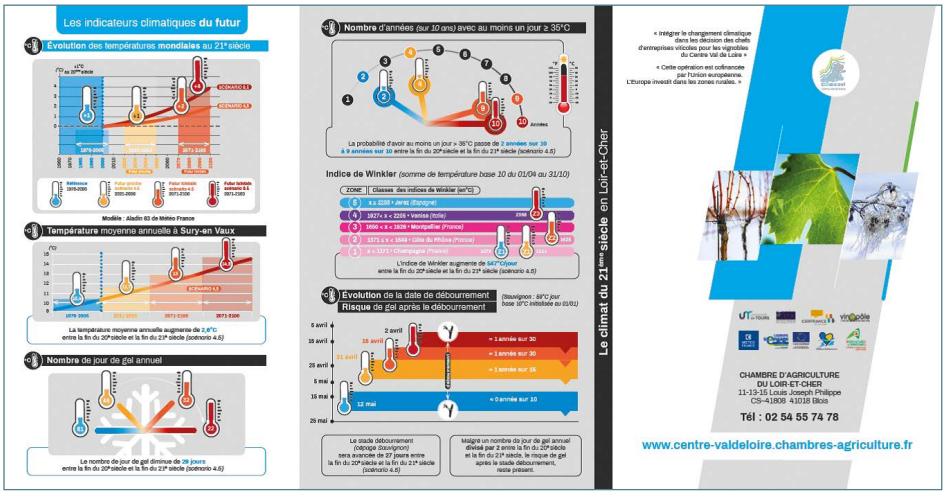


Figure 6 – Exemple d'indicateurs climatiques et agroclimatiques calculés par ClimA-XXI pour Climenvi, outil dédié à l'adaptation de la viticulture en Centre-Val de Loire.

Source : chambre régionale d'agriculture de Centre-Val de Loire.

Ces deux cas de figure confirment que, dans cette activité prospective, un conseiller agricole ne peut passer de l'analyse d'indicateurs agroclimatiques à la formulation d'un conseil en adaptation qu'à la double condition :
1) d'avoir une bonne compréhension des incidences du climat sur la croissance et le développement des cultures ; et
2) d'avoir une connaissance suffisante des adaptations envisageables et de leurs limites dans le contexte local étudié.

- *Les clés de la réussite de l'outil de prospective ClimA-XXI.*

Si ClimA-XXI (Figure 7) ne constitue aucunement la panacée en matière d'adaptation de l'agriculture française au changement climatique, la rapidité de son déploiement (67 chambres d'agriculture utilisatrices en 2021) et l'intensité de ses utilisations actuelles conduisent à s'interroger sur les raisons d'un tel succès.

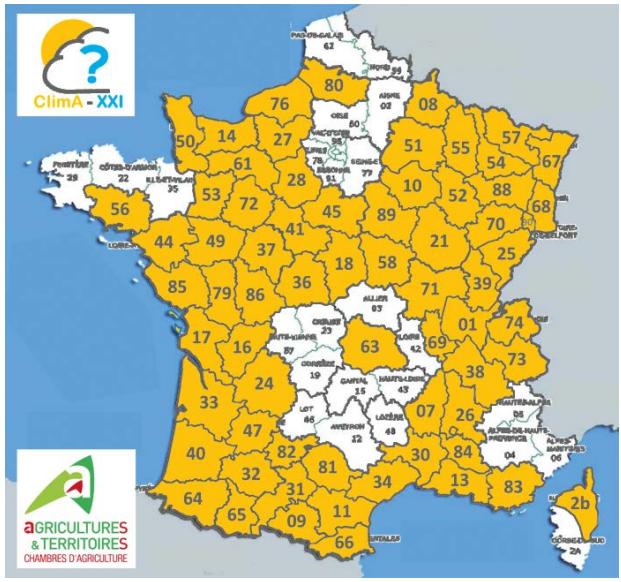


Figure 7 – Couverture de l'outil ClimA-XXI en octobre 2021.

Source : chambres d'agriculture.

La demande des agriculteurs en matière d'adaptation

La multiplication des impacts climatiques vécus au cours des dernières années par les agriculteurs français leur a graduellement fait prendre conscience de la réalité du phénomène, de son ampleur et de la nécessité de faire évoluer les méthodes de production pour réduire les effets de plus en plus délétères du changement climatique sur l'agriculture française. ClimA-XXI a été proposé à ce « bon » moment où ce type d'outil apparaissait nécessaire pour faire face à des enjeux d'adaptation devenus indiscutables.

La libre adhésion des chambres départementales d'agriculture

Le choix a été fait de ne pas imposer ClimA-XXI par une décision de niveau national du réseau des chambres d'agriculture. Il a au contraire été préféré de laisser les chambres départementales d'agriculture y adhérer librement. Chaque année depuis 2015, une douzaine de places ont été ouvertes pour acquérir l'outil, effectif correspondant à la capacité de réalisation des « études standard » (voir plus loin) conduites en partenariat avec l'école d'ingénieurs en agriculture partenaire,

UniLaSalle Rouen. Ainsi, l'adhésion des chambres d'agriculture à la dynamique ClimA-XXI s'est faite au rythme des perceptions locales des élus des chambres sur l'urgence de l'adaptation.

L'existence et la qualité des services climatiques français

La possibilité – ouverte à tout un chacun et gratuitement – d'accéder à des projections climatiques du meilleur niveau scientifique actuel, à l'échelle locale et sur toute la France, a été la condition *sine qua non* à la mise en place et à la continuation d'une dynamique telle que ClimA-XXI. La plateforme DRIAS « Les futurs du climat » en a été – et en est toujours – le support indispensable et efficace. Des échanges réguliers et fructueux avec la Direction de la climatologie et des services climatiques de Météo-France (DCSC) ont accompagné cette utilisation au long cours de DRIAS. En retour, des remontées sont faites à Météo-France (DCSC) sur les usages de DRIAS et les besoins d'évolution de la plateforme.

Le choix d'une approche «indicateurs agroclimatiques»

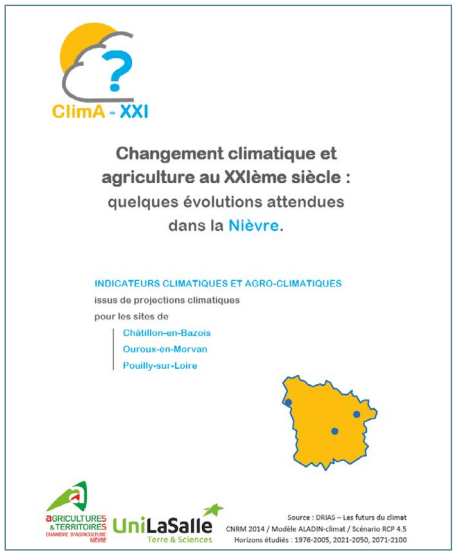
Dans ClimA-XXI, le choix a été fait de ne pas utiliser de modèles mécanistes agronomiques, jugés trop complexes à utiliser pour le public des conseillers agricoles. On a privilégié l'emploi d'indicateurs dits « agroclimatiques », indicateurs qui traduisent différents processus de croissance ou de développement des cultures (somme de température et développement, températures critiques et accidents physiologiques, etc.) et renseignent ainsi sur la faisabilité future des productions agricoles. Dans cette approche « indicateurs », tous les processus de croissance et de développement ne peuvent pas être décrits (rendement ou consommation d'intrants par exemple) mais la palette reste suffisamment riche pour documenter nombre d'enjeux d'adaptation que soulève le changement climatique vis-à-vis des productions végétales et animales.

L'accompagnement de l'outil ClimA-XXI : un cadre très structuré

L'outil ClimA-XXI est proposé aux chambres d'agriculture dans un cadre d'accompagnement très structuré, appuyé sur quatre composantes.

L'étude standard

Marquant l'entrée dans le collectif des utilisateurs, elle permet à une chambre d'agriculture de découvrir les potentialités de cet outil prospectif, sans avoir à investir d'emblée dans la formation de ses agents. L'étude standard suit un cahier des charges précis : 3 sites étudiés dans le département, 5 indicateurs climatiques imposés, 10 indicateurs agroclimatiques choisis par chaque chambre d'agriculture. Une douzaine d'études standard sont réalisées chaque année (exemple en Figure 8), en partenariat avec l'école UniLaSalle Rouen, dans un cadre pédagogique de projet tutoré d'une semaine. Trente à quarante élèves ingénieurs sont impliqués chaque année depuis 2015.



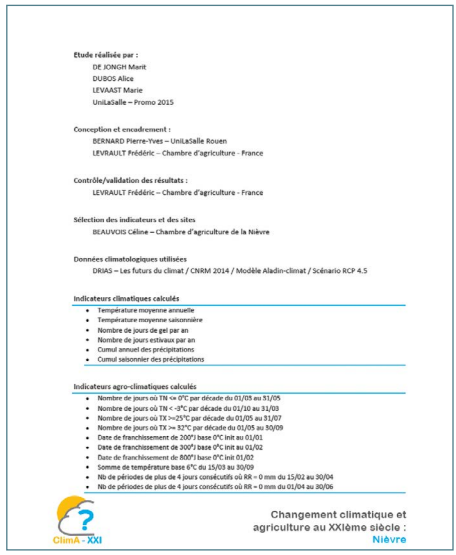


Figure 8 – Exemple d'étude standard réalisée pour la chambre d'agriculture de la Nièvre.

Source : chambre d'agriculture de la Nièvre.

La formation des conseillers

Une étude « standard » ne pouvant traiter toutes les questions d'adaptation se posant à l'échelle d'un département, l'autonomie des conseillers agricoles dans l'utilisation de l'outil doit être acquise. À cette fin, une formation de 2 jours à l'utilisation de l'outil ClimA-XXI est systématiquement proposée à chaque nouvelle chambre départementale d'agriculture entrant dans la dynamique collective. À ce jour, plus de 130 agents des chambres d'agriculture ont été formés à ClimA-XXI et les demandes se maintiennent.

Les ressources pédagogiques

Pour apporter aux utilisateurs de ClimA-XXI les compléments de compétences nécessaires (évolution de la plateforme DRIAS, références agronomiques, nouveaux fichiers de calcul d'indicateur…), des Notices ClimA-XXI sont régulièrement rédigées. La dernière en date (octobre 2021, Figure 9) porte sur le calcul de la date de démarrage de végétation en viticulture, élaborée en partenariat avec INRAe.

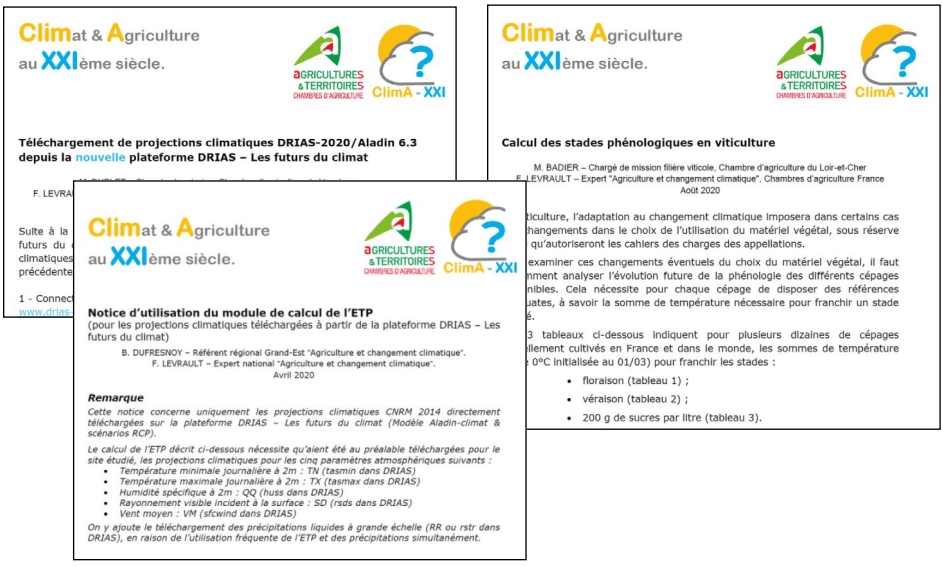


**Figure 9 – Les Notices ClimA-XXI,
exemple de ressources pédagogiques proposées aux utilisateurs.**

Source : ClimA-XXI.

L'animation

Un groupe réunissant tous les conseillers des chambres utilisateurs de ClimA-XXI a été créé : le Club ClimA-XXI (Figure 10). Il se réunit tous les deux à trois ans pour échanger sur les utilisations de l'outil (formation, conseil, communication…) ainsi que sur ses évolutions. Le Club ClimA-XXI est aussi l'occasion de s'informer sur les avancées scientifiques en matière de changement climatique et d'agriculture.



Figure 10 – Programme des premières rencontres du Club ClimA-XXI, en 2018 à Beaune.

Source : ClimA-XXI.

- *Conclusion et perspectives*

En matière d'adaptation de l'agriculture au changement climatique

En premier lieu, la démonstration a été faite de la capacité du réseau des chambres d'agriculture à partager un outil commun de prospective sur l'adaptation au changement climatique. Cette dimension collective nourrit dans le réseau des chambres une dynamique positive d'utilisation de l'outil, de montée en compétences des conseillers et de mise en place de stratégies d'établissements. Le collectif actuel des utilisateurs de ClimA-XXI doit cependant encore trouver les voies de sa pérennisation, que ce soit en matière de coordination, d'accompagnement scientifique ou encore de partenariats.

Ensuite, devant l'impératif d'adaptation auquel sont confrontées toutes les organisations agricoles françaises, la question de l'ouverture de ce collectif à d'autres organisations du développement agricole français (coopératives, associations de développement agricole, centres de gestion) peut légitimement être posée, toutes n'ayant pas à ce jour les moyens requis pour investir isolément la prospective sur le changement climatique et ses incidences agricoles.

Enfin, le sujet de l'interaction entre les organisations agricoles et les institutions porteuses des services climatiques doit être approfondi. D'une part dans les progrès qu'une telle interaction doit viser : compréhension des usages agricoles des services climatiques, utilisation du multimodèle, confrontation entre observations et projections, analyse du futur très proche, accès à la cartographie, etc. D'autre part en matière de périmètre thématique couvert par les services climatiques : inclusion dans DRIAS de nouveaux thèmes tels que les sols, les eaux de surface ou les eaux souterraines.

En matière d'adaptation d'autres secteurs d'activité en France

L'expérience de prospective de l'adaptation au changement climatique du secteur de l'agriculture au travers de l'outil ClimA-XXI démontre que des gains significatifs de lisibilité (donc de mise en mouvement) sur les enjeux d'adaptation peuvent être aisément obtenus par une catégorie d'acteurs socio-économiques sans nécessairement devoir maîtriser des concepts ou des outils de calcul très complexes (du point de vue de l'utilisateur). Rien n'interdit donc d'imaginer que des démarches équivalentes puissent être déployées dans des secteurs d'activité tels que le transport, le logement, l'artisanat, le tourisme, etc.

Partie B

Illustrations de la mobilisation prospective des acteurs publics et privés



© Xénia Philippenko / BRGM.

B. I) Les prospectives d'adaptation des acteurs publics

Adaptation des activités de sécurité civile au changement climatique

Sylvain Mondon, Laurent Franchistéguy, Paul Bourgeois,
Météo-France

Charles Colin,
ministère de l'intérieur, DGSCGC

- *Une démarche innovante et inédite*

Les évolutions climatiques mondiales font évoluer durablement la cartographie des risques majeurs auxquels la France est confrontée. Chargés de la protection et du secours aux populations, les acteurs de la sécurité civile se retrouvent en première ligne face à ces modifications. Ils doivent continuer à les anticiper pour bien s'y préparer. En 2020, la Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises (DGSCGC) a sollicité Météo-France qui a effectué une synthèse des connaissances sur le changement climatique et sur les évolutions des risques traités par la sécurité civile.

Au regard des conclusions de ce premier rapport technique et des transformations profondes à l'œuvre, une démarche prospective a été engagée afin de mettre en place une stratégie d'adaptation de la réponse de la sécurité civile à horizon 2050. Dans ce cadre, un travail collaboratif a été lancé afin d'appréhender la complexité des évolutions en cours et de représenter l'ensemble des métiers de la sécurité civile. Des groupes de travail ont été mis en place par risques majeurs (inondations, nucléaires, feux de végétation…) ou par thématiques (dimensions internationales et européennes, innovations et nouvelles technologies, outre-mer…). Ils ont la charge de proposer des pistes d'évolution et d'adaptation sous la forme d'un rapport portant sur tous les volets de notre action.

Ces groupes de travail associent des personnes aux profils complémentaires (agents techniques des Services départementaux d'incendie et de secours (SDIS), experts universitaires, agents de l'Office national des forêts (ONF) …) afin d'enrichir la phase de concertation. Météo-France appuie ce travail et a nommé un référent scientifique de haut niveau par groupe de travail. La démarche consistant à se fonder sur une argumentation scientifique pour prévoir l'évolution du domaine de la sécurité civile est innovante. Il s'agira du premier rapport à l'échelle européenne liant le changement climatique et l'adaptation des activités de sécurité ou de protection civile. Ces travaux se démarquent en effet par leur caractère prospectif qui permet à la sécurité civile de se préparer et de progressivement adapter sa réponse aux évolutions déjà en cours.

« L'évolution du climat mondial, telle qu'elle est projetée par les spécialistes comme ceux de Météo-France, montre la nécessité de poursuivre résolument les politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre mais aussi d'engager l'adaptation des activités et infrastructures aux effets du changement climatique qui sont maintenant, pour certains, inévitables.

Le croisement des réflexions entre professionnels de sécurité civile et experts du climat permet un travail aussi riche qu'inédit. En combinant les problématiques et les outils de chacun, il a permis de se placer dans une logique d'anticipation opérationnelle, éclairée à la fois par les retours d'expérience de terrain et les projections numériques climatiques. »

– Virginie Schwarz – PDG de Météo-France.

- *Organisation des travaux en dix groupes de travail*

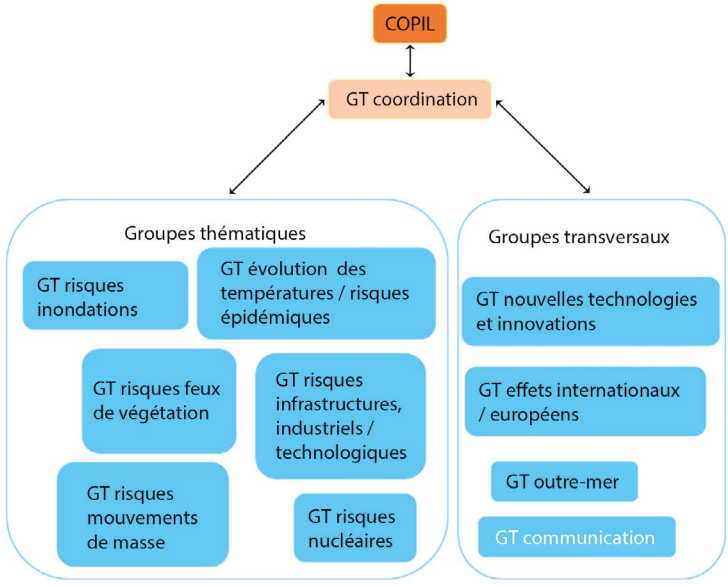


Figure 1 – Organisation des travaux en dix groupes de travail.

Source : DGSCGC, 2021.

Cette répartition des travaux a pour enjeu d'appréhender les conséquences du changement climatique de la façon la plus globale possible. La méthode de travail consiste dans un premier temps à partir d'une analyse de l'évolution des risques pour la confronter à l'approche opérationnelle afin d'en déduire les travaux à conduire. Les groupes de travail inondations, feux de végétation et mouvements de masse ont une approche directe des conséquences des évolutions des paramètres climatiques sur les missions de sécurité civile. Le groupe de travail chargé des risques liés à la hausse des températures et aux risques épidémiques a une

approche plus spécifique. Ces risques ont pour particularité de relever principalement de missions de santé publique. Cependant leur récurrence pourrait conduire la sécurité civile à être impliquée de façon plus fréquente dans la gestion de ces risques. Ils sont aussi générateurs de perturbations de l'environnement dans lequel interviennent les acteurs des services de secours. Ce groupe de travail réfléchit donc aussi aux conséquences de l'évolution du climat sur la capacité de réponse opérationnelle, en grande partie inspiré par les retours d'expérience de la canicule de 2003, des actions menées par la sécurité civile en outre-mer pendant la saison des maladies infectieuses type chikungunya et du retex de la pandémie de Covid-19.

L'objectif de la démarche est d'anticiper dans la globalité les conséquences du changement climatique pour s'y préparer au mieux. Ainsi, les effets indirects comme l'impact des évolutions du climat sur les infrastructures sensibles, sur les risques industriels et technologiques et sur le risque nucléaire font l'objet de travaux spécifiques. Le groupe de travail en charge de la dimension européenne analyse l'évolution du risque à cette échelle afin d'anticiper dans quelle mesure le mécanisme européen de protection civile (MPCU) pourrait évoluer et surtout identifier dans quels domaines la France pourrait être en situation de tension capacitaire l'amenant à solliciter le MPCU. Le groupe de travail nouvelles technologies et innovations identifie des pistes de recherches à partir des conclusions des groupes de travail thématiques afin d'améliorer la capacité de réponse face à ces évolutions en matière d'anticipation, de détection, de matériel, de technologies…

Le groupe de travail communication a quant à lui la charge de se pencher sur les problématiques d'acculturation, de sensibilisation et d'alerte des populations.

Ces approches sectorielles sont complétées par une analyse de l'évolution de la situation sur les trois bassins ultramarins. Le groupe de travail outre-mer a développé une approche innovante et territorialisée. La méthode de travail consiste à étudier l'évolution des risques propre à chaque bassin (Atlantique, Pacifique et océan Indien). Ces territoires sont plus vulnérables et exposés de façon spécifiques à certains risques. Il est donc essentiel d'y construire une réponse opérationnelle adaptée.

Ces groupes de travail ont la charge de proposer des pistes d'évolution et d'adaptation : anticipation, préparation et planification, alerte, doctrines et moyens d'intervention, investissement, etc. À terme, ce rapport permettra d'élaborer une feuille de route pluriannuelle.



Figure 2 – Comité de pilotage du 28 juin 2021 en présence de la PDG de Météo-France et du DGSCGC.

Source : ministère de l'intérieur/DGSCGC.

L'avancée des travaux des différents groupes est suivie par un comité de pilotage présidé par le directeur général de la sécurité civile et de la gestion des crises auquel participent la présidente-directrice générale de Météo-France ainsi que l'ensemble des sous-directeurs de la DGSCGC. Ces travaux sont le début d'une démarche mobilisant de manière exceptionnelle l'ensemble des partenaires de la chaîne de protection des populations et qui pourrait se poursuivre avec le suivi de l'évolution des phénomènes et de la mise en œuvre des mesures d'adaptation.

- *Croiser un regard scientifique avec la nécessité opérationnelle*

S. Mondon, L. Franchistéguy, P. Bourgeois/Météo-France.

Pour aborder le sujet de l'adaptation au changement climatique d'une activité dans un domaine donné, plusieurs cheminements sont possibles et les écueils sont nombreux. La question peut se poser en termes de finalités à atteindre sous une forme ingénierique du genre « dites-nous précisément à quoi nous adapter et nous nous débrouillerons pour y parvenir ! » La question peut aussi se poser sous l'angle « faites-nous l'inventaire de ce qu'on risque en précisant le niveau de gravité des effets du changement climatique pour nous permettre de déterminer ce qui nécessite une adaptation ou non. » Mais la question peut aussi se poser sous l'angle « quels sont les aspects les plus critiques qu'il faut absolument traiter pour ne pas exposer la population nationale à des risques inacceptables ? » Après un examen extensif d'un peu plus d'une année, sur la base d'échanges initiés par un diagnostic des évolutions des phénomènes météorologiques générateurs de dangers en métropole comme en outre-mer, les équipes de Météo-France et de la DGSCGC ont abordé le sujet en adoptant une problématique à la fois pragmatique et ambitieuse. Pragmatique au sens où le point de départ des travaux d'adaptation est positionné au niveau de familles d'activités de sécurité civile dont au moins une des composantes est conditionnée par le climat et son évolution. Pragmatique aussi au sens où l'exhaustivité n'est pas recherchée dans un premier temps mais où les travaux se concentrent prioritairement sur l'évolution des activités pour lesquelles des moyens d'influence actuels sont identifiés et accessibles. Le caractère ambitieux se situe au niveau de la profondeur de traitement des activités abordées. En effet, lorsque l'activité est identifiée comme météo-dépendante puis confirmée comme climato-dépendante et enfin modulable à court ou moyen terme pour renforcer son efficacité par rapport au paramètre climatique, l'idée est d'aller le plus loin possible dans l'examen de la dépendance et des modalités d'adaptation.

Forts de ce cadrage de départ matérialisant la nature générale de l'approche, Météo-France et la DGSCGC ont établi une méthode de travail imbriquant les problématiques de sécurité civile avec les aspects climatiques sans jamais dissocier complètement ces deux dimensions, c'est-à-dire sans jamais perdre de vue les enjeux de sécurité civile lorsque les résultats de projections climatiques sont analysés. Réciproquement, il s'agit aussi de ne jamais perdre de vue le sens de l'évolution des phénomènes (ou combinaison de phénomènes) en climat futur (horizon 2050) lors de l'élaboration d'options d'adaptation des activités de sécurité civile. Aussi, même si la représentation analytique des composantes de l'étude sur le schéma ci-dessous montre une dominante de traitement par domaine de compétence de chaque partenaire (cadre bleu : essentiellement Météo-France ; cadre rouge : essentiellement sécurité civile), chaque composante veille à conserver à l'esprit les préconisations de l'autre partenaire.

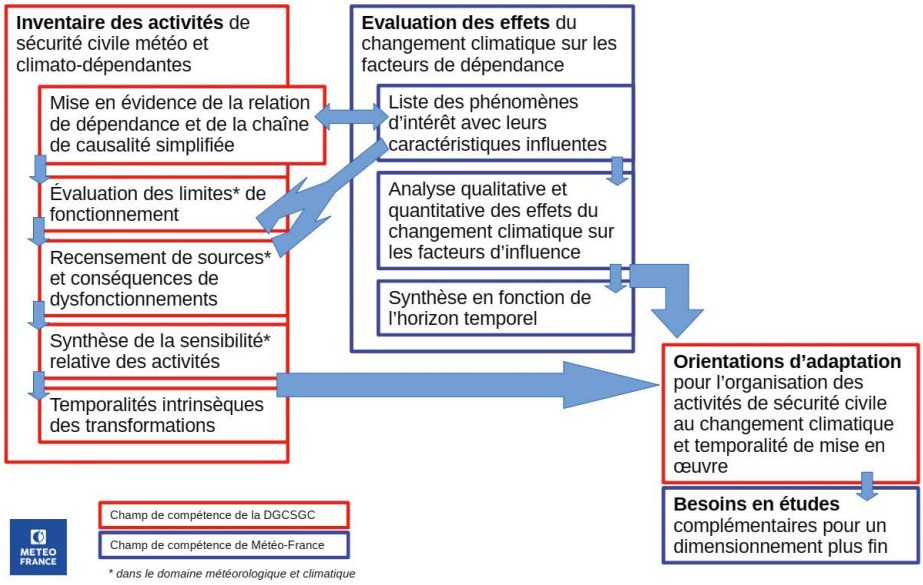


Figure 3 – Représentation schématique de la logique de traitement.

Source : Météo-France.

Lorsque la DGSCGC a sollicité Météo-France en 2020, de nombreux outils existaient en matière d'appropriation des projections climatiques à l'échelle du territoire national grâce notamment aux réalisations du PNACC (DRIAS « Les futurs du climat », Climat ^{HD}, Extremoscope, Centre de ressources sur l'adaptation au changement climatique…). Cependant ces outils, même à haute résolution (ex. régionalisation des projections à une maille de 8 km x 8 km pour la métropole), ne sont pas directement assimilables sans accompagnement professionnel pour une approche métier telle que souhaitée. Pour exploiter la pleine richesse de ces éléments (analyses et projections) dans une démarche d'adaptation au changement climatique, la première étape consiste à se donner un horizon de temps pour déterminer des jalons à atteindre. En effet, tant que la période transitoire vers un climat stabilisé à un niveau de réchauffement donné est appelée à durer plusieurs décennies, même après la stabilisation de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (*cf.* rapport du groupe de travail I du GIEC dans le cadre du 6^{e} rapport d'évaluation), il n'est pas possible de cibler une période avec un climat stationnaire.

Au fil des échanges et des travaux, les membres des groupes de travail et le comité de pilotage sont parvenus collectivement à trois constats structurants :

- certaines activités de sécurité civile ne sont plus complètement adaptées à la variabilité du climat actuel ;
- les situations des années 2010-2020 sont déjà représentatives du climat des années 2030 simulées par les projections climatiques ;

- l'adaptation par itérations successives basée exclusivement sur les retours d'expérience, utile et pertinente en première approche, ne peut qu'être en retard par rapport aux effets des événements futurs à évolution rapide dont certains peuvent étendre significativement le champ des possibles (à l'image de la canicule de 2003 en Europe de l'Ouest).

En partant de ces trois constats, c'est un véritable changement de posture qui est demandé aux membres des groupes de travail puisqu'il s'agit désormais non seulement de se préparer à gérer les situations d'urgence du futur en améliorant la gestion d'aujourd'hui, mais il s'agit aussi de se préparer à gérer l'inévitable dont une part est prévisible et même à se préparer à gérer des situations jusque-là non documentées voire inconnues à certains endroits du territoire.

Les projections climatiques, bien que caractérisées par un certain niveau d'incertitude, permettent d'orienter la démarche d'anticipation et d'adaptation progressive de la sécurité civile. L'adaptation de la réponse face aux évolutions des risques sanitaires issus de l'évolution des températures et face à l'extension des feux de végétation sur le territoire national permet d'illustrer le caractère stratégique de cette démarche.

- *Les impacts du changement climatique sur la réponse de sécurité civile : l'exemple des risques sanitaires*

La dimension sanitaire des effets du changement climatique est essentielle à prendre en compte car elle impacte la société dans son ensemble sur des temps longs et des espaces vastes, ce qui implique que les personnels participant à la réponse de sécurité civile sont eux-mêmes potentiellement vulnérables face à cette évolution des risques de santé publique.

Au sein de ce groupe de travail, nous avons concentré nos réflexions sur la dimension systémique de ces risques et l'impact potentiellement global sur la société qui les caractérise. Lors d'une crise d'ordre sanitaire, l'action des services du ministère de l'intérieur a généralement pour objectif de soutenir et d'apporter un appui aux services du ministère de la santé et des solidarités chargé de coordonner la gestion d'un tel événement. Ces risques impliquent par ailleurs une gestion dans la durée. L'objectif est donc de déterminer, à horizon 2050, dans quelle mesure l'impact de ces risques pourrait évoluer de manière à nécessiter une action plus soutenue des acteurs de la réponse de sécurité civile. Le deuxième axe consiste à identifier dans quelle mesure ces risques pourraient impacter la réponse de sécurité civile.

Afin de poser un état des lieux de l'évolution des risques de canicule, de vague de froid et d'épidémies, le groupe de travail s'est enrichi des travaux des experts issus de Météo-France, de l'université de Perpignan, de l'Institut Pasteur et de Sorbonne Université.

Les vagues de chaleur en métropole en climat futur

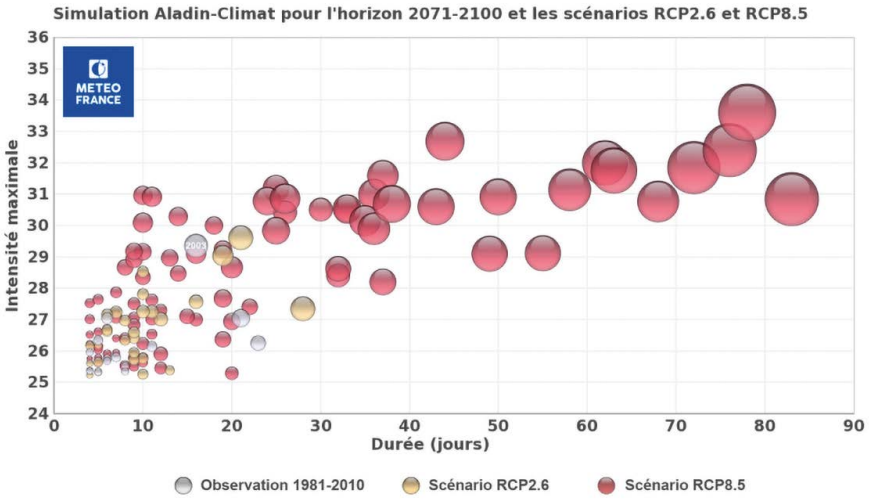


Figure 4 – Évolution des vagues de chaleur en climat futur.

Source : Météo-France.

Les rapports du GIEC démontrent avec certitude les liens entre émissions de gaz à effet de serre (GES), augmentation des températures et changement climatique. Selon les différents scénarios, les concentrations de GES pourraient être plus ou moins élevées dans l'atmosphère et entraîner des évolutions variables du climat. Cependant, une tendance certaine à l'élévation des températures sur le territoire métropolitain se dessine. Cette dynamique s'accompagne d'une aggravation du risque de canicules avec des vagues de chaleur dont le nombre pourrait doubler à horizon 2050 par rapport à la période 1981-2010. Ponctuellement, des vagues de chaleur se prolongeant presque un mois durant pourraient devenir possibles. Certains épisodes pourraient occasionner des pics de chaleur un peu plus élevés que ceux observés dans le climat récent. Dans cette temporalité, les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5 font état d'évolutions assez semblables. Concernant le risque grand froid, la France métropolitaine devrait connaître des hivers plus doux avec une raréfaction des vagues de froid.

Les changements des températures tels que présentés ci-dessus affectent le risque épidémique. En plus d'une augmentation des températures moyennes, c'est surtout la hausse des températures minimales qui est majorante. Les changements d'humidité concernant le climat sont mineurs. À l'échelle nationale, les hivers devraient être plus humides et les étés plus secs. Des épisodes de stagnations pourraient ainsi être plus fréquents, ce qui implique notamment l'apparition de lieux de nidation d'espèces vivant en milieux humides, tels les moustiques. En l'état, il est difficile d'évaluer l'impact du changement climatique sur le plan des risques épidémiques à l'aune de la modification des précipitations.

Les conclusions concernant cette partie sont de trois ordres. Dans un premier temps, en matière de ressources humaines et d'engagement des effectifs sous de fortes chaleurs, dans un deuxième temps en matière de stratégie afin d'identifier à quel niveau la sécurité civile doit s'impliquer dans la gestion de ces événements et enfin en matière de matériel afin d'adapter les tenues et les équipements aux fortes chaleurs.

Notre étude a cerné trois domaines pouvant concerner la sécurité civile en matière de ressources humaines et d'engagement des effectifs sous de fortes chaleurs :

- les maladies vectorielles : sont concernées ici toutes les maladies dont la transmission à l'homme est réalisée par un hôte intermédiaire. Les retours d'expérience de la gestion de ce type de maladie dans les territoires d'outre-mer ont alimenté les travaux concernant la métropole ;
- les maladies courantes : nous incluons dans cette catégorie des maladies aujourd'hui courantes en France, tel que le SRAS, la grippe (notamment aviaire), la gastro-entérite. Leur gravité est moindre, toutefois leur infectiosité reste importante avec un phénomène de saturation du système de santé en cas de développement majeur ;
- les maladies potentiellement résurgentes de type variole ou maladie du charbon/anthrax. Les symptômes sont aigus et particulièrement virulents. Il est donc impossible de mettre les patients dans le système de santé classique compte tenu de la létalité des pathologies. Elles nécessitent la création d'hôpitaux de campagne avec décontamination à chaque entrée et sortie. La mise en place d'une réponse s'accompagne donc du déploiement de matériel antinucléaire, radiologique, biologique ou chimique (NRBC). L'expérience française s'est développée lors de la crise Ebola au Congo, Guinée équatoriale, Sénégal, Côte d'Ivoire.



Figure 5 – Campagne de vaccination.

Source : ministère de l'intérieur.



Figure 6 – Intervention risque épidémique.

© Anthony Bouges, SDIS 57.

Les axes d'adaptation envisagés face à ces évolutions des risques épidémiques sur le territoire national sont de deux ordres et rejoignent les conclusions issues de la réflexion autour des vagues de chaleur et tout autre risque d'ordre sanitaire qui pourrait être aggravé ou dont la fréquence pourrait augmenter (pollution de l'air, pénurie d'eau…).

Dans un premier temps, ces risques de santé publique vont nécessiter d'adapter la doctrine et la stratégie de la sécurité civile qui va devoir déterminer quel sera le niveau d'implication de ses forces dans le cadre de la réponse interministérielle. L'organisation face à de tels épisodes sera nécessairement interministérielle et il est important de déterminer en amont quel est le niveau d'action des services de secours dans le cadre de réponse de l'État. Pour l'instant, leur action reste à la marge mais les projections laissent penser que, au-delà de l'arbitrage politique qui doit déterminer du niveau d'engagement sur ces nouvelles missions de sécurité civile, la tension capacitaire pour les services de secours et la contrainte individuelle qu'ils engendreraient sur des périodes plus longues semblent inéluctables.

Dans un deuxième temps et dans ce contexte, la réponse de sécurité civile doit anticiper la question de l'impact du risque sur ses moyens humains et matériels. Nous menons un travail important en matière de prospective concernant les innovations et de nouvelles technologies. L'objectif est de déterminer comment un matériel et des tenues adaptées à de fortes températures pourraient améliorer la réponse en parallèle d'évolutions de doctrine ou opérationnelles.

Encadré rédigé par le lieutenant-colonel Vincent Franco, le capitaine Olivier Javelle, le lieutenant-colonel Véronique Vienet docteure vétérinaire, le colonel Josse (SDIS 06), membres du groupe de travail étudiant l'impact de l'évolution des températures sur la réponse de sécurité civile face aux risques épidémiques.

L'augmentation prévue des températures au cours des prochaines années, conjuguée à la mondialisation des échanges, conduit les services d'incendie et de secours à anticiper l'évolution des risques afin de prévoir une réponse adaptée à différents contextes. Ainsi, des épidémies qui actuellement ne sévissent que dans quelques régions du monde, incluant parfois nos départements d'outre-mer, pourraient survenir dans certains territoires métropolitains. C'est le cas notamment de maladies vectorielles transmises par certaines espèces de moustiques (ex. : dengue, chikungunya, Zika) qui s'implantent et se développent plus facilement en climat chaud et humide. À titre d'exemple, du 1er mai 2021 au 17 septembre 2021, ont été confirmés en France métropolitaine 144 cas importés de dengue dont 104 en provenance de La Réunion, deux cas importés de chikungunya et un cas autochtone de dengue identifié dans le département du Var le 26 juillet 2021 selon les données de Santé publique France. Par ailleurs,

une augmentation globale des températures pourrait conduire à des déplacements importants de populations provenant de zones géographiques devenues inhabitables et dans lesquelles des épidémies sévissent (ex. : Ebola, peste…). L'introduction et l'adaptation rendues possibles par la hausse des températures en Europe de certaines espèces animales dites « exotiques » peuvent aussi être à l'origine de zoonoses jusqu'alors « tropicales » et générer une épidémie humaine sur une population « naïve », à l'instar de la Covid-19.

Face à ces risques épidémiques accentués ou nouveaux, la démarche engagée par la Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises a permis d'identifier des pistes d'adaptation stratégiques que les territoires devront s'approprier pour anticiper plusieurs actions pouvant être conduites à l'échelon départemental, notamment :

- effectuer une veille sanitaire par des experts référents de services d'incendie et de secours (SIS), incluant notamment des vétérinaires, chargés de développer les réseaux collaboratifs locaux avec les institutions gérant ces risques, notamment les Agences régionales de santé (ARS) et les Directions départementales de la protection des populations (DDPP). Cette veille comprend en particulier la connaissance du risque zoonotique, des prophylaxies et traitements existants pour chaque maladie, et des filières d'approvisionnement en vue d'une utilisation locale ;
- être en capacité d'intervenir en tant que force concourante dans un plan local de gestion d'épidémie. Cela comprend notamment le choix, l'acquisition et le stockage d'équipements de protection adaptés aux risques et aux missions à effectuer et de produits spécifiques de désinfection et de lutte antivecteurs (à titre d'exemple, moustiquaires et antimoustiques) ;
- contribuer à la détection de malades « cas suspects » et à l'alerte des autorités sanitaires dans le cadre d'une intervention SUAP (homme) ou DIVERS (animaux) afin d'enrayer au plus tôt le développement d'une épidémie ;
- éduquer les personnels des Services départementaux d'incendie et de secours (SDIS) et contribuer à l'éducation des citoyens en relation avec les autorités locales ;
- évaluer les risques sanitaires pour les sapeurs-pompiers (SP) lors d'interventions courantes ou de catastrophe et envisager une adaptation des plans de continuité d'activité et la conduite de certaines missions en situation dégradée. À titre d'exemple, certains SIS pourraient s'appuyer sur leur retour d'expérience de gestion de catastrophes (ex. : inondations, incendies de forêt…) en période d'épidémie de Covid-19.

Initiée par la DGSCGC et en partenariat avec une grande diversité d'acteurs impliqués sur ces sujets, cette action a pour intérêt d'initier un travail d'anticipation dont l'enjeu est stratégique face aux perspectives d'évolution des risques à horizon 2050.

La problématique des maladies vectorielles face auxquelles les territoires d'outre-mer sont très vulnérables sont déjà d'actualité mais les conditions climatiques pourraient évoluer de manière à mettre en tension le modèle de réponse actuel sur ces territoires. Des études spécifiques sont dédiées aux impacts des évolutions du climat sur les maladies vectorielles dans ces départements ultramarins.

- *Adapter la réponse de sécurité civile à l'évolution des risques à horizon 2050 : l'exemple des feux de végétation*

Concernant les conséquences sur le modèle de réponse, l'augmentation des températures et en particulier les hivers moins froids pourraient avoir un impact significatif sur les ressources utiles à la gestion des risques de feux de végétation. Les zones d'écopages pourraient se raréfier de même que certaines essences arboricoles jusqu'ici pyrorésistantes qui pourraient être fragilisées par la persistance des pathogènes, réduisant ainsi leur capacité à jouer le rôle de zone tampon.

Outre l'impact sur le modèle actuel de réponse, le dérèglement climatique se traduit par une extension du risque d'incendie de végétation à l'ensemble du territoire national. Cependant, la cinétique de ces feux ne sera pas homogène dans l'ensemble du pays. C'est pourquoi, avec l'aide des experts de Météo-France, de l'ONF et du ministère de l'agriculture et de l'alimentation qui ont été associés au projet, nous avons divisé le territoire métropolitain en six régions similaires (carte des GRECO ci-dessous) en termes de peuplement, de climat, de sensibilité au feu, de vulnérabilité (attaques parasitaires, extension/régression des monocultures…) afin d'appréhender les différentes dynamiques d'évolution du risque au niveau national.

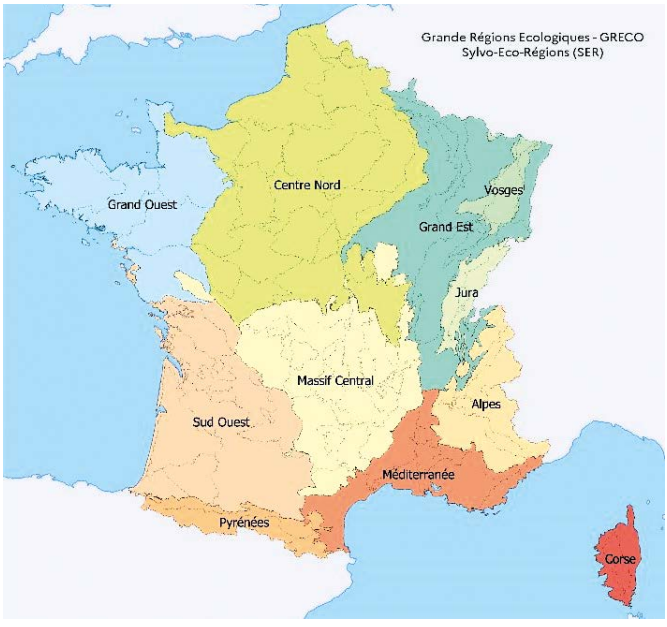


Figure 7 – Les Grandes Régions ECOlogiques (GRECO).

Source : IGN.

Si l'ensemble du territoire sera concerné, il est également nécessaire de prendre en compte la poursuite d'une saisonnalité forte avec deux périodes d'étude : une allant du 1er novembre au 30 avril et l'autre du 1er mai au 30 octobre avec un pic en été (graphique ci-dessous).

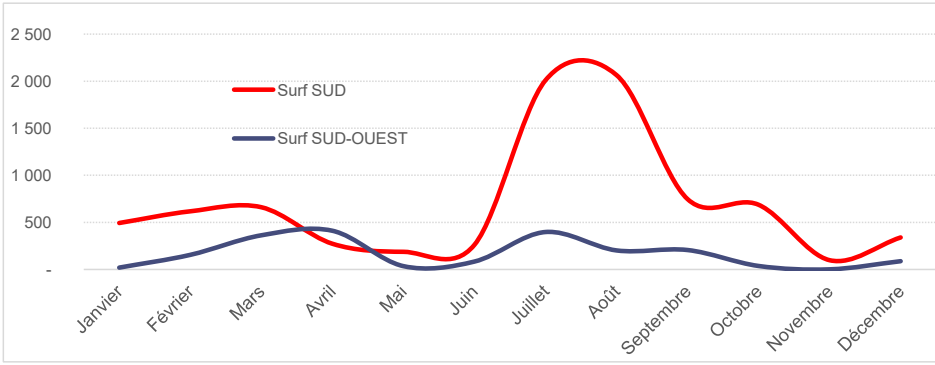


Figure 8 – Les superficies brûlées en moyennes mensuelles dans les zones Sud et Sud-Ouest.

Source : Base de données sur les incendies de forêt en France (BDIFF).

Cette approche a permis de proposer un cadre de travail aux représentants du monde de la sécurité civile qui participent aux travaux afin qu'ils puissent fonder leurs propositions d'adaptation sur des bases scientifiques solides.

L'analyse par grandes régions écologiques a conclu à une extension probable du risque de feu de végétation à de nouveaux territoires, ce qui implique une adaptation de la doctrine de détection et d'attaque précoce. Cette doctrine, qui guide l'action de la sécurité civile et des SIS depuis une trentaine d'années, a permis une baisse très significative des superficies brûlées, notamment dans les départements méditerranéens. Si son extension à l'ensemble du territoire est opportune, elle sera vraisemblablement contrainte par les moyens nécessaires à sa mise en œuvre si le modèle adopté est identique à celui déployé dans les départements méditerranéens. Bien qu'il ne faille pas remettre fondamentalement en question cette doctrine, il est essentiel de l'adapter aux nouveaux territoires qu'elle pourrait concerner et de prendre en compte le fait que le modèle d'action développé dans le Sud n'est pas indéfiniment transposable.



Figure 9 – Drone de détection.

© Sapeurs-pompiers de l'Oise, Aurélien Dheilly.

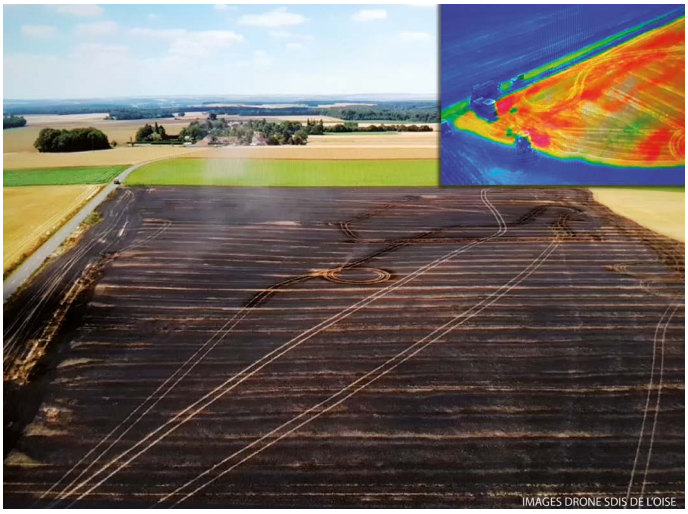


Figure 10 – Images par drone.

Source : SIDS de l'Oise.

En matière de stratégie, l'objectif est de maintenir un niveau d'anticipation afin de rester en adéquation avec la doctrine de détection précoce. Aujourd'hui, l'évaluation du risque d'incendie est principalement basée sur les indicateurs météorologiques de danger développés avec Météo-France. En s'étendant à l'ensemble de la métropole, le risque concernera des espaces aux caractéristiques plus hétérogènes. Afin de maintenir le niveau d'expertise dans la désignation des zones à risque et leur suivi, de nouveaux indicateurs sont à l'étude en matière de suivi de l'état de la végétation mais aussi d'anticipation des renforcements qui pourraient être nécessaires dans certains départements en fonction du niveau de sollicitation des services.

Les outils et moyens de détection précoce doivent s'étendre à l'ensemble des zones à risques ou qui pourraient le devenir. Dans ce cadre, il sera essentiel de veiller à la complémentarité de ces moyens en intégrant des réseaux de surveillance fixes, des dispositifs plus mobiles et la mobilisation des citoyens qu'il est essentiel de coordonner.

La détection précoce étant étroitement liée aux avancées technologiques de tous ordres, des travaux importants sont menés sur l'innovation technologique au service de la lutte contre les feux. De la même manière, l'optimisation de l'engagement nocturne passe par une adaptation des matériels terrestres et aériens.



Figure 11 – Engagement de moyens aériens.

Source : ministère de l'intérieur/DGSCGC.



Figure 12 – Engagement de moyens terrestres.

Source : ministère de l'intérieur/DGSCGC.

Les flottes aériennes doivent être diversifiées afin de pouvoir s'adapter aux bassins de risques. Le maillage territorial de moyens aériens et terrestres dédiés à la lutte devra être renforcé et étendu en dehors de la seule période estivale et sur l'ensemble du territoire. Bien qu'il faille adapter les réponses aux territoires concernés, les approches doivent conserver un certain niveau d'homogénéité à l'échelle nationale afin de garantir la possibilité d'un renforcement mutuel. En parallèle, il semble incontournable d'élargir le champ des acteurs impliqués pour pouvoir s'appuyer sur des moyens locaux. L'engagement de nuit devra être développé afin de pouvoir s'appuyer sur cette période qui pourrait, dans le contexte du dérèglement climatique, devenir la période la moins défavorable à la lutte (températures plus clémentes).

Enfin, la conduite des opérations et les moyens dédiés doivent évoluer au regard des conséquences envisageables du dérèglement climatique. Selon les projections climatiques, le contexte pourrait être favorable à un nombre croissant de départs de feux simultanés. Ce constat invite à une densification de la réponse opérationnelle en s'appuyant sur l'ensemble de échelons de responsabilité ou de services, y compris infradépartementaux. Bien qu'adaptés aux territoires, les moyens doivent pouvoir s'inscrire dans un processus de solidarité nationale. Afin de garantir cette double approche, les pactes capacitaires pourront constituer une piste pertinente. Dans ce contexte d'extension de la problématique majorée par la probable augmentation des feux complexes, les actions de luttes entreprises seront soumises à une balance bénéfice risque moins favorable. Ainsi, des arbitrages devront être effectués pour prioriser les parcelles devant faire l'objet d'une intervention de sauvegarde d'enjeux.

Les équipements dédiés à la lutte (protection individuelle, collective ou engins) devront s'adapter au contexte d'intervention de plus en plus défavorable. Par ailleurs, la ressource humaine devra être plus conséquente et mieux protégée au regard de l'épuisement généré à l'occasion d'épisodes caniculaires vraisemblablement plus fréquents. Le matériel devra également être adapté à ce nouvel environnement (terrestre et aérien) et ces nouveaux modes d'action. Faute de conditions de sécurité acceptables, les machines autonomes ou télépilotées pourront utilement se substituer à l'action humaine pour la lutte et/ou l'appui à la lutte terrestre comme aérien.

Encadré rédigé par Monsieur le contrôleur général François Pradon, chef d'état-major interministériel de zone Sud, et copilote du groupe de travail étudiant l'impact du changement climatique sur la réponse de sécurité civile face aux feux de végétation.

Depuis toujours, le territoire méditerranéen est sujet aux feux de forêts, contraignant la nature à s'adapter pour résister aux incendies. Or, depuis les années 1980, la recrudescence des feux catastrophe et la reconduction fréquente des incendies a causé un appauvrissement important du couvert végétal. C'est devant ce constat que s'est construite en 1994 la stratégie nationale de lutte contre les feux de forêt avec les résultats qu'on lui connaît : la réduction de 75% des superficies brûlées.

C'est désormais dans le contexte du changement climatique, et à une échelle nationale, que la problématique des feux de végétation doit être envisagée. L'aggravation et l'augmentation des phénomènes extrêmes comme conséquences du dérèglement climatique ne font plus débat et augmentent la vulnérabilité des espaces naturels ou cultivés, exposant un nombre croissant d'enjeux humains et environnementaux.

Consciente de l'importance des enjeux à venir, la DGSCGC a engagé en 2021 d'importants travaux de réflexion visant à adapter la réponse de la sécurité civile aux conséquences du dérèglement climatique. Concernant les feux de végétation, ils ont d'ores et déjà permis de tracer les évolutions à mener dans notre doctrine, nos stratégies mais également d'envisager les évolutions matérielles à conduire afin de rendre notre dispositif plus efficient, plus résilient.

Même si les premiers résultats permettent d'entrevoir de judicieuses perspectives d'améliorations et d'optimisations pour relever les défis à venir, l'approche prospective menée par la DGSCGC s'insère dans une démarche nationale d'adaptation au changement climatique, globale et coordonnée, notamment par l'ONERC, en lien avec les ministères en charge de l'agriculture et de la transition écologique. Ces travaux trouveront utilement leur place dans le nécessaire approche interministérielle visant à réduire les conséquences du dérèglement climatique non seulement pour les feux de végétation mais également pour tout le spectre des risques naturels.

Ces travaux sont le début d'une démarche mobilisant de manière exceptionnelle l'ensemble des partenaires de la chaîne de protection des populations et qui pourrait se poursuivre avec le suivi de l'évolution des phénomènes et de la mise en œuvre des mesures d'adaptation. Ce projet peut aussi initier des études plus poussées sur certaines thématiques comme le « post-crise » qui pourrait devenir de plus en plus important dans le processus de gestion de crise sous l'effet de la multiplication des événements.

La mise en œuvre par la région Nouvelle-Aquitaine d'une démarche prospective sur les impacts du changement climatique et les pistes d'adaptation

Daniel Compagnon,
Science Po Bordeaux, AcclimaTerra

Yohana Cabaret,
AcclimaTerra

La région Nouvelle-Aquitaine est devenue, après la réorganisation territoriale de 2015, la plus grande région du pays avec plus de 84 000 km^2. Elle abrite près de 6 millions d'habitants, possède 720 km de côtes. Elle est la première région française en termes d'agriculture et de production de bois ainsi qu'en matière de solaire photovoltaïque. Les conséquences socio-économiques des impacts du changement climatique risquent d'y être considérables s'ils ne sont pas anticipés.

• *Une initiative originale et pionnière*

En 2011, le président de la région Aquitaine a demandé à Hervé Le Treut de créer un comité scientifique régional sur le changement climatique (AcclimaTerra), afin de produire un document robuste sur le plan scientifique, mais dans un langage abordable par le plus grand nombre. Le premier rapport fut publié en 2013, sous le titre *Les impacts du changement climatique en Aquitaine. Prévoir pour agir.*

Au cœur de la démarche engagée par la région sur la question climatique, qui mobilise un grand nombre d'acteurs, politiques, publics, scientifiques et socio-économiques, ce dernier mobilise l'expertise scientifique à l'échelle régionale, pour la mettre à la disposition des décideurs politiques, des parties prenantes et des citoyens, afin de favoriser l'évolution des politiques publiques et pratiques sociales dans le sens de l'atténuation du changement climatique et de l'adaptation de la société à ses effets.

La région manquait jusqu'alors de données portant sur le périmètre régional ; la production scientifique était parcellaire et éparpillée ; le système scientifique n'était pas intégré, même les ressources disponibles dans la communauté potentiellement intéressée par le sujet n'étaient pas recensées. Dans certains domaines, la politique de soutien à la recherche scientifique menée depuis plusieurs années par la région avait permis cependant d'identifier des bribes de réseaux.

Devant le constat que l'adaptation au changement climatique touche à tous les domaines de notre vie, plusieurs grands principes ont présidé au lancement et à l'animation de ce travail de compilation et de rédaction :

a) L'approche collective et pluridisciplinaire, car Hervé Le Treut a pu s'appuyer sur un noyau dur de scientifiques issus de disciplines diverses et complémentaires, constituant le Comité scientifique régional sur le changement climatique

proprement dit, avec la volonté de mêler sciences dures et sciences sociales. Ce comité, guidé par un bureau qui pilotait la rédaction, a ensuite fédéré une communauté plus large de contributeurs. Ayant commencé à une dizaine de personnes, le Comité a mobilisé plus de 170 scientifiques aquitains, issus d'une cinquantaine d'établissement différents.

b) Un découpage en grands chapitres thématiques afin d'embrasser le spectre le plus large possible des impacts du changement climatique sur les milieux et les activités en y insérant des sujets transverses historiques, climatiques, sociologiques. Le bureau a joué un grand rôle en veillant à la cohérence, en s'assurant que la littérature scientifique était bien le substrat de la rédaction, et en mobilisant des responsables de chapitres et sections de chapitres.

c) Le principe du bénévolat pour préserver l'indépendance des membres du Comité comme des contributeurs constitués de scientifiques issus de l'université et des grands organismes de recherche publique.

Le travail du Comité scientifique s'est inspiré du fonctionnement du GIEC, notamment la pluridisciplinarité, le recours aux publications scientifiques robustes (revues à comité de lecture), les relectures croisées par des pairs, tout en s'ouvrant aux publications grises de qualité de *think tank*s, d'agences publiques (ADEME, Météo-France) et même d'ONG d'éducation à l'environnement. De même, le Comité a été ouvert vis-à-vis de la science participative, comme le fera par exemple l'IPBES à la fin des années 2010.

Bien que le Comité scientifique soit une création de la région, le conseil régional a toujours respecté l'indépendance en matière de contenu scientifique du Comité et cela dans les deux rapports publiés.

- *Une démarche itérative au service de la nouvelle région*

En réponse à la fusion des trois régions Aquitaine, Limousin, Poitou-Charentes en 2015, le conseil régional de Nouvelle-Aquitaine a mandaté le Comité régional pour produire un nouveau rapport réactualisant celui de 2013. Le Comité scientifique s'est élargi en termes géographiques en impliquant des chercheurs de Poitiers et Limoges et sur le plan des disciplines représentées, renforçant notamment le poids des sciences sociales ; il a également pris le nom d'AcclimaTerra.

De 2015 à 2018, plus de 240 chercheurs seniors et contributeurs se sont mobilisés pour produire un autre rapport susceptible d'harmoniser les connaissances en matière d'information sur le changement climatique pour l'ensemble de la région. Le rapport *Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine. Pour agir dans les territoires*, substantiellement élargi en termes de thématiques et territoires couverts, a été publié en juin 2018. S'il restait largement focalisé sur les impacts et l'adaptation, ce travail prenait en compte, davantage que le premier rapport, le rôle des territoires et secteurs économiques dans les émissions et les problématiques d'atténuation (ville, agriculture, énergie).

Depuis 2020, AcclimaTerra, pérennisé sous forme d'association loi 1901 mais toujours soutenu par la région, a mis en chantier des cahiers thématiques sur des enjeux plus spécifiques comme « les plans d'eau » et « le numérique et l'environnement », publiés en décembre 2021. D'autres sont prévus pour 2022 sur la « biodiversité et le climat » ou encore les « énergies renouvelables et l'hydrogène dans la transition ». Ces cahiers doivent permettre de compléter et mettre à jour, de façon souple, le rapport 2018. Ils s'efforcent de traiter des thèmes émergents et de répondre aux questionnements des acteurs du territoire.

- *Soutenir les projets territoriaux dans tous les domaines*

Dordogne 2050 est une démarche prospective initiée par l'Établissement public territorial du bassin de la Dordogne (EPIDOR), à l'échelle du bassin versant de la Dordogne. L'objectif est moins de décrire des tendances climatiques – largement connues désormais – que de rechercher dès à présent des solutions d'adaptation.

Dans cette perspective, depuis 2017, une équipe pluridisciplinaire composée de praticiens et d'universitaires a tour à tour réalisé un atlas des enjeux à travers le prisme du rapport eau-territoire, puis animé une dizaine d'ateliers destinés à identifier des projets locaux susceptibles de répondre aux enjeux. La troisième séquence, toujours en cours, consiste précisément à favoriser l'émergence et la mise en œuvre d'une dizaine de projets « démonstrateurs », c'est-à-dire faisant la preuve des changements de pratiques et de stratégies.

L'exercice Dordogne 2050 veut donner à voir un ensemble de solutions variées, complémentaires, qui, conjuguées les unes aux autres, esquissent un projet de territoire à l'échelle du bassin versant de la Dordogne cohérent et capable d'influencer les autres politiques sectorielles ou territoriales.

« C'est un long et patient travail collectif d'adaptation au changement climatique et aux mutations de la société » Dordogne 2050[1] – Des projets démonstrateurs à la préfiguration du plan-guide.

Le projet Adaptations des pratiques culturales au changement climatique (AP3C), né en 2015 et porté par le Service interdépartemental pour l'animation du Massif central (SIDAM), travaille avec trois départements en Nouvelle-Aquitaine (la Corrèze, la Creuse et la Haute-Vienne) sur trois approches complémentaires : climatique, agronomique et systémique. Avec l'appui d'un climatologue, AP3C a développé une méthode climatique originale permettant aux acteurs du Massif central de disposer de projections fines et précises des indicateurs climatiques et agroclimatiques à l'échéance 2050. Dans le cadre du volet agronomique des indicateurs agroclimatiques (IAC) ont été produits en s'appuyant notamment sur des conseillers référents des chambres d'agriculture partenaires. À partir de quatre paramètres climatiques : température minimale, température maximale, pluviométrie (RR) et évapotranspiration (ETP), 30 indicateurs agroclimatiques ont été choisis

1. https://www.dordogne2050.fr

pour mieux comprendre l'évolution du climat à l'échelle du territoire et retranscrire ces évolutions en impacts sur l'agriculture afin d'accompagner les agriculteurs du territoire vers une modification de leurs pratiques pour s'adapter au mieux au changement climatique. Depuis 2021, 55 nouveaux indicateurs, dits Agro-Pédo-Climatiques, ont été développés, prenant cette fois en compte la diversité des types de sols présents sur le territoire (45 mm, 75 mm et 120 mm). Finalement, l'objectif de l'approche système, qui a été approfondie en 2021, est de scénariser l'évolution d'un certain nombre de cas types à l'horizon 2050, s'appuyant sur l'expérience « terrain » des agriculteurs et sur les « dire d'experts ».

En 2020, AcclimaTerra, en collaboration avec Sorbonne Université et EIT Climate KIC, a organisé plusieurs rencontres (voir Encadré 1 : EIT Climate KIC, à la fin de cet article) afin de mobiliser différents porteurs de projets portant soit sur l'atténuation, soit sur l'adaptation au changement climatique en Nouvelle-Aquitaine. Ce travail a débouché sur un portefeuille de projets dans le cadre du programme *Deep Demonstration*.

L'un des projets, NEPTUNE, est piloté par l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) d'Anglet et vise à soutenir l'adaptation du secteur de la pêche maritime, secteur économique d'importance pour la région Nouvelle-Aquitaine – 484 millions d'euros par an pour la pêche et la conchyliculture –, à l'évolution des stocks de poisson dans les zones de pêche. À Bayonne, la flotte est constituée pour 56 % de navires de moins de 12 m et l'activité est très dépendante d'un faible nombre d'espèces. Le projet proposé vise à évaluer la vulnérabilité spécifique des entreprises de pêche et à scénariser les risques pour ces entreprises. Puis il est envisagé de construire avec les professionnels un outil d'aide à la décision basé sur un panel d'indicateurs scientifiques robustes, de valoriser les liens entre l'activité de pêche et le territoire notamment par des croisements avec d'autres problématiques comme le tourisme et les circuits courts et enfin de développer une approche par compétence auprès des pêcheurs.

L'action du GIP Littoral vise notamment à étudier les évolutions du littoral néo-aquitain pour faire face aux évolutions sociales, environnementales et climatiques. Voir l'Encadré 2 à la fin de cet article.

- *Une dynamique scientifique nouvelle*

Le travail collectif déclenché en 2011 et qui a mené au rapport publié en 2013 a non seulement mis en évidence la transversalité de la question climatique à l'échelle d'un territoire, l'interdépendance entre les secteurs et sujets, la complexité des processus à l'œuvre, mais il a aussi souligné les pans béants de savoirs non constitués, de sujets orphelins, de domaines où la recherche était insuffisante ou absente (par exemple les villes moyennes, certaines filières agricoles ou encore le transport en zone rurale, la captation carbone par les différents types de sols, etc.). Cela a alimenté les choix effectués pour le rapport suivant (2018), mais aussi, plus largement, a inspiré la communauté scientifique régionale quant aux recherches à entreprendre ou approfondir. C'est pourquoi se sont

constitués depuis 2018 des réseaux régionaux de recherche spécialisés s'inscrivant dans le Schéma régional de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation (SRESRI) lancé par la région Nouvelle-Aquitaine en octobre 2018.

Ces réseaux ont vocation à structurer la recherche dans leur domaine à l'échelle de la région, d'accompagner les projets scientifiques nouveaux résultant de cette mise en réseau, de favoriser les relations science/société notamment en mobilisant les acteurs socio-économiques au côté des scientifiques et en encourageant la recherche appliquée et les projets de recherche-action, de favoriser le développement de la formation universitaire, y compris la formation continue, sur les sujets dont le réseau est porteur.

- *L'appropriation par différents publics des territoires pour informer l'action publique*

L'accès gratuit aux rapports[2] est complété par plusieurs actions sur le terrain. Il y eut d'abord une première tournée régionale dans 12 villes de la région, en association avec le dispositif « train du climat », qui a mobilisé un grand nombre de chercheurs pour plusieurs conférences et événements dans chaque ville, en lien avec l'exposition présentée à l'intérieur du train. Cette animation multisite s'étalant sur deux mois a permis d'interagir avec de nombreux acteurs locaux (environ 7 000 personnes), sur les problématiques et enjeux liés au changement climatique à l'échelle du territoire.



Figure 1 – Train du climat à la gare de Bordeaux, décembre 2017.

Source : Yohana Cabaret, AcclimaTerra.

2. www.acclimaterra.fr

Cette tentative de mise en débat avec et dans les territoires s'est poursuivie avec un appel à manifestation d'intérêt (AMI) lancé par AcclimaTerra auprès des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) de la Nouvelle-Aquitaine, pour toucher des villes moyennes et petites, souvent situées dans des territoires plus ruraux. Les interventions ont pris la forme de conférences, réunions avec les élus ou techniciens ainsi que d'animations dans des établissements scolaires – contrariées un temps par la crise sanitaire mais qui ont repris en 2021. La plupart de ces interventions ont été programmées en lien avec le processus d'élaboration des Plans climat-air-énergie territoriaux (PCAET) par les EPCI ou d'autres instruments de planification comme les schémas de cohérence territoriale (SCoT). Un atelier spécifique sur les indicateurs de suivi des PCAET fut organisé, mettant en lien des collectivités, les syndicats départementaux d'énergie, l'Agence régionale sur l'énergie et le climat (AREC), la DREAL et l'ADEME.

Les rapports d'AcclimaTerra ont également alimenté les réflexions du Conseil permanent de la transition énergétique et du climat (voir l'Encadré 3 – COPTEC) créé en 2016. Il convient de noter que le COPTEC a joué un rôle important d'animation des territoires dans l'élaboration du SRADDET de Nouvelle-Aquitaine.

De la même façon, le conseil régional s'est appuyé sur le rapport AcclimaTerra de 2018 et sur les travaux du comité scientifique sur la biodiversité, Ecobiose, pour établir sa feuille de route de transition écologique appelée Néo Terra (voir l'Encadré 4 – Néo Terra) validée en 2019. Celle-ci définit un certain nombre d'objectifs environnementaux et socio-économiques, dont certains sont chiffrés, et les indicateurs précis pour y parvenir. Les initiatives des acteurs socio-économiques et associatifs régionaux peuvent également obtenir une labellisation « Néo Terra » s'ils s'inscrivent clairement dans le cadre ainsi défini. Pour autant, toutes les politiques du conseil régional ne correspondent pas totalement aux préconisations de Néo Terra ; c'est le cas en particulier des infrastructures. La prise en compte de la priorité du changement climatique dans les politiques publiques régionales suppose un changement de culture plutôt radical, qui prendra du temps. C'est pourquoi d'ailleurs AcclimaTerra a contribué à une formation destinée aux personnels de la région en mai 2021.

- *Une mobilisation régionale qui peut faire des émules et renforce la coopération inter-régions et transfrontalière*

D'autres groupements régionaux d'experts sur le climat (GREC – Groupement régional d'experts sur le climat) ont vu le jour, engagés dans une démarche comparable de synthèses des savoirs et de sensibilisation : GREC-Sud en Provence-Alpes-Côte d'Azur, Ouranos AuRA en Auvergne-Rhône-Alpes, et RECO en Occitanie, SynergÎle en Guadeloupe et d'autres qui ont émergé plus récemment comme ceux des Pays de la Loire, le groupe francilien, le GIEC Normandie (d'autres sont envisagés en Bretagne, Alsace, Corse et Hauts-de-France).

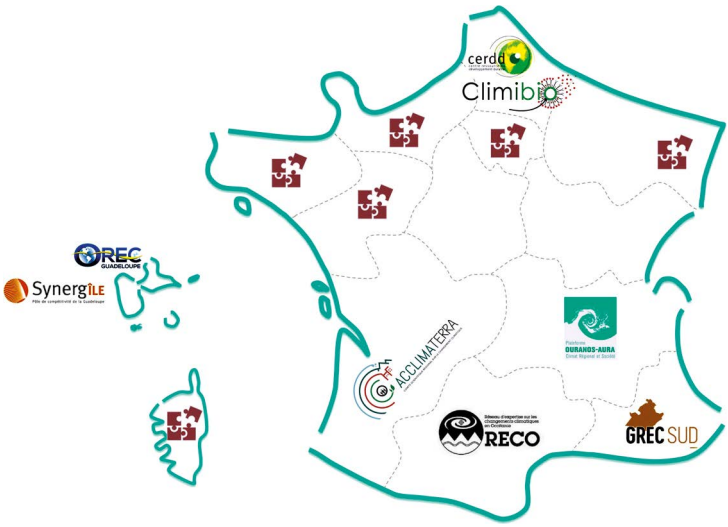


Figure 2 – Réseau Inter GREC.

Source : GREC Sud.

Enfin, on peut noter les travaux prospectifs transfrontaliers de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique (OPCC), qui, de manière croissante, prend en compte les implications socio-économiques du changement climatique ; par exemple les conséquences de la modification à venir de l'enneigement dans le massif pyrénéen. En 2021, ce comité a travaillé principalement à l'élaboration de la Stratégie pyrénéenne du changement climatique (EPiCC), adoptée en fin d'année.

- *Conclusion*

Malgré la mobilisation de la communauté scientifique à l'échelle régionale, aux côtés des différents partenaires évoqués dans cet article, la question du transfert de la connaissance en direction des décideurs politiques reste ouverte. L'appropriation par les élus et les organisations socio-économiques demeure partielle et la réorientation de l'action publique pour faire face à l'urgence climatique à l'échelle de la région comme des territoires subrégionaux ne s'inscrit que très lentement dans les faits.

- *Encadrés*

Encadré 1 – Programme *Deep Demonstration*.

Thanh-Tam-Lê,
Director impact and performance chez EIT Climate KIC[a]

Le programme *Deep Demonstration « Innover pour la résilience climatique en Nouvelle-Aquitaine »* a été lancé en 2019. Le format de ces programmes a été initié par EIT Climate-KIC dans l'idée de créer des « laboratoires de la transition » qui soutiennent les nécessaires mutations de notre société face au changement climatique. L'axe central en est le constat suivant : la juxtaposition de solutions innovantes élaborées au sein des silos sectoriels, disciplinaires, organisationnels existants sera généralement impuissante à opérer les transformations suffisantes pour répondre à l'accélération du changement climatique et de ses effets, dans les délais imposés par celle-ci.

Alors que la notion d'« innovation systémique » rencontrait, voilà deux ou trois ans encore, l'incompréhension ou le scepticisme, elle a récemment commencé à se répandre dans les discours mais en se réduisant encore trop souvent, dans les faits, au lancement simultané d'actions indépendantes dans de nombreux secteurs. L'analyse d'EIT Climate-KIC est que toute la chaîne d'innovation, depuis la formulation et la priorisation des enjeux jusqu'à la formulation de questions, l'exploration des approches pour y répondre, la sélection d'expérimentations, l'analyse de leurs progrès et de leurs échecs, doit être abordée en termes de systèmes, pas uniquement en termes de besoins particuliers et de groupes d'acteurs œuvrant chacun au sein de silos existants. De même, une chaîne d'innovation adaptée aux besoins spécifiques d'un territoire (à diverses échelles) ne doit plus reposer sur l'addition des leviers dont chaque groupe d'acteurs a le contrôle mais elle doit actionner, de manière intégrée, des combinaisons de ces leviers à travers plusieurs groupes d'acteurs, ce qui suppose que ces groupes d'acteurs partagent d'abord une compréhension commune des besoins de transformation systémique qui dépassent leurs moyens et leurs contraintes propres.

La méthodologie des programmes *Deep Demonstration* est participative et itérative. Dans une première phase, l'objectif est la coconstruction d'un cadre d'expérimentation avec les acteurs des territoires engagés. Cela

a. European Institute of Innovation and Technology (EIT) – Climate Knowledge and Innovation Community (KIC), https://www.climate-kic.org. L'institut regroupe des communautés d'acteurs et facilite l'accès aux financements.

nécessite d'analyser ensemble les besoins du territoire, les systèmes à transformer en priorité, les barrières et les leviers potentiels en termes d'innovation puis, sur la base d'une ambition commune de transformation, d'élaborer en concertation un cahier des charges cohérent, constitué des questions que posent ces besoins de transformation systémique, pour la sélection d'un « portefeuille » de projets d'expérimentation répondant à ces besoins. Dans une deuxième phase, il s'agira d'activer ce portefeuille d'expérimentations conduites par des acteurs locaux et européens, en lui permettant autant que possible de mûrir et d'évoluer dans une logique de portefeuille et pas seulement projet par projet, puis d'analyser les résultats des expérimentations, de générer une connaissance plus fine des moyens d'agir sur les systèmes considérés par l'innovation et d'accompagner la prise de décision au niveau du territoire.

Parmi les sujets communs à plusieurs régions européennes sur lesquels l'approche *Deep Demonstration* pouvait s'avérer fructueuse, la résilience à l'échelle régionale a semblé particulièrement intéressante. Quatre régions ont été sélectionnées pour ce programme dans un premier temps, d'autres ayant exprimé un intérêt par la suite : les Dolomites (territoire réparti entre plusieurs régions), l'Andalousie, la ville et région de Glasgow et la Nouvelle-Aquitaine. Ces quatre régions partagent une priorité forte donnée à l'adaptation et à la résilience au changement climatique, au niveau de la gouvernance politique mais aussi de communautés d'acteurs tant aux échelles régionales que plus locales. Naturellement, cette priorité repose sur des facteurs spécifiques à chaque région : la prise de conscience de l'urgence de ces sujets a par exemple été accélérée dans les Dolomites par les effets multiples d'une tornade dévastatrice en 2018 ; en Andalousie, la pression sur les ressources hydriques, la fertilité des sols, la chaleur urbaine et d'autres effets que redoute une grande partie de l'Europe pour les toutes prochaines décennies sont déjà une réalité bien présente ; dans la région de Glasgow, les menaces immédiates ne sont pas de la même nature mais les risques d'inondation et d'érosion côtière liés à une multiplication ou une amplification des événements météorologiques extrêmes sont pris très au sérieux et, plus généralement, la région veut s'organiser dès à présent pour repenser en profondeur ses mécanismes d'investissement et de protection de l'économie dans une logique de « juste transition ».

La Nouvelle-Aquitaine est à la fois l'une des régions de France métropolitaine d'ores et déjà les plus fortement exposées aux effets du changement climatique et une région en pointe grâce notamment aux riches travaux scientifiques multidisciplinaires réalisés par et autour d'AcclimaTerra, à la suite de C2A[b], et à l'adoption de la feuille de route stratégique NéoTerra et du SRADDET, eux-mêmes largement nourris par les analyses

b. Groupe transdisciplinaire C2A, créé en 2011 à la demande de l'ancien conseil régional d'Aquitaine, pour mener une mission d'expertise sur « Les impacts du changement climatique en Aquitaine ».

d'AcclimaTerra (et d'Ecobiose pour la biodiversité) ; cette stratégie doit désormais être prise en compte pour toutes les décisions d'investissement prises au niveau de la région, en termes de contribution à cette stratégie ou tout au moins de compatibilité. Notamment, l'un des axes centraux d'AcclimaTerra concerne l'observation, le suivi, la structuration, la compréhension et l'appropriation par les acteurs de terrain d'une profusion de données et d'indicateurs à des échelles « mésoscopiques » (entre l'hyper-local et le global), relatifs non seulement au changement climatique mais aussi à ses effets directs ou induits et provenant de sources très diverses, depuis les grands programmes d'observation de la Terre aux données au sol, le recueil participatif, les savoirs historiques locaux, sur des variables physiques mais aussi technologiques, économiques et sociales.

Il faut souligner que l'innovation systémique n'est pas un processus séquentiel dans lequel les projets prendraient le relais de l'analyse scientifique et la volonté politique : la complexité des sujets abordés aussi bien que le caractère fondamentalement instable du changement climatique imposeront un dialogue et des va-et-vient permanents entre l'innovation et ce qu'elle nous enseigne, la science en perpétuelle évolution et la décision publique – ainsi que celle de tous les acteurs de la société.

Le projet néo-aquitain a été porté par Sorbonne Université en partenariat avec AcclimaTerra et avec le soutien de la région Nouvelle-Aquitaine, en dialogue constant avec EIT Climate-KIC. La méthode adoptée a consisté à impliquer plusieurs dizaines d'acteurs venant de communautés scientifiques, de collectivités, d'initiatives locales, de secteurs économiques, de petites structures d'innovation sociale et d'autres, pour échanger et comprendre ensemble les problématiques régionales et locales relatives à l'adaptation et à la résilience climatiques. La majorité de ces acteurs portaient des idées de projets ou avaient commencé à travailler à leur implémentation. Néanmoins, la démarche de ce programme n'était pas de lancer un appel compétitif à projets mais plutôt un appel à contributions d'idées, de prendre le temps de travailler ensemble des questions, d'aller au-delà des problématiques préalablement identifiées par chacun des acteurs dans leurs périmètres respectifs, de structurer progressivement ces questions à l'échelle de systèmes et d'explorer les possibilités de transformation plus cohérente et intégrée que ce dialogue révélait ainsi que les lacunes pour les réaliser.

Trois thèmes et un besoin d'outils transversaux ont été identifiés en croisant les enjeux scientifiques des rapports AcclimaTerra avec la feuille de route NéoTerra et le SRADDET. Entre mars et novembre 2020, des ateliers multi-acteurs et un appel à contributions ont permis de compléter, documenter et affiner la compréhension des enjeux et besoins d'innovation liés à ces thèmes, la pertinence et la faisabilité de futures expérimentations devant ensuite être testées avec les acteurs socio-économiques, les décideurs et

les scientifiques. Il en a résulté un premier « portefeuille de questions » (ou « positions » d'intervention sur les systèmes concernés) que sont venues éclairer des analyses transverses avec les participations notamment d'I4CE, de l'IDDRI et du CEREMA. Cette démarche se voulant ouverte et continue, les thèmes abordés pourront être complétés par d'autres sujets à mesure que le besoin en sera exprimé et que d'autres acteurs permettront d'élargir le travail d'exploration des possibles déjà engagé.

La dimension européenne peut apporter divers éléments à de telles initiatives. L'un d'eux réside bien sûr dans les échanges d'expériences entre régions, non seulement dans le choix de solutions et leur implémentation mais dans la compréhension des systèmes et des défis prioritaires à relever. Ces échanges ont commencé en 2021 mais ce n'est qu'un début. Le cadre européen et la présence d'un acteur comme EIT Climate-KIC et également d'autres organisations, dites *design partners*, qui soutiennent les processus de dialogue entre acteurs et communautés, peut également permettre de créer des tiers lieux qui sortent des rapports existants entre acteurs (aux niveaux locaux, régionaux ou nationaux), rapport dont la plupart n'ont pas été construits autour d'enjeux d'innovation systémique. Il ne s'agit pas pour autant de dissoudre les spécificités régionales. Bien au contraire, la compréhension de ces spécificités reste la première priorité des programmes *Deep Demonstration* ; tout indique qu'elle sera également au cœur des stratégies liées au *Green Deal* européen, par exemple celles que développe la Mission adaptation de la Commission européenne.

Il faut garder à l'esprit que cette approche d'innovation systémique est encore nouvelle à l'échelle de régions et de territoires et que, bien qu'elle se nourrisse de travaux méthodologiques assez riches et élaborés, son implémentation doit elle-même permettre un apprentissage collectif continu et une volonté d'expérimentation sur l'évolution même de tels programmes et de leurs projets constituants. Cela pose des problèmes inédits, difficiles quoique passionnants, aussi bien pour la recherche de financements innovants qui sortent quelque peu des cadres établis (par appels à projets individuels ou autres) que pour l'implication d'acteurs de l'innovation qui doivent accepter un fonctionnement en « portefeuille » plus interconnecté ainsi que des formats de projets moins prédéterminés. Le déploiement de tels programmes n'est pas linéaire et comporte son lot d'incertitudes. L'expérience néo-aquitaine nous conforte cependant dans la conviction que la démarche engagée avec ce programme *Deep Demonstration* et tous ceux qui l'ont rejoint est loin d'avoir exprimé tout son potentiel et que sa poursuite est non seulement souhaitable mais peut apporter une contribution très significative à la Nouvelle-Aquitaine et à d'autres régions.

Encadré 2 – Stratégies d'adaptation du littoral néo-aquitain.

GIP Littoral

Les acteurs publics du littoral néo-aquitain face au défi des évolutions sociales, environnementales et climatiques

Les impératifs de recomposition et de reconversion territoriale, qu'ils soient poussés par une logique d'adaptation aux risques, ou de réponse aux évolutions sociales et environnementales, obligent à s'interroger sur de nouveaux modèles pour penser et inventer un littoral plus résilient. Dans un contexte de fortes sollicitations résidentielles, récréatives et touristiques, de mutations globales de la société, d'accentuation des enjeux climatiques et environnementaux, et pour réussir la transition, il faudra continuer à s'appuyer sur une connaissance fine des évolutions et se doter de cadres d'intervention opérationnels basés sur des principes ambitieux. C'est toute la mission du GIP Littoral.

Acteur essentiel de la réflexion stratégique sur les problématiques littorales de Nouvelle-Aquitaine, animateur important des politiques publiques dédiées à la préservation, l'aménagement et la gestion des espaces littoraux, le groupement d'intérêt public est un lieu de production d'études à caractère prospectif mais aussi un outil de concertation, de mise en cohérence et d'accompagnement des projets, d'échanges d'expériences et de diffusion de bonnes pratiques entre ses membres et partenaires.

Pour faciliter l'action de chacun, les membres et partenaires du GIP ont validé en assemblée générale en 2020 une feuille de route technique « Littoral 2030 : réussir la transition du littoral de Nouvelle-Aquitaine » qui s'appuie sur 5 grands principes :

- penser l'adaptation et le développement des territoires littoraux à travers une recherche de sobriété ;
- porter l'ambition de la résilience dans les stratégies et les projets d'aménagement des territoires littoraux ;
- construire des stratégies et des projets de territoires fondés sur la complémentarité et la multifonctionnalité ;
- s'appuyer sur l'innovation et l'expérimentation pour mettre en œuvre l'aménagement durable des territoires littoraux ;
- renforcer l'excellence du réseau d'expertise littorale en Nouvelle-Aquitaine pour accompagner les territoires littoraux et bâtir une culture commune.

De nombreux projets portés par les collectivités locales dans le cadre du partenariat régional du GIP Littoral peuvent illustrer cette dynamique. Quelques illustrations sont proposées ci-après[a].

Stratégie locale de gestion du trait de côte et programme d'aménagement durable de la station de Lacanau[b]



Figure 3 – Vue aérienne du front de mer de Lacanau.

© OCA.

Lacanau-Océan, station balnéaire réputée en Gironde, est particulièrement touchée par le recul du trait de côte lié à l'érosion marine. Avec près de 1 200 logements et la majorité de ses activités commerciales implantées dans le « périmètre de vulnérabilité » du front de mer, ce risque menace de manière importante l'économie touristique. La prise de conscience sur l'ampleur du risque encouru s'est accentuée à la suite des tempêtes de l'hiver 2013-2014. L'ouvrage de protection, réhabilité grâce à une procédure d'urgence à la suite de ces tempêtes, n'est aujourd'hui pas dimensionné pour assurer une sécurité de la population et des biens sur le long terme. Lacanau est la première commune du littoral aquitain à avoir élaboré

a. Pour aller plus loin : https://www.giplittoral.fr/presentation ; https://www.giplittoral.fr/littoral-2030 ; https://www.giplittoral.fr/projets

b. Pour aller plus loin : https://www.giplittoral.fr/ressources/strategie-regionale-de-gestion-de-la-bande-cotiere ; https://www.giplittoral.fr/ressources/appel-candidature-amenagement-durable-des-stations-et-territoires-touristiques-littoraux
Lien vers les projets : https://www.giplittoral.fr/projets/strategie-locale-de-lacanau ; https://www.giplittoral.fr/projets/allees-ortal-et-front-de-mer-de-lacanau

sa stratégie locale de gestion de la bande côtière qui s'inscrit dans une perspective de moyen terme (2050). Il s'agit d'une déclinaison locale de la stratégie régionale de gestion de la bande côtière élaborée par le GIP Littoral et ses membres.

Devant l'importance du choix à réaliser, qui engage l'avenir de la commune, et l'absence d'outils permettant aujourd'hui d'arbitrer entre le scénario de protection définitive ou de relocalisation du front de mer, le choix a été fait de mettre en place un programme d'actions transitoire et « sans regrets ». Les actions portent sur la surveillance de l'aléa, la sensibilisation de la population, l'alerte et la gestion de crise, et la maîtrise de l'urbanisation. Il a également été choisi de maintenir le trait de côte du front de mer à sa position actuelle au moins jusqu'en 2050, en redimensionnant l'ouvrage de protection pour qu'il puisse résister aux aléas des prochaines décennies, le temps de préparer la décision de long terme et, le cas échéant, de mettre en œuvre les outils pour la relocalisation des nombreux biens du périmètre de vulnérabilité.

D'ores et déjà, la commune a engagé la recomposition des équipements publics du front de mer et le déplacement de la centralité. Ce projet urbain, moderne et résilient, s'inscrit dans le cadre du programme « Aménagement durable des stations » du GIP Littoral, en parfaite complémentarité avec la stratégie locale.



Figure 4 – Les allées Ortals de Lacanau.

© Mairie de Lacanau.

La ville souhaite que cet aménagement urbain et paysager puisse se faire à la croisée des réflexions sur les risques naturels et l'adaptation de la ville aux aléas climatiques, sur les problématiques de mobilités et de connexion avec les quartiers et les usages, et en prenant en compte de la diversité des besoins actuels et futurs (quotidiens et touristiques). La réinvention du front de mer menacé s'inscrit dans cette première étape (2020-2050) et entend préfigurer et expérimenter les principes de la solution d'avenir par le biais d'un nouveau positionnement de Lacanau en « ville océane » : une transformation qui s'appuie sur les principes de modularité, réversibilité, végétalisation, relocalisation, frugalité, sobriété ; un basculement vers une station quatre saisons qui concilie le désir de rivage des retraités et des actifs (besoins quotidiens) et l'attrait d'une destination touristique (station balnéaire) ; une valorisation de l'image de Lacanau autour des sports de glisse.

Pour y répondre, la vocation des différents lieux, ainsi que leur programmation, est à repenser et plus particulièrement sur les espaces emblématiques de la ville :

- les allées Ortal, l'artère commerçante historique de la ville, aujourd'hui très minérale, pourrait devenir, demain, un vaste espace public paysager et convivial ouvert sur la mer ;
- le front de mer Nord pourrait se transformer en balcon sur la mer animé en scène de spectacle à ciel ouvert, à la place d'un espace dédié aux stationnements ;
- aujourd'hui, espace dunaire artificialisé (bassins minéraux, dunes artificielles…), le front de mer Sud pourrait devenir demain une promenade dunaire renaturée et apaisée, symbole d'une stratégie de confortement des espaces dunaires face à l'érosion.

Travaux de revégétalisation dunaire au sud de Capbreton[c]



Figure 5 – Opération sapin pour la dune.

© Ville de Capbreton.

c. *https://www.giplittoral.fr/projets/travaux-dunaires-secteur-sud-de-capbreton* ; *https://www.giplittoral.fr/projets/strategie-locale-de-capbreton*

Le littoral de Capbreton est globalement exposé au recul du trait de côte et fait l'objet d'une stratégie locale de gestion de la bande côtière dont le premier programme d'actions porte sur la période 2017-2021. La combinaison des modes de gestion de lutte active dure et de lutte active souple (confortement des ouvrages et rechargements via le *by-pass*[d]) a été retenue pour le secteur du front de mer abritant une forte densité d'enjeux. Les dunes littorales situées plus au sud font quant à elles l'objet d'un programme d'actions d'accompagnement des processus naturels, en partenariat avec l'ONF.

La commune de Capbreton et la commune de Labenne ont signé une convention avec l'ONF pour un programme d'actions pluriannuel (2017-2021) portant sur leurs dunes communales. Ce programme est mené en cohérence avec les actions mises en œuvre par l'ONF sur les dunes domaniales. Ainsi, sur la dune du littoral sud de Capbreton, la commune et l'ONF mettent en œuvre des actions permettant de développer une protection forte du milieu naturel, de ralentir la mobilité dunaire, de réduire la vulnérabilité du cordon sableux et de maîtriser la fréquentation. L'information et la sensibilisation du public sur les milieux naturels sont notamment renforcés, ainsi que la surveillance des espaces dunaires.

Étude prospective sur le devenir de la corniche Basque[e]



Figure 6 – Vue aérienne de la Corniche basque.

© OCA.

d. *By-pass* : système de transfert hydraulique de sable depuis la plage Notre-Dame au Nord vers les plages situées au Sud du débouché en mer du Boucarot.
e. *https://www.giplittoral.fr/projets/etude-prospective-sur-le-devenir-de-la-corniche-basque* ; *https://www.giplittoral.fr/projets/strategie-locale-de-la-cote-basque*

L'objectif de cette étude lancée par l'Agglomération Pays basque est de se projeter avec les acteurs du territoire sur le devenir du site emblématique de la Corniche basque dans un contexte d'érosion côtière. Le périmètre d'étude est le site classé de la Corniche basque, soit 445 hectares, compris entre la mer et la crête, depuis Ciboure jusqu'à Hendaye. Afin d'étudier l'accessibilité du site ainsi que celle de l'entrée nord de la commune d'Hendaye, la réflexion a été élargie aux territoires communaux de Ciboure, Hendaye et Urrugne. L'étude se déroule en deux tranches.

La première tranche de cette étude a permis de préciser l'acceptabilité réglementaire du repli ponctuel modéré de la RD912 retenu par la Stratégie locale de gestion des risques littoraux. Cette analyse constituait un préalable indispensable pour permettre la définition d'un projet d'avenir pour le site. Elle a ensuite permis d'établir un diagnostic actualisé et la définition des enjeux pour le site de la Corniche basque au regard du risque d'érosion côtière. L'érosion côtière affecte le site de la Corniche basque sur l'ensemble de son linéaire, de manière plus ou moins importante. Les risques liés à cette érosion sont multiples : fermeture de la RD 912 qui dessert le site ainsi que les activités économiques et touristiques qui s'y sont développées et l'entrée nord de la commune d'Hendaye, disparition de plusieurs maisons et d'un camping, fermeture de plusieurs sentiers pédestres (domaine d'Abbadia et sentier du littoral), perturbation de la biodiversité et évolution du paysage. Des mouvements récents de la falaise (à l'hiver 2020) ont relancé la dynamique autour de cette réflexion prospective.

Encadré 3 – AcclimaTerra, un indispensable porter à connaissance pour une région durement soutenable : la Nouvelle-Aquitaine.

Jean-François Louineau,
Conseil permanent de la transition énergétique et du climat

La Nouvelle-Aquitaine a la volonté d'être la première région française de la transition énergétique et du climat et d'inscrire son action dans le développement soutenable, ce en considérant avec la plus grande attention l'impact des dérèglements climatiques. Dès mai 2016, pour réussir cet objectif ambitieux, elle a créé le Conseil permanent de la transition énergétique et du climat (COPTEC), organe transversal ayant deux missions principales : mobiliser les acteurs et les partenaires de la collectivité régionale et animer, en interne, une coordination transversale pour intégrer dans toutes ses politiques la transition énergétique et l'adaptation au climat.

À la demande de la région et sous la houlette d'Hervé Le Treut, AcclimaTerra, communauté de 250 scientifiques, a publié en 2013 (édition 1) et en 2018 (édition 2) le résultat de leurs travaux sur l'évolution passée du climat et les impacts probables dans les années et décennies à venir en Nouvelle-Aquitaine. Ces acquis et réflexions scientifiques, avec une dimension pédagogique voulue, avaient pour vocation de sensibiliser, informer et motiver les collectivités locales, les entreprises, les associations, les enseignants, les habitants, etc., à engager au plus vite et de manière la plus collective possible des actions d'adaptation.

C'est dans cette dynamique que le COPTEC a construit une démarche participative pour l'élaboration du sous-volet : « Adaptation au changement climatique » du schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), clé de voûte de la stratégie régionale à l'horizon 2030.

À l'été 2017, 13 fiches synthétiques d'information sur les évolutions climatiques aux horizons 2030, 2050 et 2080 et leurs impacts pour l'agriculture, les entreprises et l'industrie, la ressource en eau, les écosystèmes et la biodiversité, la forêt, le littoral et les îles… ont été mises à disposition des acteurs pour qu'ils s'approprient les connaissances de base et fassent part de leurs suggestions et idées.

En décembre 2017, en lien avec la parution d'AcclimaTerra (juin 2018), le comité régional des acteurs de la transition énergétique et du climat a consacré sa séance aux « Adaptations aux dérèglements climatiques par des entreprises et des collectivités ». 145 acteurs représentant plus de

100 organisations publiques et privées ont pu échanger autour d'actions déjà opérationnelles en Nouvelle-Aquitaine pour faire face aux conséquences des dérèglements climatiques.

Courant janvier 2018, les acteurs avaient transmis 45 propositions sur l'anticipation des dérèglements climatiques et la réduction de leurs impacts.

Fin février 2018, un séminaire, mobilisant AcclimaTerra et ayant pour thème : « L'adaptation au changement climatique » a rassemblé 90 participants autour de « Tables de travail ». L'objectif de la journée était de produire collectivement à partir des propositions des acteurs et des connaissances dispensées par AcclimaTerra des orientations d'adaptation.

Toute cette dynamique à la croisée de la recherche et de l'action a permis de produire pour le SRADDET Nouvelle-Aquitaine des objectifs et des règles à valeur juridique s'appliquant aux documents de planification et d'urbanisme infrarégionaux : Charte de parc naturel régional, Plan de déplacements urbains, Schéma de cohérence territoriale, Plan local d'urbanisme intercommunal et Plan climat, air, énergie territoriale. Ainsi, l'adaptation au changement climatique prend corps, dans le SRADDET, comme une priorité notamment en agriculture, pour la gestion de la forêt, dans le tourisme, avec la biodiversité et la protection des sols, sur la nature en ville, pour la ressource en eau, dans la construction des bâtiments, pour la bande littorale…

Le SRADDET a été adopté par l'assemblée régionale en décembre 2019 et approuvé par la préfète de région en mars 2020. Il comporte, en complément des chapitres réglementairement obligatoires, une « Stratégie détaillée climat-air – énergie » avec un volet ciblé sur l'adaptation au changement climatique. Les travaux du collectif scientifique AcclimaTerra ont permis une forte appropriation des enjeux climatiques, un partage de ceux-ci par l'ensemble des acteurs et la définition d'objectifs pour la Nouvelle-Aquitaine.

Ainsi, comme le démontre AcclimaTerra, la mise en œuvre d'actions d'adaptation est urgente et peut être multiforme. C'est pourquoi, dans le cas de la mise en œuvre du SRADDET, le COPTEC a créé en septembre 2020 la rubrique en ligne : « S'adapter aux dérèglements climatiques en Nouvelle-Aquitaine : elles et ils l'ont fait »[a]. La rubrique vise à faire connaître les réalisations robustes scientifiquement, techniquement, économiquement et socialement pour qu'elles se multiplient. Elle est structurée autour des grands types d'espaces : urbains, forestiers, agricoles, littoraux et la gouvernance.

a. https://www.nouvelle-aquitaine.fr/grands-projets/le-conseil-permanent-de-la-transition-energetique-et-du-climat-coptec#4599

Encadré 4 – Feuille de route Néo Terra de la région Nouvelle-Aquitaine.

Émilie Congiu-Ballesté,
Région Nouvelle-Aquitaine

Néo Terra est la feuille de route de la région Nouvelle Aquitaine dédiée à la transition énergétique et écologique. Elle a été adoptée par les élus réunis en séance plénière le 9 juillet 2019. Cette stratégie transversale regroupe 11 ambitions déclinées en engagements chiffrés et en actions. Son but est d'accompagner l'effort de l'ensemble des acteurs du territoire régional pour permettre les transitions à l'horizon 2030.

Pour favoriser l'appropriation et la mise en œuvre des 11 ambitions, dans le cadre de la première ambition de la feuille de route, portant sur l'engagement citoyen, la région a proposé un cycle de formations à l'intention de l'ensemble de ses agents afin de les sensibiliser aux enjeux des transitions.

Ce cycle de formations a été proposé au mois de mai 2021 en trois modules : la première formation qui a eu lieu le 3 mai a porté sur les travaux d'AcclimaTerra tandis que les deux autres portaient sur les travaux d'Ecobiose puis sur la feuille de route Néo Terra.

Le module dédié à AcclimaTerra a été articulé en trois parties. La première intervention a été proposée par Hervé Le Treut sur les nouveaux enjeux liés au changement climatique. Alain Dupuy est ensuite intervenu sur la problématique de la ressource en eau et des enjeux autour de sa disponibilité et de son partage. Enfin, la dernière partie, présentée Daniel Compagnon et Mohamed Taabni, a été consacrée à l'appropriation par les services de ces connaissances.

Parmi les nombreux retours que nous avons eus des participants à ce module de formation, une grande majorité a exprimé l'importance de celui-ci dans leur prise de conscience des problématiques environnementales. Ceci nous montre qu'il y a un réel enjeu à sensibiliser en interne les agents de la collectivité sur les questions climatiques. De plus, ce temps d'échange a été l'occasion pour les scientifiques d'apporter des précisions en direct aux questionnements des services.

Au vu du succès de ce cycle de formations qui a mobilisé l'attention d'un grand nombre d'agents, la région Nouvelle-Aquitaine souhaite renouveler l'expérience en coopération avec les chercheurs d'AcclimaTerra afin de toucher toujours plus de personnes. De nouvelles formes de sensibilisation sont également envisagées. La mise en place de webinaires de direction pourrait permettre d'alerter les agents sur des sujets précis les concernant tout particulièrement. Pour une approche transversale de la formation, objet même de la feuille de route Néo Terra, des webinaires interdirection pourront être proposés.

Guadeloupe, les outils régionaux pour la prise en compte du changement climatique

Amélie Belfort et Cynthia Bonine,
Synergîle

Christelle Claman,
ADEME

Thierry Jimonet,
Météo-France

Laurent Pflumio,
Amarenco

Ywenn de la Torre,
BRGM

Doris Mirre,
Communauté d'agglomération du Nord Grande-Terre

Jean-Marc Blazy,
INRAe

• *Introduction*

Observer l'évolution du climat est l'une des clés qui permettra à nos sociétés de s'adapter aux changements à venir. En effet, la contribution de l'homme au changement climatique, essentiellement liée à sa consommation d'énergie fossile, ne fait plus aucun doute aujourd'hui. Des mesures visant à atténuer ce bouleversement local et global, mais également à s'adapter aux modifications actuelles et futures du climat, sont une nécessité.



Figure 1 - Littoral de Deshaies.

Source : Agence des 50 pas géométriques, Ab Dillahi.

Le temps est donc aussi à l'adaptation et à la recherche de solutions.

L'implication forte de la communauté scientifique sur ces problématiques permet d'apporter aujourd'hui des éléments de connaissances importants sur les différents territoires et à différentes échelles. Cependant l'enjeu premier reste l'appropriation de ces éléments prospectifs par les acteurs du territoire. Comment la visibilité que nous offre la prospective peut-elle permettre de déployer des moyens et des ressources en faveur de l'adaptation sur les territoires ?

C'est ainsi aux gestionnaires, aux acteurs locaux, aux socio-professionnels et également aux citoyens de s'approprier ces éléments de projections afin d'adapter dès aujourd'hui leurs activités sur les territoires.

Dans ce contexte, la Guadeloupe est à la fois contributeur à l'effet de serre planétaire mais également fortement impactée car, en tant que territoire insulaire tropical, elle est sensible aux événements renforcés par le changement climatique : submersions marines, élévation du niveau de la mer, inondations, cyclones intenses, mouvements de terrain à la suite de fortes pluies, érosion côtière, sécheresse…

Les impacts du changement climatique ne sont plus à prouver et font désormais partie du quotidien des habitants. Les exemples sur le territoire ne manquent pas, comme celui de la plage de la commune de Sainte-Anne dont le recul est évalué à un mètre par an depuis les années 1950 d'après les travaux du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

Si la prospective s'est déployée plus tardivement en Guadeloupe qu'au niveau national, du fait des caractéristiques locales qu'elles soient géographiques, d'échelles ou d'impacts, elle se veut depuis 2012 active et ambitieuse.

- *La Guadeloupe, un parcours prospectif singulier, visant l'objectif national*

Les collectivités sont incitées, depuis le plan climat national de 2004, à élaborer des plans climat territoriaux déclinant, dans leurs compétences propres, une véritable politique climatique et énergétique locale.

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte a modernisé les plans climat-énergie territoriaux existants (PCET) par la mise en place du Plan climat-air-énergie territorial (PCAET).

Les EPCI, établissements publics de coopération intercommunale (métropoles, communautés urbaines, communauté d'agglomération et communautés de communes), dotés d'un PCAET, deviennent ainsi coordinateurs de la transition énergétique sur leur territoire.

Les conséquences des évolutions climatiques pour les collectivités locales seront très importantes, puisqu'elles impacteront la répartition possible de l'urbanisme, la disponibilité d'eau potable et d'eau agricole, les équipements de gestion des eaux de pluie et des crues, l'assainissement, la protection contre la submersion marine et les cyclones, les systèmes agricoles, la biodiversité…

L'élaboration de ces plans climat pointe malheureusement du doigt la difficulté à connaître, à suivre et à prévoir les évolutions d'un territoire à cette échelle. Avoir des données territoriales et prévoir leurs évolutions est une problématique majeure, qui se veut d'autant plus décuplée dans un territoire insulaire de 1628 km².

Naissance de la prospective climat en Guadeloupe

C'est en 2012 que les premières simulations de l'évolution du climat en Guadeloupe voient le jour, grâce aux travaux de Météo-France, issues de modèles couplés.

L'enjeu de la modélisation est de représenter les équilibres et la variabilité climatique sur de longues échelles de temps.

Les principales difficultés furent de quantifier le bilan énergétique global à l'horizon 2100, de prendre en compte des modes de variabilité longs, qui intègrent de nombreuses échelles temporelles et spatiales, et de tenir compte de facteurs difficilement prévisibles (évolution démographique, développement social et économique, évolution technologique, politiques environnementales…).

Pour évaluer l'impact du changement climatique à l'échelle régionale[1], il a été mis en œuvre des techniques dites de « descente d'échelle », associées à des modèles à maille fine (de 10 à 50 km), permettant de prendre en compte les caractéristiques locales :

- géographiques (hydrologie, végétation, topographie) ;
- influences liées à l'organisation des sociétés locales (aménagement urbain, agriculture…).

La descente d'échelle consiste donc à emboîter des modèles sur des domaines limités avec une résolution de plus en plus fine et avec comme point de départ les données des modèles globaux.

Ce type de modèle permet de réaliser des simulations multi décennales à des résolutions de 10 à 20 km en prenant en compte les mécanismes d'interactions agissant à l'échelle régionale. L'approche dynamique permet d'obtenir des valeurs cohérentes physiquement entre elles avec une forte résolution spatiale et adaptée à l'étude des extrêmes de températures et de précipitations.

L'échelle de temps retenue pour analyser les impacts de l'évolution du climat sur les territoires est de 30 ans.

Témoignage : Thierry Jimonet, Responsable du Centre météorologique de Guadeloupe, Météo-France.

« Jusqu'à récemment, nous n'avions pas ou peu de connaissance sur le changement climatique à l'échelle régionale et notamment pour ce qui concerne les petits territoires insulaires tels que les îles caribéennes. Or, des impacts sont déjà observés avec notamment la modification du trait de côte.

À mon arrivée en Guadeloupe en octobre 2017, j'ai donc découvert avec satisfaction les travaux engagés par l'université des Antilles, le BRGM et Météo-France

1. L'article de cet ouvrage sur les services climatiques permet d'approfondir ces questions.

dans le cadre du projet C3AF[2] *(Changement climatique et conséquences sur les Antilles françaises).*

Celui-ci a permis d'approfondir nos connaissances. Ces dernières projections montrent que la zone caribéenne sera concernée par des périodes de sécheresse plus fréquentes et par une diminution des précipitations même en saison humide. Cela contredit les précédentes projections qui ne disposaient pas d'une modélisation à une résolution spatiale suffisamment fine pour déceler ce comportement spécifique régional. De plus, il s'agissait également de connaître les perspectives d'autres aléas d'importance, pour ne pas dire majeurs, à savoir l'évolution de l'activité cyclonique.

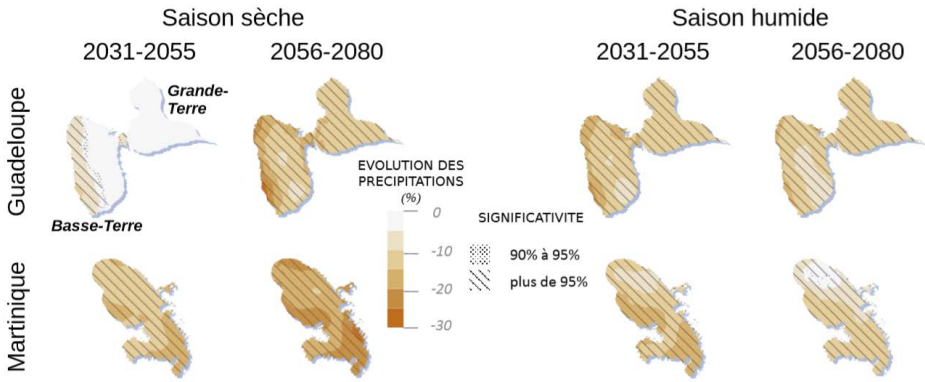


Figure 2 – Évolution des précipitations moyennes pendant la saison sèche (à gauche)/ humide (à droite) en Guadeloupe et Martinique entre 1980-2013 et 2031-2055 d'une part, 2056-2080 d'autre part (scénario RCP8.5).

Source : projet C3AF.

Enfin nous avons des résultats régionaux qui peuvent permettre aux décideurs de prendre des mesures adéquates d'adaptation.

Ainsi, d'autres projets ont vu le jour grâce à ces projections régionales. Il s'agit plus particulièrement pour la Guadeloupe du projet EXPLORER, illustré ci-dessous au point 2. a, porté par l'INRAe et qui accompagnera les agriculteurs dans l'évolution de leurs pratiques face à cette évolution majeure du climat. »[3].

2. https://c3af.univ-montp3.fr
3. https://www.facebook.com/guadeloupe.projet.explorer.971

L'évaluation des impacts du changement climatique sur le territoire : besoin de données pour mieux accompagner les territoires

Christelle Claman,
Coordinatrice du pôle Territoires durables
et accompagnement des politiques ADEME Guadeloupe

Les collectivités, et plus globalement l'ensemble des acteurs du territoire, doivent s'adapter aux bouleversements climatiques qui constituent un nouvel enjeu pour les acteurs publics que sont les collectivités locales car elles doivent préparer leur territoire et intégrer dans l'ensemble de leurs politiques de développement des actions d'adaptation permettant de limiter les conséquences néfastes de ces changements.

C'est ainsi que l'ADEME a développé en 2012, au niveau national, le dispositif Impact'Climat pour aider chaque collectivité volontaire dans la structuration d'une approche et d'une première réflexion sur l'adaptation au changement climatique. C'était un outil[4] composé d'un guide et d'un fichier Excel à destination des chargés de mission en charge des plans climat-énergie territoriaux dans les collectivités. Il visait à réaliser un prédiagnostic en effectuant un panorama exhaustif de l'ensemble des vulnérabilités pouvant toucher le territoire ou les compétences d'une collectivité.

En 2013, l'ADEME Guadeloupe a souhaité déployer l'outil dans le cadre de la mise en œuvre de sa stratégie locale de lutte contre le changement climatique. Il s'agissait de faire émerger la Guadeloupe comme territoire pionnier en développant avec les partenaires locaux de l'Agence une politique coordonnée et partagée en matière d'adaptation. C'est à ce stade que nous avons rencontré de grandes difficultés en Guadeloupe car nous ne disposions pas de suffisamment de données locales ou de données issues de territoires similaires sur la thématique.

L'Observatoire régional de l'énergie et du climat de la Guadeloupe a donc été missionné en 2016 afin d'élaborer le premier profil de vulnérabilité de la Guadeloupe selon la méthodologie de l'outil Impact'Climat. Le manque de données locales disponibles a fortement impacté le choix



Figure 3 – Actes du séminaire ADEME du 20/05/2014.

Source : ADEME.

4. L'outil a évolué en 2019. L'ADEME utilise désormais l'outil TACCT qui est présenté dans l'article de l'ADEME de ce rapport et peut être retrouvé sur son site internet : Diagnostiquer l'impact du changement climatique sur un territoire – La librairie ADEME.
https://librairie.ademe.fr/changement-climatique-et-energie/920-diagnostiquer-l-impact-du-changement-climatique-sur-un-territoire-9791029712982.html#/44-type_de_produit-format_electronique

des indicateurs retenus et, certaines des données les plus pertinentes n'étant pas accessibles, il a donc fallu trouver d'autres informations pour compléter ce premier diagnostic[5].

Impact'Climat est un outil dynamique, qui doit être utilisé dans une logique d'amélioration continue. Suivre l'évolution du climat et évaluer les impacts possibles est un exercice complexe. Il faut compter avec de nombreuses incertitudes qui trouvent leur origine à la fois dans :

- les choix socio-économiques des décideurs de notre région et plus largement de notre planète ;
- les connaissances scientifiques actuelles ;
- la part de variabilité naturelle du climat qui n'est pas liée à l'action de l'homme.

Le changement climatique est rarement le principal facteur qui agit sur les milieux, les populations ou les activités économiques mais il agit plutôt en tant que pression supplémentaire sur l'indicateur étudié.

La qualité de ce premier profil réalisé par l'OREC Guadeloupe fut fortement dépendante :

- de l'avancée des connaissances scientifiques sur les conséquences du changement climatique (agit sur la pertinence des indicateurs choisis) ;
- des données existantes et de la qualité de leur suivi en termes de moyens mis en place (agit sur la disponibilité de la donnée).

Comme recommandé par la méthode, en l'absence de données fiables, une analyse à dire d'experts est venue compléter l'exercice. Nous avons en conséquence pris le pari de mettre en commun nos connaissances actualisées sur le sujet et de créer le premier comité scientifique de l'OREC Guadeloupe, composé d'un expert par domaine étudié, avec le BRGM, Météo-France, INRAe, SEGE Biodiversité, Fleur de Carbone, université des Antilles et l'ADEME.

Ce comité avait pour objectifs :

- de valider les indicateurs étudiés ;
- d'apporter leurs connaissances sur leurs domaines d'activités ;
- d'évaluer la vulnérabilité de chaque indicateur en participant à la cotation.

En parallèle de cette création, nous avons initié avec la Communauté d'agglomération du Nord Basse-Terre et la Communauté d'agglomération Cap Excellence, toutes deux engagées dans l'élaboration de leur PCET, les travaux pour adapter l'outil Impact'Climat aux territoires d'outre-mer pour répondre à leurs besoins et leurs obligations. Ce fut le début des travaux de territorialisation des données menées par l'observatoire et qui se sont étendus à l'ensemble des agglomérations de l'archipel fin 2017.

C'est ainsi que fut initiée la structuration d'un réseau solide d'acteurs d'horizons variés (publics, scientifiques, organisations de la société civile…) mais surtout le déploiement d'une stratégie de prospective territoriale sur le sujet ainsi que la capitalisation des données. Il s'agit, pour l'OREC, de produire à l'échelle des

5. http://www.synergile.fr/doc/profil-de-vulnerabilite-de-la-guadeloupe-au-changement-climatique-2016

communautés d'agglomération, communauté de communes et grands EPCI de Guadeloupe des indicateurs sur :

- les consommations énergétiques ;
- le déploiement des énergies renouvelables ;
- les émissions de gaz à effet de serre ;
- la vulnérabilité du territoire aux effets du changement climatique.

Au regard des indicateurs qui ont été retenus et des données disponibles, deux experts ont accepté de partager leur retour d'expérience sur la vulnérabilité au changement climatique de leur domaine d'activité. Leurs « dires d'expert » apportent une information éclairée sur les indicateurs observés.

L'exemple de la pêche et l'aquaculture

Indicateur observé : La production pêche estimée par catégorie d'espèces.

Devant une diminution de 18 % de la production de pêche entre 2010 et 2016, on constate une forte part d'espèces qui sont affectées par les effets du changement climatique. En effet, en 2016, les pélagiques migrateurs, fortement dépendants des paramètres physiques et chimiques des masses d'eau dans lesquelles ils circulent (circulation, température, teneur en oxygène et teneur en phytoplancton et zooplancton), représentaient 54 % des volumes pêchés.

En même temps, le contexte local pousse la pêche guadeloupéenne à s'orienter vers une pêche plus au large, ce qui s'explique notamment par les interdictions et restrictions de la pêche côtière en conséquence de la contamination à la chlordécone.

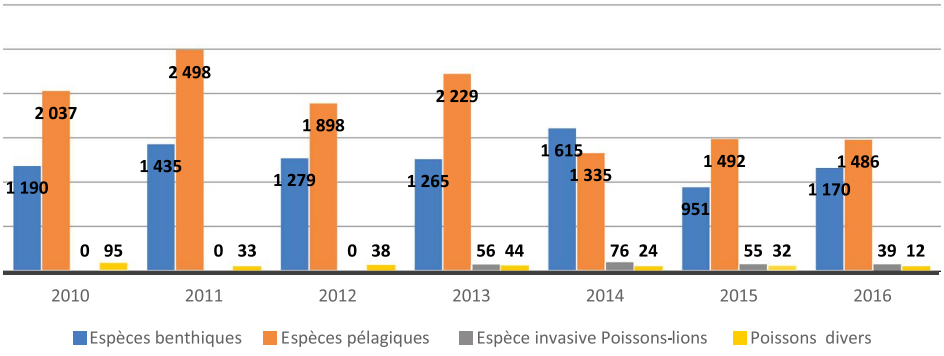


Figure 4 – Évolution de la production marine estimée en poids vif.

Le poids vif correspond au poids du poisson pêché et non transformé (ni éviscéré, ni écaillé). Il permet d'avoir une indication sur le stock de poisson. Le Système d'information halieutique (SIH) constitue le réseau d'observation des ressources halieutiques et des usages associés de l'Ifremer. Il répond à une des missions de service d'intérêt public de l'Ifremer visant à connaître, évaluer, mettre en valeur les ressources des océans et permettre leur exploitation durable.

Source : SIH, Ifremer.

Témoignage de Nicolas Diaz, direction de la Croissance Bleue région Guadeloupe

« La pêche et l'aquaculture des Antilles françaises sont peu structurées et connaissent des carences d'appui technique et scientifique. Les moyens humains et financiers sont intégralement mobilisés pour faire face aux impacts environnementaux immédiats : pollution à la chlordécone, espèces invasives, aménagements majeurs…

Il en résulte une très faible anticipation des effets du réchauffement climatique sur nos filières : connaissance, sensibilisation des acteurs, élaboration de stratégies et investissements adaptatifs. Cette thématique doit devenir prioritaire pour nos filières et les stratégies doivent se concevoir en coopération à l'échelle régionale. »

L'exemple de la santé

Indicateur observé : La part des 75 ans et plus et sa répartition géographique.

Témoignage du docteur Basilieu, praticien hospitalier spécialisé en gériatrie au CHU de Pointre-à-Pitre, pour l'Agence régionale de santé.

« La particularité de la Guadeloupe réside en un vieillissement "accéléré" d'une part et le retard pris en termes d'offres de soins ou de services, d'aménagement du territoire et d'organisation du transport, adaptés à la dépendance de ces personnes âgées d'autre part.

L'augmentation à venir de la part des plus de 75 ans est certaine et connue. La proportion d'entre eux qui sera dépendante, fragile ou autonome ne l'est pas encore. Cette évolution sera conditionnée par les politiques de santé publique et les orientations faites dès à présent. La vulnérabilité globale de la population (face au changement climatique) en sera directement impactée. »

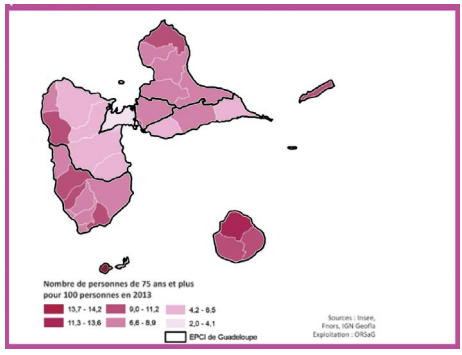


Figure 5 – Répartition du nombre de personnes de 75 ans et plus en 2013.

Source : ORSAG – Observatoire régional de la santé de la Guadeloupe.

Évolution des travaux et actions futures

Après la réalisation des deux profils de vulnérabilité au changement climatique, en 2016 (régional) et 2018 (territorial)[6] par la méthode Impact'Climat, l'heure fut au bilan. L'application de la méthode en Guadeloupe a été limitée par le manque de données régionales. Le panel de données recueillies ne permettait pas d'observer les évolutions et les contrastes des domaines d'activités étudiés. En effet, le panel de données disponibles par secteur n'a pas permis de caractériser leur complexité et les interactions possibles entre plusieurs secteurs.

6. http://www.synergile.fr/doc/profil-de-vulnerabilite-de-la-guadeloupe-au-changement-climatique-2018

C'est notamment le cas du secteur du tourisme qui ressortait comme le secteur le moins vulnérable alors qu'il dépend fortement de l'aménagement du territoire et de la biodiversité qui sont à des niveaux de vulnérabilité les plus importants.

Forts de ce constat, les membres du comité scientifique de l'observatoire ont souhaité orienter l'activité climat vers une analyse sectorielle dont les résultats sont présentés sous forme de cahiers thématiques mentionnés en partie 2 (eau, écosystèmes marins et risques littoraux, ainsi que bientôt agriculture, transports et mobilité). Elle vise à développer la connaissance plus fine, secteur par secteur, en mobilisant les acteurs du territoire : scientifiques, organismes publics, associations, citoyens mais également les entreprises.

- *Une nouvelle méthodologie d'analyse sectorielle (GREC Guadeloupe)*

L'OREC a souhaité en 2019 développer une nouvelle méthodologie orientée vers une analyse sectorielle dite en « Cahier thématique ». Elle vise à développer la connaissance dans un secteur, grâce à l'animation de Groupes d'experts régionaux sur le climat (GREC) en France hexagonale qui mobilisent les acteurs de la recherche de leurs territoires autour de travaux de capitalisation et de diffusion de la prospective climatique.


Le groupe d'experts sur le climat est sur les rails

Samedi 14 décembre 2019

Figure 6 – Extrait d'article - 14 décembre 2019 – France-Antilles.

Afin de mieux appréhender cette méthodologie d'animation et de l'adapter au niveau du territoire guadeloupéen, l'OREC Guadeloupe a coorganisé avec le GREC SUD la première rencontre des Groupes régionaux d'experts sur le climat de France, les 11 et 12 septembre 2019 à Marseille en présence de GREC Sud, ACLIMATERRA, Auranos Aura, CERCLE Bretagne…

À l'issue de ces rencontres, l'OREC a souhaité réunir les réseaux de chercheurs et d'acteurs territoriaux de la Guadeloupe dans le but de réfléchir à la création d'un Groupe de travail sur l'adaptation au changement climatique : un GREC.

Cet atelier s'est tenu le 11 décembre 2019, mobilisant plus de 70 acteurs du territoire : scientifiques, organismes publics, entreprises, associations, citoyens…

C'est ainsi qu'est né le Groupe d'experts sur le climat en Guadeloupe qui mobilisera les réseaux de chercheurs mais également d'acteurs territoriaux (gestionnaires, entreprises, associations) dans le but de transférer les connaissances scientifiques les plus récentes, de collecter les besoins des acteurs du territoire et de favoriser leur participation à des projets de recherche.

Le GREC Guadeloupe se positionne à l'interface entre les sphères académiques et non académiques, en octroyant une place importante aux acteurs du monde socioprofessionnel qui constituent un catalyseur d'actions en réponse aux impacts du changement climatique.

Témoignage de M. Laurent Pflumio, acteur socioprofessionnel de l'énergie, Amarenco, sur l'intérêt de l'outil GREC Guadeloupe.

« Aujourd'hui, le changement climatique est une réalité à laquelle nous sommes tous confrontés. Notre capacité d'adaptation sera très certainement la clé pour limiter l'impact de ce changement sur nos activités et nos vies.

À travers le Groupe d'experts sur le climat pour la Guadeloupe, chacun d'entre nous, qu'il soit chercheur, entrepreneur, décideur et/ou acteur sur notre territoire, peut contribuer à mettre en place ces solutions adaptatives.

En effet, le GREC participe à la collecte des besoins et favorise l'émergence de solutions et de démarches. Mais aussi le GREC favorise la mise en place d'actions visant la réduction d'énergie, de matières premières, etc.

L'avantage du GREC réside également dans la mise en place de thématiques (agriculture, transport, etc.) permettant aussi un travail plus spécifique pour chaque secteur d'activités.

D'ailleurs, le groupe Amarenco travaille déjà au sein du GREC sur certaines de ces thématiques afin d'apporter également l'expertise nécessaire à la production de solutions.

Pour résumé, le GREC est un véritable outil qui permettra à un très large public, y compris nos décideurs régionaux, de pouvoir agir efficacement sur le changement climatique. »

L'élaboration des cahiers thématiques : lancement des premiers travaux du GREC Guadeloupe

Animé par le Pôle d'innovation Synergîle et coordonné par l'ADEME Guadeloupe et le BRGM, le GREC Guadeloupe est une assemblée de 35 membres votants qui choisit par vote à l'unanimité les thématiques qui seront traitées à travers des publications appelées « cahier thématique ».

Ces cahiers sont rédigés par des membres volontaires, qui forment des comités techniques sous la coordination d'un membre expert. L'objectif de ces travaux est de centraliser et mettre en commun l'ensemble des connaissances du territoire en y intégrant des éléments de prospectives sur les impacts du changement climatique dans un secteur d'activité.

Cinq étapes clés pour la réalisation de ces cahiers :



Figure 7 – Étapes de réalisation des travaux du GREC Guadeloupe.

Source : Synergîle.

Retour d'expérience de mise en commun des connaissances du territoire : le Cahier littoral

Témoignage d'un coordinateur : Ywenn De La Torre, directeur régional de la Guadeloupe, BRGM.

Le Cahier littoral *a été l'un des deux premiers cahiers produits par le GREC Guadeloupe en 2020 car compte tenu des projets de recherche en cours d'une part et du caractère archipélagique de notre territoire d'autre part, le lien entre changement climatique et la mer était une évidence.*

Le sujet a donc été priorisé en assemblée plénière en présence de tous les membres du GREC. Dès lors, deux axes sont apparus importants à traiter : les aspects biologiques avec l'évolution sur les milieux et les espèces, et les aspects physiques avec l'évolution en termes de risques côtiers. Le choix d'un double pilotage du cahier avec deux spécialistes respectifs a ainsi été adopté. Florian Labadie, écologue et responsable du bureau d'étude CREOCEAN en Guadeloupe, s'est proposé sur le volet biologique (récifs coralliens, mangroves, herbiers, tortues, cétacés, etc.) et moi sur le volet des risques (érosion côtière et submersions marines).

Les premiers travaux ont consisté à ébaucher la structure attendue du document puis à aller chercher les contributions des différents acteurs impliqués sur le sujet. Météo-France Guadeloupe a, à cet effet, pu donner les éléments de contexte en lien avec leurs travaux de recherche. Les différentes parties sur l'état des connaissances ont ensuite été nourries des apports transmis par les chercheurs, les ingénieurs des bureaux d'études, les associations environnementales réalisant des suivis sur le terrain (universités des Antilles et de Bretagne Occidentale, BRGM, CREOCEAN, AGOA, KAPNATIREL…)[7] *que nous avons sollicités, qu'ils soient membres du GREC ou pas.*

Les contributions sont faites sur la base du volontariat et une vraie mobilisation a pu être appréciée sur ce sujet. Les apports peuvent aller de la transmission de documents bibliographiques à la rédaction d'un chapitre. Le rôle des copilotes est d'homogénéiser le tout avec un discours technique mais accessible. L'accent est porté sur le constat des évolutions mais aussi sur la formulation de recommandations en termes d'adaptation.

7. https://creocean.fr/, https://kapnatirel.org/, https://www.helloasso.com/associations/club-agora-guadeloupe

Le cahier a également cherché à mettre en lumière les initiatives d'ores et déjà existantes sur les territoires allant dans le sens de l'adaptation. Les gestionnaires des espaces littoraux ont ainsi été mis à contribution (Conservatoire du littoral, ONF, Agence des 50 pas géométriques, région, EPCI). Cette partie est particulièrement importante car elle ancre la problématique dans le territoire et montre qu'il est possible d'agir dès à présent.

Le document complet a enfin été soumis à l'ensemble des membres du GREC pour avis et remarques avant de partir à l'infographie.

Une fois le document abouti, nous avons eu à le porter à connaissance à l'échelle régionale. Pour cela deux leviers ont été utilisés. Le premier concerne la réalisation d'un mini-film basé sur une interview présentant les points importants du cahier. Ce film a été publié sur les réseaux sociaux et a permis d'annoncer la tenue d'un événement de type webinaire. Le webinaire, accessible en direct au grand public, a permis aux contributeurs de s'exprimer sur leur spécialité et de répondre aux questions du public.»

Le *Cahier littoral* ainsi que le film et le webinaire sont accessibles en ligne dans les ressources du GREC[8] et à disposition de tout acteur travaillant sur l'adaptation des espaces littoraux au changement climatique.

- ***La valorisation de la connaissance catalyseur de l'appropriation par les acteurs***

La prospective est une source de connaissance indispensable pour l'évolution de nos territoires. Elle est aujourd'hui primordiale pour la mise en place d'actions d'adaptation et d'atténuation permettant de faire face aux impacts du changement climatique.

Néanmoins, la prospective ne trouve son aboutissement que lorsque son transfert vers la société est complet.

Au-delà de simplement porter connaissance des éléments de recherches sur l'évolution, la prospective se doit d'avoir une valeur économique et sociétale permettant son appropriation par les acteurs du territoire qu'ils soient publics ou privés. Elle se doit d'être une aide à la prise de décision !

La prospective et son marketing au niveau territorial

Grâce au développement des outils numériques, communiquer est devenu simple, certes. Mais la difficulté résulte dans le « bien communiquer ». L'important n'est pas d'être présent absolument partout mais de comprendre pourquoi un outil est intéressant pour la communication au niveau du territoire.

8. http://www.synergile.fr/doc/publication-grec-limpact-du-changement-climatique-sur-lecosysteme-et-les-risques-littoraux

Les activités de valorisation des travaux du GREC Guadeloupe sont multiples et ont pour objectif de répondre à différentes cibles. L'appropriation des connaissances par les acteurs du territoire (élus, collectivités, professionnels, citoyens) doit leur permettre d'agir à leur niveau pour faire face aux effets du changement climatique.

Pour ce faire, le GREC Guadeloupe s'est engagé à avoir une communication multicanale afin de démultiplier ses messages.

Les modes de communication du GREC Guadeloupe passent par :

1. les publications des Cahiers thématiques :
Les publications sont à destination des élus, des techniciens et de tous ceux qui souhaitent connaître le sujet en profondeur.
Les publications sont des livrets d'une trentaine de pages détaillant l'ensemble des éléments de prospectives diffusables ;

2. la réalisation de mini-films : Essentiel
Courts et efficaces, l'objectif étant d'aller à l'essentiel. Ils sont visionnables, tout de suite, peu importe où l'on se trouve et depuis n'importe quel terminal. Ils permettent de sensibiliser le plus grand nombre en énonçant les tendances et les solutions concrètes ;

3. les séminaires, colloques, webinaires par les experts volontaires : des espaces d'échanges.
Lors de ces sessions, les experts sont face à leur public et réalisent un exercice difficile, celui de la médiation scientifique. Rendre la recherche accessible au plus grand nombre. Simplifier tout en gardant des aspects techniques essentiels ;



Figure 8 – Cahiers thématiques du GREC Guadeloupe 2020.

Source : Synergîle.

4. l'invitation à la presse à découvrir ces cahiers : des messages clés.
La presse reste l'un des moyens les plus importants pour diffuser une information à la population. Néanmoins, les encarts ou interviews restent des éléments limités et doivent être dédiés à des messages percutants et à grande valeur ajoutée.

Le GREC Guadeloupe a réalisé depuis 2019 deux cahiers thématiques et deux mini-films sur :

- la ressource en eau et le changement climatique ;
- les écosystèmes marins et les risques littoraux face au changement climatique.

Deux autres cahiers sont en cours :

- l'agriculture face aux effets du changement climatique ;
- adapter nos transports et notre mobilité au changement climatique.

Du transfert des connaissances à l'appropriation

La place de la prospective « climat » dans les politiques publiques

La prospective est au service des politiques publiques, notamment lors de l'élaboration et de la révision des documents de planification stratégiques élaborés par les collectivités (PPE, Schéma régional climat air énergie, SRIT, Plan climat-air-énergie territorial…) ainsi que les contractualisations territoriales.

Témoignage de Doris Mirre, chargée de mission Énergie/Climat CANGT – Direction de l'environnement et du développement durable.

« *La Communauté d'agglomération du Nord Grande-Terre est un établissement public de coopération intercommunale (EPCI), créé par arrêté le 1er janvier 2014. Il regroupe les communes de Morne-à-l'Eau, Anse-Bertrand, Port-Louis, Petit-Canal, Le Moule et compte près de 59 200 habitants. C'est un territoire à forte dominante rurale, avec pour principales activités économiques l'agriculture et le tourisme, deux pans de l'économie fortement impactés et impactant dans un contexte de transition énergétique et écologique.*

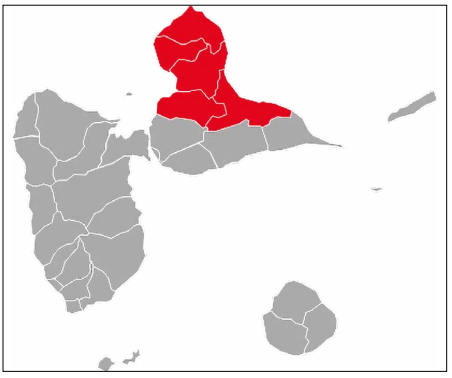


Figure 9 – Localisation de la communauté d'agglomération du Nord Grande-Terre en Guadeloupe.

Source : Synergîle.

Compétente en matière d'élaboration des politiques énergétique et climatique pour le territoire, la CANGT est porteuse d'un Plan climat-air-énergie territorial (PCAET) approuvé en septembre 2019, basé sur des diagnostics territoriaux qui ont mobilisé l'expertise et le réseau de partenaires – contributeurs de l'OREC – Observatoire de l'énergie et du climat, et du GREC.

L'OREC Guadeloupe a en effet été le partenaire incontournable aussi bien sur la réflexion portée sur les indicateurs régionaux, et plus singulièrement territoriaux, à suivre afin de tenir compte des spécificités de chacun des EPCI, que sur l'analyse des données constitutives de notre état des lieux.

Les orientations stratégiques approuvées émanent ainsi des profils climat et énergie produits pour notre EPCI et construits sur la base d'une démarche prospective, des dires d'experts du GREC et des projections de leurs différents partenaires.

La mobilisation des experts régionaux sur ces thématiques majeures contribue à la mise en œuvre de politiques publiques intégrées et inclusives par la Communauté d'agglomération du Nord Grande-Terre, politiques dont les enjeux et l'appropriation sont partagés au sein du réseau du GREC, tant sur les réalisations que sur les nouveaux besoins suscités au fil de l'eau par la transition en matière de connaissances. »

La prospective est également indispensable dans la réalisation de projets structurants, comme ce fut notamment le cas pour la proposition de loi rénovant la gouvernance des services publics d'eau potable et d'assainissement en Guadeloupe, du 12 mars 2021 et permettant la création du Syndicat mixte de gestion de l'eau et de l'assainissement de Guadeloupe qui a pu être éclairée par les travaux du cahier sur la « Ressource en eau face au changement climatique en Guadeloupe », dont les principales conclusions furent présentées au Sénat par M. Guy Benarroche, sénateur des Bouches-du-Rhône (Provence-Alpes-Côte d'Azur)[9].

La place de la prospective dans les pratiques – exemple de l'agriculture



Figure 10 – Projet Explorer.
Source : Synergîle.

À travers les cahiers thématiques, les experts du territoire identifient de nouveaux axes de recherche permettant d'apporter des éléments concrets et palpables aux acteurs du territoire.

Nous prendrons l'exemple du projet Explorer mené en partenariat avec l'INRAe, Météo-France et le Pôle d'innovation Synergîle qui apporte les premières solutions basées sur l'agroécologie et la bioéconomie.

Ce projet a pour objectif de permettre à l'agriculture guadeloupéenne d'atténuer ses émissions de gaz à effet de serre et de s'adapter au changement climatique tout en garantissant aux agriculteurs des revenus stables.

Pour arriver à cet objectif, des ateliers de concertation avec les acteurs agricoles seront réalisés dans l'ambition de construire des solutions innovantes dans ce domaine d'activité.

Ces solutions incluront un accompagnement technique des agriculteurs qui pourront disposer de formation, de la mise à disposition de foncier pour les futurs agriculteurs et également d'un accompagnement financier. Ces outils permettront d'encourager nos agriculteurs et les futurs installés à s'orienter vers une agriculture vertueuse et respectueuse de l'environnement répondant aux besoins alimentaires de la population.

Témoignage de Jean-Marc Blazy, chercheur INRAe, unité de recherches Agrosystèmes tropicaux (UR ASTRO).

« Dans le cadre du projet de recherche Explorer, mené avec l'OREC Guadeloupe et Météo-France, nous tentons de proposer aux agriculteurs des solutions face à la problématique du changement climatique en Guadeloupe. En effet, ce dernier

9. http://www.senat.fr/dossier-legislatif/ppl20-318.html

s'accentue et les agriculteurs en subissent déjà les connaissances négatives, en particulier par des sécheresses plus marquées et plus fréquentes.

L'objectif du projet Explorer est de proposer un modèle d'agriculture climato-intelligente, c'est-à-dire qui permet d'atteindre un triple objectif d'adaptation, d'atténuation et de productivité pour l'autonomie alimentaire du territoire.

À cette fin, nous avons conduit quatre actions complémentaires :

1. Réaliser des projections de changement climatique pour l'agriculture antillaise pour savoir quels sont les aléas les plus impactants auquel il faut se préparer ;

2. Réaliser un diagnostic de vulnérabilité des exploitations agricoles pour identifier les leviers à actionner pour renforcer leur résilience ;

3. Développer un prototype de micro-ferme climato-intelligente pour expérimenter de nouveaux modèles agricoles[10] *et informer les agriculteurs sur ces alternatives ;*

4. Utiliser la modélisation pour évaluer à quelles conditions ces nouveaux systèmes pourraient se développer à l'échelle du territoire.

Cette dernière tâche sert à conduire des ateliers à visée prospective avec les acteurs du territoire, notamment ceux en charge d'orienter et accompagner les acteurs du monde agricole. Cette expérience nous a montré à quel point il est important d'inclure les acteurs dans ces travaux de recherche, car cela permet de les insérer dans un processus d'apprentissage et de coconstruction pour faciliter la transition à l'échelle du territoire.

De cette étude, il ressort principalement que, si les nouveaux modèles proposés peuvent réellement permettre une agriculture climato-intelligente avec des performances productives, environnementales et de résilience face aux aléas très satisfaisantes, la transition à l'échelle du territoire nécessite un soutien fort des institutions en ce qui concerne :

- *la formation des agriculteurs ;*
- *le renforcement des efforts de recherche pour améliorer la productivité du travail ;*
- *la mise en place d'écolabels ;*
- *le développement d'une bioéconomie circulaire pour approvisionner en intrants biologiques les agriculteurs ;*
- *la réorientation des politiques agricoles pour soutenir économiquement des systèmes vertueux au plan environnemental et productifs au plan agronomique mais plus consommateurs en travail, donc moins efficace économiquement parlant. »*

10. https://www.inrae.fr/actualites/microfermes-guadeloupe-transition-agroecologique-route

- *Conclusion*

La Guadeloupe a rapidement reconnu le besoin d'agir face aux impacts du changement climatique et peut désormais capitaliser sur de nombreux travaux et expériences notamment de nature prospective qui lui permettent de graduellement améliorer sa prise en compte de l'adaptation au changement climatique. Ainsi, depuis une dizaine d'années, la Guadeloupe se dote d'outils permettant de réunir l'information existante sur les effets du changement climatique sur son territoire via la mise en œuvre de l'OREC et du GREC. Elle a su dépasser le manque de données en s'appuyant sur la connaissance des experts et acteurs locaux, ce qui a en même temps permis de mobiliser les parties prenantes. Cette participation est favorisée par une approche inclusive et thématique, intéressant aussi les acteurs économiques. Ces travaux sont ensuite valorisés par tous les canaux disponibles (vidéo, webinaires, ateliers d'acteurs, média) afin de favoriser la sensibilisation et l'appropriation par la population, les acteurs économiques, les décideurs. L'adaptation informe désormais des documents de planification publics tels que le PCAET ou des projets de loi tel que celui sur la rénovation de la gouvernance des services publics d'eau potable et d'assainissement.

Si ce travail commence dès lors à porter ses fruits, il doit nécessairement se poursuivre afin d'approfondir la connaissance et d'améliorer l'ancrage de l'adaptation dans la durée au sein des décisions et stratégies régionales. Pour ce faire, à partir de travaux prospectifs tels que l'étude C3AF (Changement climatique et conséquences sur les Antilles françaises), les études thématiques (eau, écosystèmes en 2020 et agriculture et transport qui sont en cours) se complètent d'un volet socio-économique afin d'aider les décideurs à prendre en compte le coût de l'inaction face aux effets du changement climatique et illustrer les solutions envisageables.

La disponibilité des projections climatiques dans les Antilles dans DRIAS « les futurs du climat », la mise à jour des outils tels que TACCT ou les informations diffusées dans le Centre national de ressources sur l'adaptation au changement climatique[11] sont autant de pistes à explorer pour affiner la prospective à l'échelle de la Guadeloupe.

Des échanges avec les voisins anglophones de la Caraïbe sont également prévus afin de partager les méthodes et outils en termes de coopération régionale.

11. https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr

L'acceptabilité sociale des solutions comme facteur de réalisation de l'adaptation : l'exemple d'un outre-mer, l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon

Xénia Philippenko,
doctorante géographe BRGM, CNRS UMR 8591,
Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

En France, sous l'impulsion des accords internationaux et des projets européens, l'adaptation est de plus en plus intégrée dans la réglementation depuis 2007, offrant ainsi un cadre pour mettre en œuvre des mesures dans chaque région ou commune, selon une approche « *top-down* » (Bisbroeck *et al.*, 2010 ; Claude *et al.*, 2015). Une démarche « *bottom-up* » coexiste avec le volet adaptation des schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET). L'établissement de stratégies et d'accords sur le climat se heurte cependant à de nombreux freins (Eisenack *et al.*, 2014 ; Waters *et al.*, 2014). Le transfert des mesures proposées vers les politiques publiques locales peut être complexe, et parfois une méconnaissance ou un déni local de la situation climatique et environnementale peut freiner, voire arrêter le processus d'adaptation (Meur-Férec et Rabuteau, 2014 ; Lammel, 2015). Les scientifiques cherchent par conséquent à repenser l'adaptation, en s'appuyant davantage sur les sciences sociales. Cette démarche privilégie la mise au jour des obstacles locaux à l'adaptation pour pouvoir les contourner ou les franchir. Les recherches en sciences humaines et sociales soulignent également l'importance d'intégrer et d'étudier le rôle des populations dans le processus d'adaptation. Des études antérieures ont en effet montré que la compréhension des perceptions au niveau individuel et communautaire permet de comprendre les attitudes des populations face aux risques côtiers et au changement climatique, et d'évaluer l'acceptation des politiques d'adaptation (Lammel, 2015 ; Costas *et al.*, 2015 ; Thistlethwaite *et al.*, 2018).

L'acceptation sociale des solutions d'adaptation est un enjeu particulièrement important. Cette notion est encore émergente (Fournis et Fortin, 2015) : elle se définit comme le résultat issu d'un processus, au cours duquel un groupe social admet l'existence de restrictions dans son environnement habituel, reflétant ainsi « *une capacité à accepter – sans nécessairement une intégration ou une adhésion totale* » (Depraz et Laslaz, 2017). L'acceptation sociale dépend de multiples facteurs, tels que les perceptions des solutions d'adaptation ou la confiance dans les acteurs publics ou dans les décisions de gouvernance (Cash *et al.*, 2002 ; Fournis et Fortin, 2015 ; Rey-Valette *et al.*, 2019). Des recherches ont été conduites sur cette notion dans le cadre d'un travail doctoral sur l'adaptation sociétale à Saint-Pierre-et-Miquelon face aux effets littoraux du changement climatique (Philippenko *et al.*, 2021). Cette étude présente des éléments prospectifs intéressants liant acceptabilité de diverses mesures d'adaptation et stratégie d'adaptation territoriale.

• *Quelques éléments concernant la démarche prospective et les données utilisées*

Les éléments présentés sont le résultat d'un travail doctoral utilisant plusieurs méthodes complémentaires et interdisciplinaires. Ces méthodes sont à la fois quantitatives, en particulier via une analyse statistique issue d'une enquête par questionnaires, et qualitatives : observation de terrain, approche historique, entretiens, ateliers collectifs. Plus de 350 personnes ont pu être interrogées, regroupant des profils variés : décideurs, gestionnaires, techniciens, acteurs associatifs, lycéens, simples citoyens. Une partie de l'exercice consistait pour les participants à se projeter dans le temps et l'espace à partir de cartes. Ces cartes représentaient le trait de côte en 2100, à partir de modélisations basées sur le scénario médian du GIEC (De La Torre *et al.*, 2016). Les participants étaient invités à évaluer l'acceptabilité des différentes solutions et leur mise en place dans le temps.

• *La nécessité de s'adapter au changement climatique sur l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon*

Saint-Pierre-et-Miquelon est une collectivité française d'outre-mer, située dans l'Atlantique Nord-Ouest, à 25 km de Terre-Neuve (Canada). La population totale s'élève à 6 260 habitants en 2018[1], dont plus de 89 % sur la petite île de Saint-Pierre. L'archipel comprend trois îles principales, pour une superficie totale de 242 km², aux altitudes basses : Saint-Pierre, Miquelon et Langlade. Le climat est subarctique et caractérisé par de fortes précipitations, des brouillards fréquents et des conditions venteuses. Le littoral fait face à deux types de risques majeurs : l'érosion côtière et les submersions, exacerbées par les tempêtes.

Les rapports du Canada et du GIEC alertent sur de nombreux effets du changement climatique dans la zone régionale de l'Atlantique Nord-Est : réchauffement régional des températures atmosphériques et océaniques, augmentation des précipitations extrêmes, diminution des précipitations nivales et du phénomène de pied de glace hivernal (Oppenheimer *et al.*, 2019 ; Bush et Lemmen, 2019 ; Ranasinghe *et al.*, 2021). Cette diminution du pied de glace, un large dépôt de glace le long des côtes, devrait favoriser l'érosion hivernale du littoral, comme le suggèrent des observations récentes à Saint-Pierre-et-Miquelon (De La Torre *et al.*, 2016 ; De La Torre, 2021). Par ailleurs, les scientifiques du GIEC considèrent comme certain que l'élévation du niveau de la mer se poursuivra au XXIe siècle, du fait du changement climatique mais aussi de la subsidence induite par l'ajustement isostatique global (rebond post-glaciaire) ; de manière générale, le GIEC s'attend à une augmentation des risques côtiers (Billy *et al.*, 2015 ; Oppenheimer *et al.*, 2019 ; Ranasinghe *et al.*, 2021). Les facteurs anthropiques sont une composante tout aussi importante des risques à Saint-Pierre-et-Miquelon : la plupart des habitations et des infrastructures sont situées sur des zones côtières basses.

1. INSEE, recensement 2019.



Figure 1 – Le village de Miquelon situé sur un isthme de galets.

Source : Xénia Philippenko, BRGM.

Depuis 1952, l'étalement urbain et périurbain en bord de mer a augmenté l'exposition et la vulnérabilité de la population et des biens. En 2009, plusieurs tempêtes hivernales successives ont amorcé une prise de conscience des risques littoraux sur l'archipel. Entre 2013 et 2016, une étude menée par le BRGM[2] donne d'une part un constat de la vulnérabilité des enjeux et d'autre part un état des lieux des dynamiques locales des aléas littoraux dans le temps. Un Plan de prévention des risques littoraux (PPRL) a été développé et mis en place entre 2013 et 2018. Ce PPRL prend en compte les études précitées et propose de premières actions ; cependant, aucune stratégie globale d'adaptation n'existe pour l'instant sur le long terme.

2. Étude « VULIT – Vulnérabilité du littoral de Saint-Pierre-et-Miquelon face aux risques côtiers » (De La Torre *et al.*, 2013 et 2016).



Figure 2 – La route de l'isthme de Miquelon-Langlade, fine bande de terre menacée par l'érosion, la submersion et l'élévation du niveau de la mer.

Source : Xénia Philippenko, BRGM.

- *L'adaptation littorale : s'appuyer sur l'acceptabilité des solutions pour alimenter une stratégie d'adaptation*

L'acceptabilité a été étudiée pour sept mesures d'adaptation à l'échelle de l'archipel : ces sept mesures synthétisent les différents types de stratégies possibles face aux risques littoraux, telles que les solutions fondées sur la nature, le suivi du littoral, les exercices de crise, l'aménagement des infrastructures ou encore les contraintes et incitations réglementaires et financières. Dans un second temps, l'acceptabilité a également été étudiée pour un panel de mesures similaires sur sept sites spécifiques de l'archipel aux enjeux différents. On constate parfois une divergence entre l'acceptabilité à l'échelle globale, souvent plus théorique, et celle à l'échelle d'un territoire en particulier. À l'échelle globale de l'archipel, les solutions fondées sur la nature sont les mesures les plus largement acceptées (87 %), suivies par la limitation de la construction de bâtiments (74 %) et la participation à la surveillance des côtes (73 %). Les exercices de crise (64 %) et la création d'un fonds local d'aide à l'adaptation (63 %) sont également plutôt bien acceptés. Les mesures plus contraignantes, telles que l'aménagement des maisons et les réglementations locales restrictives, semblent moins acceptables pour les répondants (respectivement 52 % et 47 %).

À l'échelle d'un site, les solutions douces, telles que la végétalisation ou même l'abandon du site, sont mieux acceptées lorsqu'il s'agit de zones de loisirs. Au

contraire, les solutions dures, telles que les enrochements ou les digues, sont préférées pour les lieux présentant des enjeux plus importants : pôle économique, centre résidentiel, infrastructure critique. Le rehaussement est également privilégié pour les sites avec des enjeux forts. Enfin, la relocalisation est envisagée par les habitants de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon pour deux sites : le village de Miquelon (89 %) et la route de l'étang de Mirande (50 %). Ce résultat inhabituel – la relocalisation étant souvent mal acceptée – s'explique par la combinaison de plusieurs facteurs.



Figure 3 – Les zones basses du littoral de la ville de Saint-Pierre protégées par de nombreux enrochements.

Source : Xénia Philippenko, BRGM.

- *L'acceptabilité varie selon des facteurs territoriaux, des critères socio-économiques et selon la confiance dans les acteurs de l'adaptation*

À Miquelon, quatre étapes expliquent le basculement de l'acceptabilité en faveur de la relocalisation. Premièrement, l'annonce en 2016 puis la mise en place d'un Plan de prévention des risques littoraux et de ses règles de limitation des constructions ont alerté la population, générant parfois des tensions et du déni dans un premier temps. Dans un deuxième temps, les actions et décisions des autorités et services locaux de l'État ont eu pour effet d'expliquer et convaincre la population de la réalité des risques et de l'éventualité d'une relocalisation. Troisièmement, deux fortes tempêtes en 2018 ayant provoqué des inondations dans le village ont rendu plus tangibles les impacts de l'élévation du niveau de

la mer et du changement climatique et ont semblé avoir un fort impact sur l'esprit des habitants. Enfin, le fort attachement au lieu des habitants de Miquelon les a conduits à adopter une attitude proactive afin de trouver des solutions pour rester sur le territoire et en faire une opportunité de développement. On peut citer les manifestations des habitants en faveur de l'ouverture d'une nouvelle zone de construction[3], moins vulnérable, ou encore la forte mobilisation du maire sur ce sujet[4]. L'attachement au lieu peut alors devenir une opportunité d'adaptation.

Cependant, ce n'est pas toujours le cas : en dehors d'un contexte favorable et de la conjonction de plusieurs facteurs permettant de faire évoluer l'acceptabilité, on observe que plus les personnes sont attachées au territoire, via la naissance sur le territoire, la propriété ou la durée de vie sur le territoire, moins elles sont prêtes à accepter des mesures restrictives. Les variables sociodémographiques, comme le niveau d'éducation ou la catégorie socioprofessionnelle, sont également significatives : les personnes ayant un diplôme supérieur et les catégories socio-professionnelles les plus favorisées (CSP+) sont plus susceptibles d'accepter des mesures d'adaptation plus contraignantes et/ou les mesures d'adaptation souples, comme le laisser-faire ou la végétalisation de certaines zones.

La confiance que mettent les habitants dans les acteurs de l'adaptation peut également jouer un rôle dans l'acceptabilité ou non de mesures d'adaptation. Les habitants considèrent les scientifiques comme les acteurs leur délivrant l'information la plus fiable (58%) ; le pourcentage reste cependant relativement faible et indique une défiance d'une partie de la population envers les informations scientifiques. Cette confiance dans la science dépend du niveau d'éducation : plus les gens ont pu bénéficier de formations diplômantes, plus ils sont susceptibles de faire confiance aux scientifiques. Les acteurs publics ne sont pas considérés comme délivrant une information fiable en comparaison des scientifiques ou même des médias (33%). En revanche, ils sont plébiscités en tant qu'acteurs majeurs de la mise en place de l'adaptation, qu'il s'agissent des pouvoirs publics locaux ou des services décentralisés de l'État.

- *Construire des stratégies d'adaptation « dynamiques » en y intégrant la dimension temporelle*

La mise en place de mesures d'adaptation est considérée comme urgente par la quasi-totalité des participants quant à l'adaptation au changement climatique à Saint-Pierre-et-Miquelon : 92% souhaitent une adaptation précoce dans l'archipel, dans les 30 prochaines années, et plus de la moitié souhaitent même une adaptation immédiate. Très peu de personnes interrogées semblent considérer l'échelle de temps de 80 ans comme pertinente. Cette demande de mise en œuvre rapide s'exprime pour toutes les mesures d'adaptation étudiées, tant

3. Comme l'illustre l'article suivant : https://la1ere.francetvinfo.fr/saintpierremiquelon/miquelon-langlade/montee-eaux-manifestation-miquelon-marge-visite-ministre-annick-girardin-792359.html

4. Comme l'illustre l'article suivant : https://la1ere.francetvinfo.fr/saintpierremiquelon/a-miquelon-le-programme-d-actions-contre-les-inondations-se-precise-887968.html

à l'échelle d'un site en particulier qu'à l'échelle de l'archipel, même si le délai varie selon le type de mesure.

À l'échelle de l'archipel, les solutions les plus acceptables – solutions fondées sur la nature, limitation des constructions, surveillance des côtes – sont considérées comme les plus urgentes à mettre en œuvre. À l'échelle d'un site, le choix de l'échelle temporelle semble être moins dépendant des enjeux du site et être plutôt lié au type de solution. Les personnes interrogées choisissent l'échelle de temps la plus proche pour les solutions « dures », alors qu'elles laissent plus de temps, parfois 80 ans, pour les solutions « douces » et la relocalisation. Le fait que les habitants choisissent des échelles de temps différentes pour certaines solutions ou certains lieux présentant des enjeux importants est intéressant. Il va dans le sens de l'élaboration d'une planification dynamique de l'adaptation[5], prenant en compte la complexité de la situation. Les plans d'adaptation dynamiques sont des outils de gestion qui visent à faciliter l'anticipation de l'adaptation et peuvent s'appuyer sur la conception de scénarios d'adaptation évolutifs en fonction du temps et/ou du risque.

- *Conclusion et éléments prospectifs*

L'étude de l'acceptabilité de mesures d'adaptation peut servir de base de réflexion pour élaborer ou compléter des stratégies d'adaptation. L'acceptabilité n'est cependant pas figée et dépend de nombreux paramètres. Le manque de confiance dans les informations scientifiques, la difficulté à appréhender et comprendre ces informations peuvent constituer des freins à l'acceptabilité de certaines solutions dans le futur. De même, l'attente forte envers les acteurs publics peut constituer un obstacle si la population n'accepte pas les choix effectués. Des efforts de sensibilisation et de communication sont donc essentiels pour améliorer la compréhension, l'acceptabilité des solutions d'adaptation et de la mise en place effective de l'adaptation. Enfin, l'élaboration de plans d'adaptation dynamiques peut être un outil de gestion utile (Haasnoot *et al.*, 2019 ; Rocle *et al.*, 2020), via la prise en compte de la dimension temporelle et spatiale, afin de développer des scénarios d'adaptation territoriaux.

5. L'article de l'ADEME du présent rapport présente l'outil de planification dynamique de l'adaptation (TACCT).

Les Fabriques Prospectives : un dispositif d'ingénierie prospective pour accompagner les territoires dans la prise en compte du changement climatique

Annabelle Boutet,
Élodie Bourgeois,
Julie Dautriche,
Anaïs Lefranc-Morin,
Agence nationale de la cohésion des territoires (ANCT)

La prospective est nécessaire pour anticiper les impacts du changement climatique à toutes les échelles, notamment sur le plan socio-économique. Si les exercices de prospective internationaux et nationaux apportent des éclairages essentiels, l'enjeu pour les acteurs locaux – en particulier pour les communes et leurs groupements – est d'anticiper les évolutions à leur échelle et de cerner les actions qu'ils peuvent mener à court, moyen et long terme pour y répondre. Cette anticipation demande des moyens humains, des expertises méthodologiques, des ressources et des connaissances, c'est-à-dire une ingénierie territoriale, dont ne disposent pas toujours les communes et leurs groupements, en particulier ceux comptant peu d'habitants. L'Agence nationale de la cohésion des territoires (ANCT) a été créée le 1er janvier 2020 pour apporter cette ingénierie aux collectivités afin de les aider à élaborer leurs projets. Pour ce faire, l'Agence dispose de trois modalités d'intervention : les programmes nationaux, la contractualisation et l'apport d'ingénierie. Parmi cette offre d'ingénierie figurent les Fabriques Prospectives (*FP*) : un dispositif original et innovant, qui vise à apporter de l'ingénierie prospective aux territoires en articulant un accompagnement individuel et un travail collectif. Après avoir dressé les caractéristiques des Fabriques Prospectives, nous examinerons dans cet article en quoi elles contribuent à l'anticipation par les communes et leurs groupements des impacts du changement climatique et à la définition d'actions locales pour y répondre.

• *Les Fabriques Prospectives*[1] *: une ingénierie prospective territoriale et opérationnelle*

Les Fabriques Prospectives ont été initiées en 2018 par le bureau de la prospective et des études du Commissariat général à l'égalité des territoires (dont les missions ont été reprises par le pôle prospective veille innovation de l'ANCT) pour renouveler l'exercice de la prospective territoriale hérité de la Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'action régionale (DATAR). Plutôt que de mobiliser des experts pour concevoir des scénarios sur les évolutions possibles des territoires, il s'agissait de concevoir un dispositif de prospective qui parte des territoires pour en tirer des enseignements nationaux, totalement articulé aux besoins des communes et de leurs groupements.

1. Pour en savoir plus : https://agence-cohesion-territoires.gouv.fr/les-fabriques-prospectives-accompagner-les-territoires-dans-les-transitions-211#scrollNav-3

Une première caractéristique d'une *FP* est ainsi de réunir **un groupe de territoires « du même type »** (par exemple : quatre métropoles, quatre villes moyennes, huit petites villes, etc.) pour travailler collectivement sur un enjeu relatif aux transitions écologique, économique, démographique ou de l'action publique. Regrouper des territoires « du même type », souvent engagés dans des programmes de l'ANCT, facilite le partage d'expériences et permet de tirer des enseignements précis pour enrichir les programmes de l'Agence. Le lien est ainsi direct entre l'activité prospective de l'ANCT, son appui à l'ingénierie et ses programmes.

Une deuxième caractéristique est d'apporter **une ingénierie prospective à visée opérationnelle**. Pour ce faire, chaque *FP* dure une année, organisée autour de quatre séminaires dans chaque territoire et de quatre « séminaires intersites ». Ce temps long facilite la réflexion prospective car il « oblige » les acteurs locaux, souvent pris dans la gestion des urgences, à prendre le temps de cheminer progressivement dans leur réflexion. Pour autant, à l'issue d'une *FP*, chaque territoire dispose d'un livrable qui traduit concrètement sa réflexion prospective en actions à mener à court, moyen, long terme (feuille de route ou programme d'actions). Parallèlement, chaque *FP* aboutit également à des pistes d'actions nationales construites à partir des remontées des territoires. La démarche est donc totalement ascendante. Cet objectif d'opérationnalisation est majeur pour mobiliser les élus locaux et les partenaires nationaux autour d'une *FP*.

Par ailleurs, tout en assurant à chaque territoire un accompagnement sur mesure et un livrable spécifique, les *FP* ont pour caractéristique d'être **des démarches collectives** dans le sens où elles réunissent quatre à huit communes ou établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) « du même type » et des partenaires nationaux dans la durée. Cette spécificité est une originalité forte de la démarche. L'aspect collectif des *FP* joue à plusieurs niveaux :

- les quatre à huit communes ou EPCI engagés dans une *FP* travaillent sur le même sujet, même s'ils peuvent le décliner différemment sur leur territoire et si le prestataire doit veiller à s'adapter aux spécificités de chaque territoire ;
- réunies dans la durée, les communes ou EPCI tissent progressivement entre eux une relation de confiance : la *FP* génère une mise en réseau des territoires participants ;
- les élus et les agents référents des communes/EPCI et les partenaires nationaux sont réunis lors des séminaires intersites et s'inscrivent alors dans un état d'esprit « partenarial » : ils coconstruisent des solutions locales et nationales.

Enfin, dernière caractéristique, si les élus sont au cœur des *FP*, il ne s'agit pas de travailler uniquement avec les représentants de la commune ou de l'EPCI mais avec les acteurs du territoire : les *FP* sont des **démarches territoriales**. En effet, chaque commune ou EPCI accompagné doit former un groupe de travail local, réunissant les acteurs de son choix (entreprises, commerçants, associations, institutionnels, habitants, etc.) qui participeront activement à l'ensemble des séminaires locaux. Cette approche territoriale est indispensable pour traiter les sujets de transitions, qui sont de fait complexes, transversaux et mobilisent une diversité d'acteurs. Les *FP* activent ainsi de véritables collectifs de travail dans les territoires, qui dans plusieurs cas, ont perduré au-delà de la durée de l'accompagnement.

Plus globalement, le travail conduit dans le cadre d'une *FP* permet à l'ensemble des acteurs du territoire de définir collectivement « qui peut faire quoi » : que l'on soit commune/EPCI, acteur institutionnel, entreprise, association ou encore habitant, la réflexion prospective territoriale et collective permet de bien cerner qui peut mobiliser quel levier pour faire face aux transitions et comment se coordonner pour passer d'actions individuelles à une dynamique globale à l'échelle du territoire.

Depuis 2018, trois *FP* sont lancées chaque année par l'ANCT. Près de cinquante territoires ont ainsi été appuyés (*cf.* carte ci-dessous). Les communes ou les EPCI accompagnés sont pré-identifiés par le comité de pilotage de chaque *FP*, puis contactés par l'ANCT qui leur propose de s'engager dans la *FP* : il ne s'agit donc pas d'un appel à projets ou d'un appel à manifestation d'intérêt. L'objectif est en effet de **toucher des communes ou des EPCI volontaires, intéressés par le sujet à traiter dans la *FP* et exprimant le besoin d'une ingénierie prospective,** mais qui n'auraient pas nécessairement fait la démarche de solliciter un accompagnement auprès d'acteurs nationaux.

Chaque *FP* est financée par l'ANCT, voire cofinancée par un ou plusieurs partenaires nationaux, et **fait l'objet d'un marché publié par l'ANCT**. Le cahier des charges d'une *FP* fixe une problématique, des hypothèses, des axes de travail et des attendus (nombre de jours d'accompagnement, nature des livrables, etc.). Néanmoins, il n'indique pas de méthode de travail : il s'agit en effet de sélectionner le prestataire (consultants ou groupements de consultants et de chercheurs) qui proposera la méthodologie la plus adaptée au type de territoire accompagné et au sujet traité. De fait, chaque *FP* est spécifique dans ses méthodes, mais toutes les *FP* atteignent les deux mêmes objectifs : apporter à chaque territoire un accompagnement prospectif qui se traduit par des actions à mener à court, moyen, long terme ; formuler, à partir des réflexions des territoires, des pistes d'évolution pour l'action publique nationale. La démarche est donc résolument *bottom up*. Afin de valoriser les résultats des *FP*, l'ANCT réalise une publication[2] à partir des livrables du prestataire, qu'elle diffuse, afin d'être accessible au plus grand nombre.

2. https://agence-cohesion-territoires.gouv.fr/les-fabriques-prospectives-accompagner-les-territoires-dans-les-transitions-211#scrollNav-3



Figure 1 – Carte des Fabriques Prospectives lancées par l'ANCT depuis 2018.

Source : Agence nationale de la cohésion des territoires (ANCT).

- *Fabriques Prospectives et adaptation au changement climatique*

Si l'adaptation au changement climatique n'a pas fait l'objet d'une *FP* en tant que telle, elle a été abordée dans plusieurs *FP* : ou bien elle y constitue une sous-question à traiter dans le cahier des charges, ou bien elle est introduite par le prestataire dans le fil d'animation des séminaires ou encore elle est évoquée spontanément par les acteurs locaux au cours des séminaires comme facteur majeur de changement pour leur territoire. On peut par exemple citer les *FP* suivantes :

- « **Adaptation au vieillissement dans les quartiers prioritaires de la politique de la ville (Bagnolet, Nîmes) et dans les territoires périurbains (Prémesques, Saint-Georges-des-Coteaux** ») **(2018) :** sept enjeux ont été identifiés pour faire des quartiers prioritaires de la politique de la ville (QPV) et du périurbain des territoires du « bien vieillir », dont la qualité des espaces publics. La présence d'espaces de nature en milieu urbain a en effet été identifiée par les participants à la Fabrique Prospective (commune, CCAS/CIAS, personnes âgées de chaque territoire, etc.) à la fois comme une motivation de sortie de leurs logements pour les plus âgés, favorisant la santé et la sociabilité, mais également comme un facteur de moindre exposition à la chaleur pendant les canicules (création d'îlots de fraîcheur). Le lien a donc été établi entre changement climatique, qualité de vie et bonne santé, en particulier des plus âgés.

• « **Territoires industriels et capital social (CA Charleville-Mézières – Sedan, CA Dieppe, CA de Saint-Nazaire, CC de Decazeville)** » **(2019) :** lors des premiers séminaires locaux, les prestataires ont proposé des exercices de rétroprospective face à des situations idéales typiques. Répartis en groupe de travail, les participants devaient imaginer des solutions à chaque situation, identifier les freins et les leviers, et cerner ce qu'elle induirait en termes de changements pour le territoire et l'industrie mais également en termes de dynamique d'acteurs. Sur le territoire de la CA de Dieppe, une des situations était l'installation d'une seconde ligne de fabrication de formules 1 (groupe Renault) sur le territoire. Un des freins identifiés par les acteurs locaux était le risque de submersion marine de la vallée, où sont aujourd'hui installées les entreprises, à côté d'autres facteurs tels que la fiscalité, le manque de foncier disponible ou encore d'offre d'enseignement supérieur pour former les futurs employés de l'usine de Dieppe. Ainsi, l'adaptation au changement climatique était identifiée comme un enjeu pour le développement industriel du territoire au même titre que des questions de formation ou d'aménagement.

• « **Petites villes et santé environnementale : quelles attentes ?, quelles mutations ?, quelles ressources ? (Chantepie, Mouans-Sartoux, Ramonville-Saint-Agne, Saint-Péray)** » **(2020-2021) :** la santé environnementale peut être définie comme étant l'ensemble des effets sur la santé des personnes dus : à leurs conditions de vie (expositions liées à l'habitat et/ou expositions professionnelles par exemple, nuisances telles que le bruit ou l'insalubrité) ; à la contamination des milieux (eau, air, sol, etc.) ; aux changements environnementaux (climatiques, ultraviolets, etc.). Lors des séminaires locaux de la Fabrique Prospective, les impacts actuels et futurs du changement climatique ont été une source de préoccupations de la part des participants en termes de santé environnementale. Le groupe local de Ramonville-Saint-Agne a souligné le risque d'augmentation des maladies vectorielles en lien avec une augmentation de la population de moustiques. Plus globalement, le changement climatique a été identifié comme un réel facteur de dégradation de la santé des habitants (ex. dégradation de la qualité de l'air, diffusion accrue des allergènes, etc.).

• « **Villes moyennes et transition écologique : quelle mutation des modes de production et de consommation ? (commune de Lorient, commune de Saint-Dié-des-Vosges, CA du bassin de Bourg-en-Bresse, CA du Beauvaisis)** » **(2020-2021) :** l'adaptation au changement climatique a principalement été abordée dans l'une des quatre villes, Saint-Dié-des-Vosges, car elle est l'objectif central du Contrat de transition écologique du PETR du Pays de la Déodatie (2020-2024), dans le prolongement duquel la Fabrique Prospective s'est inscrite. Le troisième séminaire local de la Fabrique Prospective a permis de formuler des pistes d'action pour répondre à l'enjeu de l'implication des entreprises dans l'adaptation au changement climatique du territoire, notamment en ce qui concerne la résilience de l'économie touristique, la mutation de la filière bois et la sobriété dans l'usage de la ressource en eau (par exemple : soutenir les projets d'adaptation portés en commun par plusieurs acteurs d'une même filière, organiser le partage des retours d'expérience des entreprises les plus

avancées auprès des autres entreprises du territoire, ou encore utiliser l'achat public pour inciter des changements de pratiques des entreprises).

• « **La nature comme atout pour l'attractivité et la résilience des territoires ruraux (communes d'Awala-Yalimapo, Bard, Beurey-sur-Saulx, Gornac)** » **(2021-2022) :** l'adaptation au changement climatique a été identifiée dans le cahier des charges de cette Fabrique Prospective comme une dimension incontournable de la résilience des territoires ruraux. De plus, et de manière moins classique, le cahier des charges propose de considérer que les conditions de vie offertes par les territoires au regard du changement climatique seront un élément de plus en plus déterminant de leur attractivité résidentielle, économique et touristique. Dans le cadre des premiers séminaires locaux, les évolutions climatiques de chaque territoire anticipées à 2050 ont été présentées aux groupes de travail locaux par le prestataire. Les impacts possibles de ces évolutions sur la nature ont suscité beaucoup de réactions au sein des groupes de travail, voire des inquiétudes pour le devenir de leurs territoires et en particulier de l'agriculture. Ce travail a déjà permis d'identifier des enjeux d'adaptation pour les quatre territoires, en particulier concernant la gestion quantitative de l'eau face aux risques de sécheresses et des tensions croissantes sur cette ressource.

Conclusion

Les exemples de Fabriques Prospectives développés ci-dessus montrent que l'adaptation au changement climatique traverse les préoccupations des acteurs des territoires et que les conséquences du changement climatique sont appréhendées aussi bien sous les angles économiques que sociaux. Si les enjeux sont cernés, il est souvent difficile pour des communes et des EPCI, en particulier ceux de petites tailles, de « rendre concrets » certains exercices de prospective nationaux et d'identifier les actions qu'ils peuvent mettre en place à leur échelle et les partenaires qu'ils peuvent mobiliser sur leur territoire et au-delà pour y répondre : en étant au plus près des territoires, les Fabriques Prospectives aident les acteurs locaux à concrétiser l'adaptation au changement climatique à leur échelle.

Un travail prospectif au service de l'adaptation au changement climatique à Paris

Julie Roussel,
Ville de Paris

• *Préambule*

À l'échelle mondiale, depuis la fin du XIXe siècle la température moyenne du globe a augmenté de 1,1 °C depuis l'ère préindustrielle (AR6-WG1 du GIEC, 2021). Le niveau moyen de la mer poursuit son élévation qui s'est accélérée au cours des dernières décennies.

En France, on peut dès à présent noter les signes de ce réchauffement :

- les quinze années les plus chaudes sont postérieures à l'an 2000 ;
- la décennie 2010-2019 a été plus chaude de 0,19 °C que la décennie 2000-2009 ;
- les cinq dernières années de 2016 à 2020 sont les cinq plus chaudes observées depuis 1850.

Du fait des impacts directs du changement climatique et des conséquences qu'il peut engendrer sur les ressources, Paris encourt des risques sur son territoire, pour sa population et pour ses activités. Depuis 2012, la ville de Paris analyse les impacts du changement climatique sur son territoire. Vagues de chaleur, inondations, sécheresses et pluies violentes, tous ces phénomènes connus vont s'aggraver au fil des années. Le climat s'est d'ores et déjà réchauffé de 2,3 °C à Paris[1].

Le Plan Climat de la ville de Paris apporte des réponses opérationnelles aux enjeux d'adaptation : protéger les plus vulnérables, agir plutôt que subir, mieux connaître et appréhender ces enjeux afin de renforcer la résilience du territoire parisien (ville de Paris). Les mesures adoptées visent à coordonner les initiatives à l'échelle du territoire parisien, à mobiliser les acteurs concernés et à proposer de nouvelles actions dans l'objectif d'adapter Paris aux effets du changement climatique et à la raréfaction des ressources, tout en le rendant plus agréable à vivre, plus attractif et plus résilient.

1. « Paris face aux changements climatiques » (Ville de Paris, 2021).

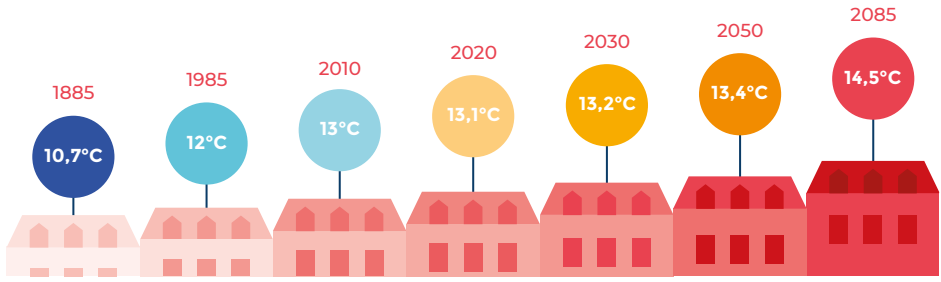


Figure 1 – Augmentation des températures moyennes à Paris, observées depuis 1885 et projetées jusqu'en 2085 (SSP2-4.5).

© Ville de Paris, 2021.

- *L'adaptation au changement climatique à Paris*

L'adaptation au changement climatique est un véritable enjeu pour la Ville de Paris, cela se manifeste depuis l'adoption de son premier Plan Climat en 2007. Le sujet de l'adaptation s'est vu renforcé lors de la révision du Plan Climat de 2012 avant d'être complété par un document spécifique : la Stratégie d'adaptation de Paris (2015), à la suite du lancement d'un travail prospectif « le diagnostic des vulnérabilités et des robustesses du territoire parisien face au changement climatique et à la raréfaction des ressources ».

2007 : premières recherches sur l'impact des îlots de chaleur urbains

Lors de l'élaboration du premier Plan Climat de Paris en 2006-2007, la canicule de 2003, et son terrible bilan social, est dans toutes les mémoires. La ville de Paris renforce alors son plan canicule, développe de nouveaux espaces verts, intègre la question du confort thermique estival pour les bâtiments et lance une bourse de recherche sur les îlots de chaleur urbains (ICU). Le projet EPICEA[2] (étude pluridisciplinaire des impacts du changement climatique à l'échelle de l'agglomération parisienne, CSTB, Météo-France, APC, APUR) a permis de comprendre les effets de développement des ICU sur Paris et l'influence de la présence de l'eau et de la végétalisation sur la régulation thermique de la métropole.

2012 : lancement de la première étude des vulnérabilités et des robustesses de Paris

Dans le cadre du développement de son deuxième Plan Climat, la ville de Paris lance le *diagnostic des vulnérabilités et des robustesses du territoire parisien face au changement climatique et à la raréfaction des ressources*. Il s'agit d'une analyse complète et systémique des impacts du changement climatique pour l'ensemble du territoire parisien. Cette étude a mobilisé l'ensemble des directions de la ville

2. http://www.umr-cnrm.fr/IMG/pdf/epicea-rapport-final_v4.pdf

de Paris autour d'entretiens permettant le recueil et le croisement de données. Les partenaires institutionnels, techniques et économiques de la ville de Paris ont également été sollicités pour mener à bien cette étude qui s'est déroulée pendant près de deux ans (2012-2014). Les résultats de cette étude prospective ont permis d'étayer la composante « adaptation » du deuxième Plan Climat de Paris. À l'instar des thématiques Logements ou Tertiaire, le Plan est complété en 2015 par un carnet spécifique sur l'adaptation nommé « Stratégie d'adaptation de Paris ».

2015 : adoption d'une stratégie d'adaptation au changement climatique

Cette stratégie d'adaptation vise à anticiper toutes les conséquences connues du changement climatique pour les personnes habitant, travaillant ou visitant Paris. Il s'agit également de renforcer la résilience des infrastructures et des systèmes d'approvisionnement de la ville permettant une meilleure gestion des risques actuels et à venir. La stratégie se décline en 65 mesures à réaliser à horizon 2020 ou 2050 et qui s'organisent autour de quatre axes :

- la protection des Parisiens face aux événements climatiques extrêmes ;
- l'approvisionnement de la ville en ressources ;
- l'aménagement plus durable de la ville ;
- l'accompagnement des nouveaux modes de vie et le renforcement de la solidarité.

Ces initiatives de la Ville de Paris (diagnostic puis stratégie d'adaptation) ont permis d'anticiper certaines exigences réglementaires. Depuis le 30 juin 2016, l'article R. 229-51 exige que les PCAET se dotent d'une analyse de la vulnérabilité du territoire aux effets du changement.

L'élaboration et la mise en œuvre d'une stratégie d'adaptation ont notamment permis une articulation et un renfort de certains autres plans/stratégies (Zonage pluviale, Plan canicule, Plan parisien de santé environnementale, programme de végétalisation…).

2018 : intégration de l'adaptation dans le Plan Climat

Le nouveau Plan Climat[3] de la ville de Paris, adopté en 2018, intègre un volet adaptation et résilience qui permet d'inscrire des ambitions toujours plus fortes dans ce document. L'adaptation au changement climatique est un enjeu d'urgence stratégique pour Paris au même titre que tous les actions d'atténuation. Le nouveau Plan Climat de Paris absorbe donc l'intégralité de la stratégie d'adaptation et vient la renforcer en proposant non plus 65 mesures mais plus de 150. La ville de Paris affiche donc une ambition forte pour un territoire qu'elle veut résilient et adapté face au changement climatique et à la raréfaction des ressources. Ainsi, le Plan Climat permet d'aller encore plus loin en matière d'adaptation en affichant de nouveaux objectifs relatifs à la qualité de l'air (circulation automobile

3. Plan Climat Air Énergie Territorial de Paris :
https://cdn.paris.fr/paris/2020/11/23/99f03e85e9f0d542fad72566520c578c.pdf

limitée en cas d'épisodes de canicule) ou encore au rafraîchissement de l'espace public (utilisation de la fraîcheur des sous-sols) par exemple.

L'adaptation se concrétise aujourd'hui à Paris dans l'aménagement du territoire, en offrant aux usagers un espace public et un cadre bâti plus confortables qui tendent à répondre aux multiples conséquences du changement climatique. L'adaptation se manifeste également par son insertion dans les cadres réglementaires et juridiques qui régissent la vie quotidienne et permettent de mieux protéger les populations (habitants, travailleurs, touristes…) et notamment les personnes les plus vulnérables.

2020 : actualisation du diagnostic territorial

La connaissance prospective relative aux scenarii climatiques et à leurs conséquences pour le territoire parisien est un enjeu fort pour la ville, qui a lancé en 2020 l'actualisation du diagnostic des vulnérabilités et des robustesses du territoire parisien face au changement climatique et à la raréfaction des ressources [4].



Figure 2 – Couverture de la synthèse de l'étude des vulnérabilités et des robustesses du territoire parisien face au changement climatique et à la raréfaction des ressources « Paris face aux changements climatiques ».

© Ville de Paris, 2021.

L'actualisation de cette étude [5] permet de préciser encore davantage la caractérisation du changement climatique à l'échelle parisienne et d'amender son plan d'actions pour s'y adapter au plus près. Les questions relatives au système assurantiel [6],

4. Cahier 1 : Méthodologie
https://cdn.paris.fr/paris/2021/09/21/5183df2119ad88b97038386787d4fde1.pdf

5. Synthèse de l'actualisation de l'étude des vulnérabilités et des robustesses du territoire parisien face au changement climatique et à la raréfaction des ressources :
https://cdn.paris.fr/paris/2021/09/22/6a5f415362b3420307bd2b247a3ede1f.pdf

6. Cahier 5 : focus sur le risque assurantiel
https://cdn.paris.fr/paris/2021/09/22/ccd11948247384e02affc540a2fdd2a2.pdf

aux migrations climatiques[7] et à l'accueil de grands événements[8] sur le territoire parisien font l'objet d'une étude particulière et approfondie. L'actualisation de cette connaissance permet également de créer de nouveaux outils de communication et de renforcer l'offre de formation à destination du grand public et des agents de la ville pour un partage des connaissances efficace et pédagogique. En effet, la mise en œuvre d'une politique d'adaptation implique la mobilisation de toutes les parties prenantes du territoire, des professionnels de tous les secteurs, du grand public et des agents de la collectivité, en particulier ceux dont les métiers sont impactés par le changement climatique. Pour assurer cette mobilisation, il est nécessaire de disposer d'outils de communication adaptés pour sensibiliser, informer et former les différents publics.

La ville de Paris a ainsi souhaité connaître l'impact des aléas climatiques[9] et de la raréfaction des ressources[10] présentés ci-dessous :

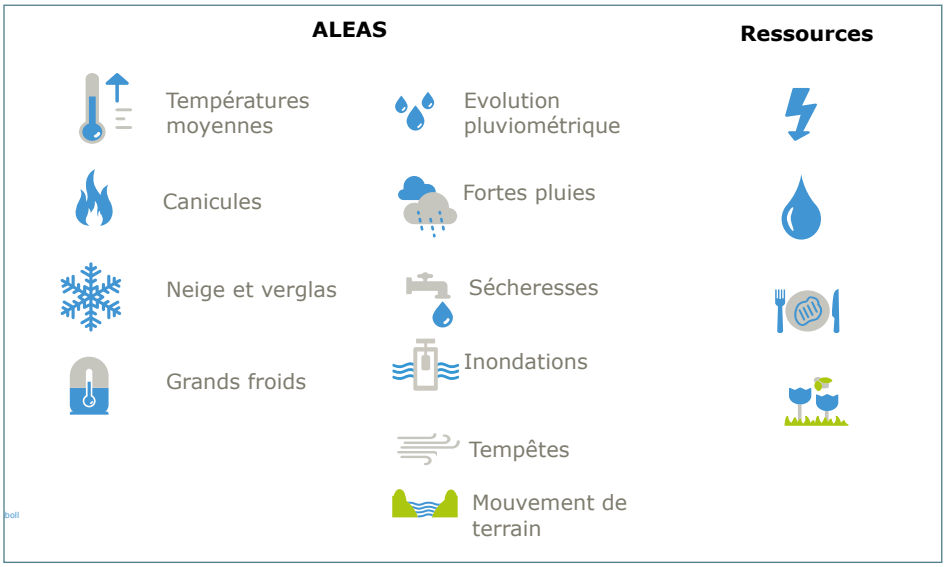


Figure 3 – Schéma récapitulatif des aléas climatiques et des ressources étudiés dans le cadre de l'actualisation de l'étude des vulnérabilités et des robustesses du territoire parisien en 2021.

© Ville de Paris, 2021.

7. Cahier 6 : les migrations climatiques
https://cdn.paris.fr/paris/2021/09/22/176695e6204a03c43af7a8bf410e6946.pdf
8. Cahier 7 : Grands événements
https://cdn.paris.fr/paris/2021/09/22/e7b4fd015014f1135428f12cd1dd6776.pdf
9. Cahier 2 : les évolutions climatiques à Paris
https://cdn.paris.fr/paris/2021/09/22/6d6a66155c140789f580a3baa183612f.pdf
10. Cahier 3 : l'évolution des ressources pour Paris
https://cdn.paris.fr/paris/2021/09/22/df9be33544d8f2638cc1084018807b4a.pdf

Cette étude permet ainsi d'actualiser l'indice de vulnérabilité[11] de chaque système et sous-système (détaillés ci-dessous) afin d'obtenir une évolution de leur vulnérabilité aux aléas et aux ressources. Cette mise à jour se base sur les rapports présentant les modélisations climatiques du projet CMIP6 de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) et du Centre national de recherches météorologiques (Météo-France/CNRS), en collaboration avec le Cerfacs.

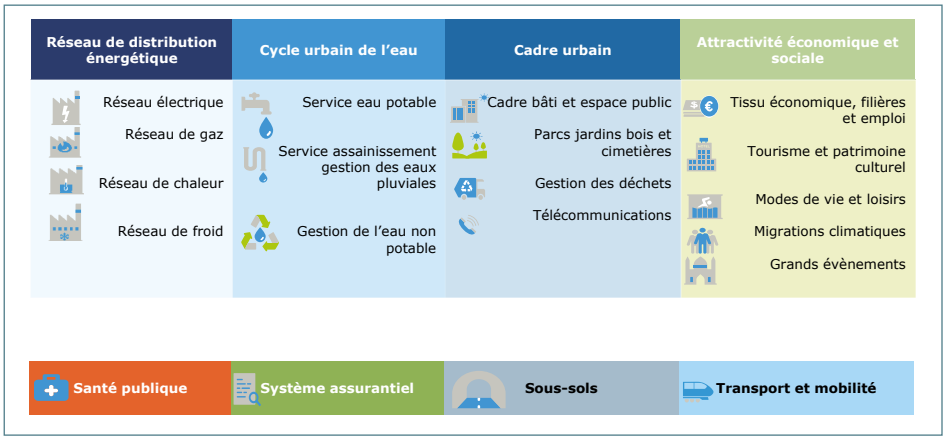


Figure 4 – Schéma récapitulatif des systèmes et des sous-systèmes étudiés dans le cadre de l'actualisation de l'étude des vulnérabilités et des robustesses du territoire parisien en 2021.

© Ville de Paris, 2021.

- *Les grands enjeux de l'adaptation à Paris*

Face aux enjeux climatiques grandissants, la ville de Paris a, comme évoqué plus avant, lancé dès 2012 un premier diagnostic lui permettant d'identifier les grands risques auxquels elle devra faire face, ses vulnérabilités mais aussi ses forces. L'actualisation de ce diagnostic en 2020 réaffirme la **robustesse globale du territoire parisien** face aux aléas climatiques et à la raréfaction des ressources malgré des points de fragilité qui se confirment. L'enseignement notable de cette nouvelle étude concerne la temporalité du changement climatique qui s'accélère fortement, ainsi, la majorité des risques majeurs attendus en 2050 tendent à survenir dès 2030. Les observations indiquent par ailleurs que le cap symbolique des 2 °C de réchauffement par rapport à l'ère préindustrielle est désormais franchi à l'échelle du territoire parisien.

11. Cahier 4 : Évaluation des risques pour le territoire parisien
https://cdn.paris.fr/paris/2021/09/22/7d2db4833713e01a0377c7dfe325b414.pdf

Les projections climatiques à horizon 2085 confirment l'enjeu prioritaire lié à la hausse des températures : + 20 jours très chauds (> 30°C) par an, 7 fois plus de nuits tropicales (> 20°C), avec comme conséquence des périodes de sécheresse accrues qui fragilisent la biodiversité et la qualité de l'eau. Dans le même temps, les épisodes de grand froid continueront d'être moins fréquents avec des températures minimales au-dessus de 10 C en augmentation progressive ou un nombre de jours de gel en recul progressif. Autre déterminant climatique pour Paris, la question des pluies dont le régime devrait se stabiliser en volume à l'avenir mais sur des périodes plus courtes entraînant des phénomènes de pluies torrentielles. Quant aux ressources nécessaires au bon fonctionnement de la ville, les principales tensions liées au climat concerneront à l'avenir l'érosion de la biodiversité et la fragilité de la ressource en eau. Les autres ressources que sont l'énergie, l'alimentation et la qualité de l'air devraient être rendues plus robustes par les effets des politiques actuelles et futures engagées par la municipalité.

Ainsi les défis climatiques auxquelles devra faire face Paris à l'avenir se concentrent sur (1) la protection des habitants et usagers de la surchauffe urbaine, (2) l'anticipation et la gestion des risques liés aux inondations, (3) la préservation et le développement la biodiversité et (4) la prévention de la raréfaction de la ressource en eau.

Protéger les habitants et usagers de la surchauffe urbaine, enjeu premier pour Paris

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des périodes caniculaires constitue le premier enjeu d'autant que l'îlot de chaleur urbain en amplifie les effets. Les vagues de chaleur impactent très fortement l'ensemble du territoire, qu'il s'agisse de l'attractivité du territoire (fréquentation touristique par exemple), du secteur de la santé (infrastructure et/ou développement de nouvelles pathologies) mais également du bon fonctionnement des réseaux d'énergie ou encore de transports. Mais la canicule est avant tout un enjeu social, à laquelle sont particulièrement sensibles les publics fragiles (plus de 65 ans, jeunes enfants, malades chroniques, femmes enceintes…) ou en situation de précarité (SDF, mal-logés, étudiants, parents isolés…). Aussi, la protection des habitants et plus généralement de l'ensemble des usagers du territoire nécessite une réponse combinée sur différents plans. *Au plan social*, le développement de dispositifs d'accompagnement et de prise en charge des personnes les plus vulnérables (10 536 personnes vulnérable inscrites au dispositif REFLEX) pendant les crises caniculaires doit se poursuivre et s'étendre à une population plus large et permettre le développement de réseaux de prévention et de solidarité en amont des crises (Paris en compagnie, les Volontaires du Climat). *Au plan de l'aménagement*, la lutte contre l'effet d'îlot de chaleur urbain est rendue possible par le renforcement des îlots de fraîcheur (1 207 en 2021) mais aussi des solutions techniques comme des ombrières (Plan Ombre dès 2022), des protections solaires sur les bâtiments (Plan Volets) ou encore l'utilisation de nouveaux matériaux de construction. L'eau est également un outil essentiel au rafraîchissement avec l'ouverture de nouveaux lieux de baignades (cinq prévus dès 2025) mais aussi par des dispositifs

économes en eau tels que les brumisateurs (94 en 2021) et fontaines ludiques ou le développement du réseau de froid urbain pour le rafraîchissement des bâtiments tertiaires. La végétation enfin est un levier puissant d'adaptation, grâce à son évapotranspiration et à l'ombrage naturel des arbres. La végétalisation de l'espace public (+ 170 000 arbres d'ici à 2026) combine rafraîchissement urbain et développement de la biodiversité par le choix d'essences adaptées au climat de demain et à la raréfaction des ressources notamment en eau afin d'éviter l'écueil de la mal-adaptation.

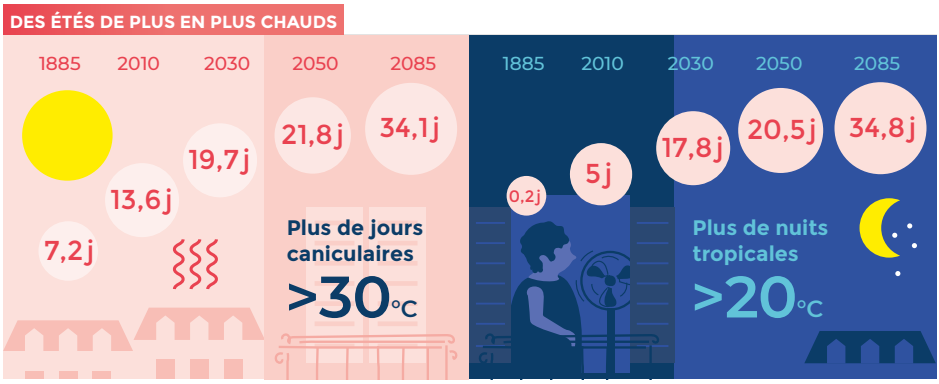


Figure 5 – Infographie illustrant l'augmentation des températures à Paris à horizon 2030, 2050 et 2085.

© Ville de Paris, 2021.

Anticiper et gérer les risques liés aux inondations, un enjeu holistique

Catastrophe naturelle majeure à laquelle Paris doit faire face, le risque inondation tend à se renforcer avec le réchauffement climatique. Qu'il s'agisse d'inondation par crue de la Seine ou par ruissellement de pluies torrentielles, ce phénomène peut paralyser le fonctionnement de la ville pendant plusieurs jours voire plusieurs semaines par des perturbations dans les transports, des coupures sur les réseaux d'énergie, la dégradation des biens et des bâtiments. En plus d'impacts directs sur l'activité économique et touristique, l'enjeu est surtout sanitaire avec une exposition forte du système de santé (une crue majeure comme celle de 1910 réduirait alors de 40 % les capacités d'hospitalisation). Si les autorités publiques ont renforcé les moyens dévolus à la gestion des crues lentes de la Seine (modélisation, exercice de gestion de crise, aménagements), le risque d'inondation suite aux épisodes orageux demeure un point de vigilance. Pouvant intervenir n'importe où sur le territoire, il nécessite une gestion systémique telle qu'inscrite dans le ParisPluie qui détaille les solutions techniques (déversoir d'orage à Austerlitz notamment) mises en place sur la capitale pour limiter le ruissellement et la saturation des égouts en cas de fortes pluies.

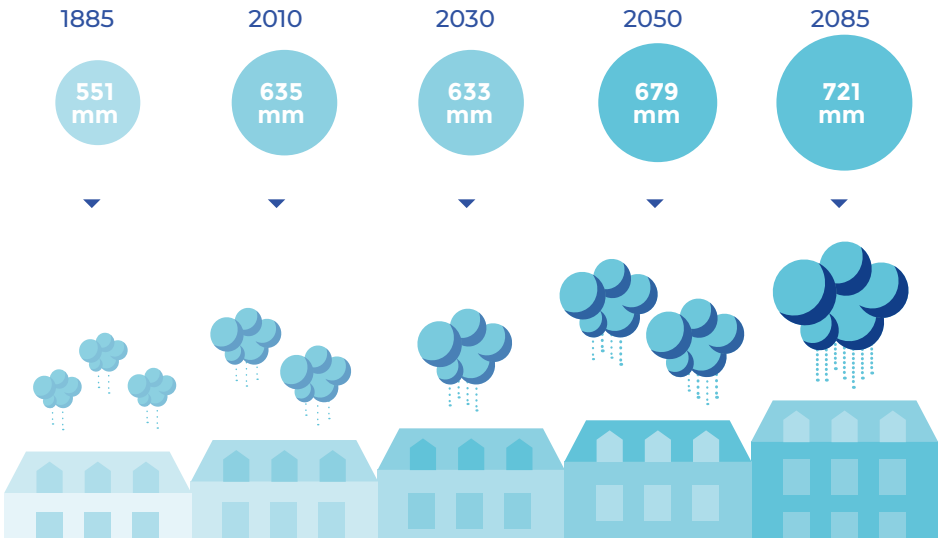


Figure 6 – Infographie illustrant l'évolution de la pluviométrie à Paris à horizon 2030, 2050 et 2085.

© Ville de Paris, 2021.

Maintenir et développer la biodiversité, l'enjeu socle de l'adaptation

Comme annoncé lors du récent Congrès mondial pour la nature, l'emballement climatique fait peser la menace d'une sixième extinction de la biodiversité avec la disparition prochaine de 500 000 à 1 million d'espèces. Or cette ressource fragile offre des services de régulation telle que le rafraîchissement et participe du confort thermique des populations, notamment en période caniculaire. Elle contribue à la régulation des inondations et des fortes pluies et atténue potentiellement les dommages sur les immeubles, les infrastructures et donc aux personnes. Son déclin engendre une altération globale de la qualité de vie et a par effet domino des conséquences sur l'attractivité du territoire. L'érosion de la biodiversité favorise entre autres l'apparition de nouvelles pathologies via le moustique tigre par exemple dont le développement résulte de la hausse des températures. Ainsi, les actions de « renaturation » telles que la création de mares, de noues et l'ensemble du programme de végétalisation (+ 30 ha supplémentaires) contribuent fortement au maintien et au renforcement des corridors de biodiversité à Paris. La biodiversité, en ce qu'elle peut offrir un très grand nombre de services écosystémiques, constitue le socle des réponses à apporter pour garantir l'adaptation du territoire au changement climatique.

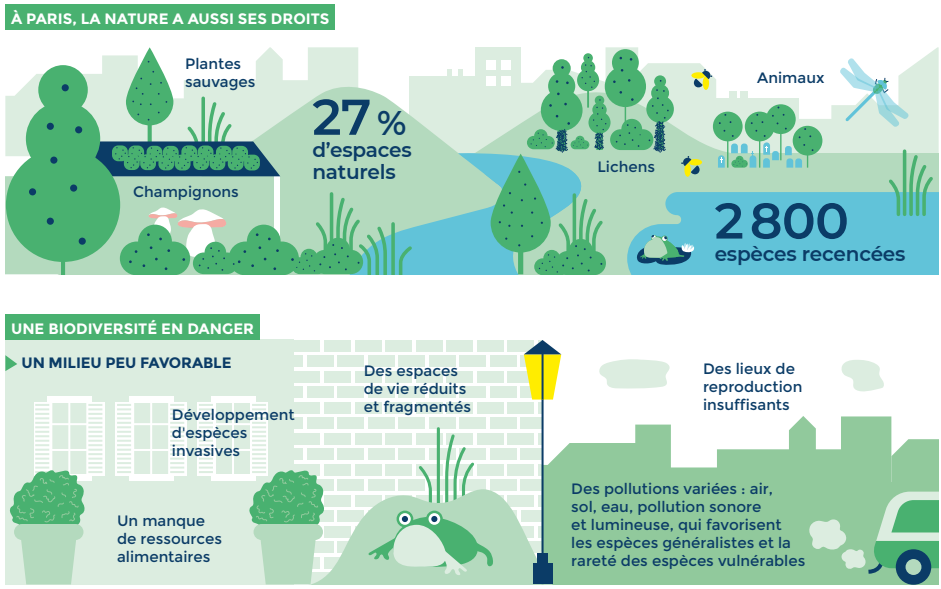


Figure 7 – Infographie illustrant l'état actuel de la biodiversité à Paris et son altération.

© Ville de Paris, 2021.

Prévenir la raréfaction de la ressource en eau, un enjeu d'usages

L'eau, bien commun de l'humanité, est un levier essentiel de l'adaptation climatique alors même que cette ressource est menacée par les effets du réchauffement. En effet, la diminution de la ressource en eau et de sa qualité, combinée à l'accroissement de ses usages, notamment en période estivale pour répondre au besoin de rafraîchissement urbain et aux conséquences de la sécheresse, annonce l'apparition de nouvelles tensions à partir de 2050. Cette dégradation générale de l'état de la ressource pourra engendrer des difficultés sanitaires pour la population via le développement de nouveaux pathogènes ou encore la concentration des pollutions. La hausse des températures de l'eau et des étiages, notamment de la Seine, aura également des conséquences sur la biodiversité, sur l'attractivité économique et touristique de la capitale ou encore sur le fonctionnement du réseau de froid (entravant ainsi le rafraîchissement de bâtiments). Le zonage pluvial et plus globalement l'ensemble des mesures du ParisPluie permettent d'optimiser l'infiltration des eaux pluviales pour limiter les déversements dans les cours d'eau (+ 100 ha débitumisés) et ainsi limiter les besoins d'arrosage de la végétation sélectionnée en fonction de critères climatiques (peu gourmande en eau, résistante à la sécheresse et aux fortes chaleurs). La maintenance du réseau d'eau non potable (1 700 km) dans les années à venir permettra également de continuer à limiter la pression sur l'eau potable. C'est bien l'ensemble des usages de l'eau qui doit être rationalisé au regard du changement climatique et des nouveaux besoins qu'il engendre, afin de préserver cette ressource vitale.

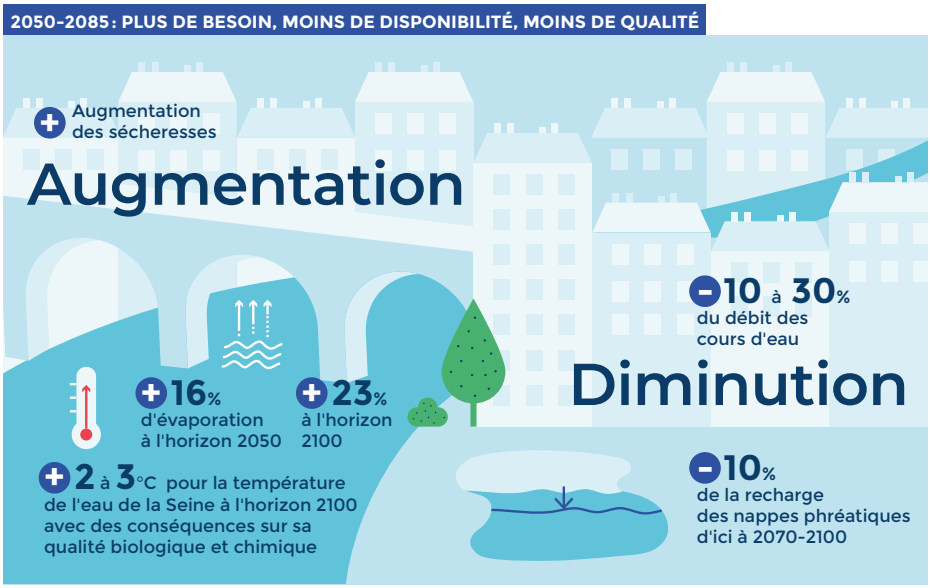


Figure 8 – Infographie illustrant les conséquences du changement climatique sur la ressource en eau à Paris à horizon 2050 et 2085.

© Ville de Paris, 2021.

- *Rafraîchir Paris : une urgence sanitaire, sociale, écologique et économique*

Les vagues de chaleur se caractérisent par deux principaux facteurs : leur intensité et leur durée. Or, les observations de Météo-France mettent en évidence un renforcement du phénomène. Ainsi, le 25 juillet 2019, un record de température à Paris de 42,6 °C a été enregistré. Dans le même temps, les épisodes caniculaires sont de plus en plus nombreux et de plus en plus précoces.

Les vagues de chaleur constituent à ce jour la première source de vulnérabilité sanitaire et sociale du dérèglement climatique de Paris. Loin d'avoir été épargnée lors de l'épisode caniculaire de 2003 (surmortalité de 142 %[12] à Paris entre le 1er et le 20 août 2003), la ville de Paris met en œuvre depuis 2004 un certain nombre d'actions telles que la création du fichier CHALEX devenu REFLEX en 2020, qui offre la possibilité aux personnes les plus vulnérables s'y inscrivant de bénéficier d'un suivi et d'un accompagnement (par téléphone) durant les fortes chaleurs. Ce suivi est assuré par un personnel volontaire. Des interventions telles que des visites à domicile ou des déplacements de ces personnes vulnérables dans des « salles rafraichies » (accessibles à tou.te.s les Parisien.ne.s) font également partie du dispositif de suivi et d'accompagnement de la ville de Paris. Les

12. Statistique publiée dans le *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* de novembre 2003.

actions de la municipalité, nombreuses et variées, sont adaptées selon le niveau activé du Plan national vagues de chaleur.

Informer le grand public

En 2016, dans le cadre de sa Stratégie d'adaptation au changement climatique, la ville de Paris a initié une démarche d'identification des îlots et parcours de fraîcheur. Il s'agissait de définir, identifier, cartographier puis diffuser largement les lieux et itinéraires les plus frais à Paris en période de chaleur. Mené en partenariat avec Météo-France, Santé Publique France, l'Agence parisienne du climat, l'Atelier parisien d'urbanisme et l'École des ingénieurs de la ville de Paris, ce travail a permis d'aboutir aux définitions suivantes :

« Un îlot de fraîcheur à Paris est un lieu d'accueil, de halte et/ou de repos, accessible au grand public et repéré comme source de rafraîchissement à Paris par rapport à son environnement proche en période chaude ou caniculaire. Il s'agit à la fois des :

- *espaces verts et boisés dont jardins, parcs, bois, cimetières intramuros ;*
- *lieux de baignade dont piscines, centres aquatiques, baignades extérieures ;*
- *lieux brumisés et jeux d'eau, fontaines sèches, brumisateurs ;*
- *établissements ouverts au public et naturellement frais dont églises, musées ;*
- *établissements ouverts au public et rafraîchis dont musées, bibliothèques, salles rafraîchies du Plan Canicule.*

Un parcours de fraîcheur à Paris est un itinéraire piéton à Paris reliant des îlots de fraîcheur en période chaude ou caniculaire, et sur lequel les températures ressenties sont plus fraîches par rapport à l'environnement proche. Il s'agit de linéaires :

- *particulièrement arborés et/ou végétalisés dont rues végétales, tunnels végétaux ;*
- *particulièrement ombragés par arbres, bâtiments, ombrières ;*
- *souterrains naturellement frais dont tunnels piétons ;*
- *aux abords directs d'espaces en eau dont berges de Seine, canaux et lacs ;*
- *avec des matériaux ne stockant pas ou peu la chaleur : couleurs claires, propriétés thermiques spécifiques, perméables… »*

Les îlots et parcours de fraîcheur ainsi définis, le travail d'identification et de cartographie de ces lieux a permis de publier une première carte des îlots de fraîcheur à Paris accessibles durant l'été 2017 sur le site internet de la Ville de Paris.

Chaque année, la cartographie des îlots de fraîcheur est mise à jour et de nouveaux îlots (par exemple de nouveaux espaces verts) peuvent y être ajoutés.

En 2018, en complément de la carte disponible sur Paris.fr, une application mobile gratuite Extrema Paris consultable en ligne et téléchargeable pour les smartphones a été développée. Elle se base sur les données des îlots de fraîcheur développés par la Ville de Paris. Le développement de cette application pour le territoire parisien a finalement été abandonné par la Ville de Paris qui a souhaité renforcer le développement de la carte des îlots de fraîcheur disponible en ligne sur Paris.fr et adaptée à une utilisation sur smartphone.

Pour l'été 2021, deux cartes sur les îlots de fraîcheur accessibles à Paris ont été publiées, l'une de jour (1 207 îlots) et l'autre de nuit (218 îlots).

En zoomant, un autre niveau d'information apparaît, permettant d'indiquer les horaires d'ouverture de chaque îlot de fraîcheur et de préciser si les îlots sont à accès gratuit ou payant.

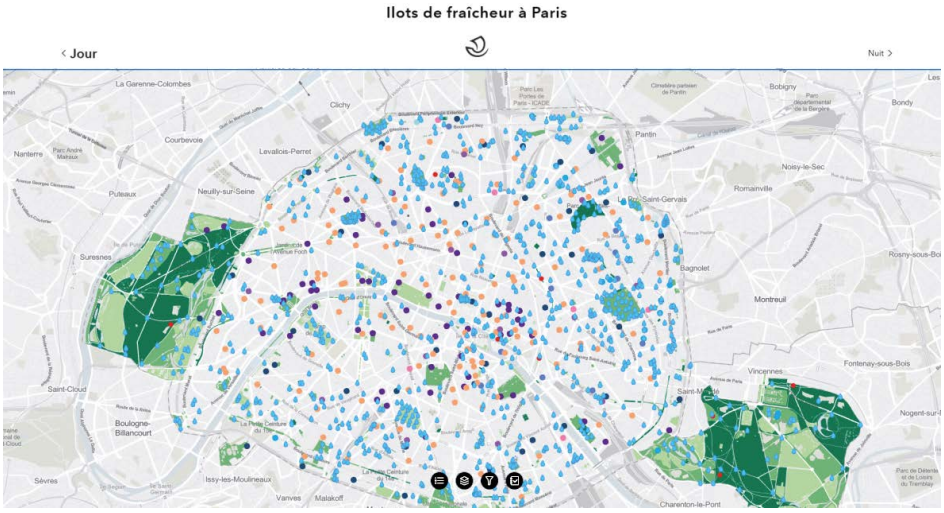


Figure 9 – Carte des îlots de fraîcheur accessibles à Paris à l'été 2021.

© Ville de Paris, 2021.

Ces cartes sont accessibles sur le site www.paris.fr/canicule via une carte dynamique[13] des îlots de fraîcheur à Paris. Ces cartes intègrent les salles rafraîchies accessibles au grand public du Plan Canicule en période caniculaire.

Par ailleurs, la ville de Paris a souhaité pour son édition 2021 expérimenter une « fonctionnalité » collaborative. Il est question d'inviter les usagers à partager leur « bon plan fraîcheur » afin de compléter cette carte par l'expertise citoyenne.

Afin de répondre à l'enjeu majeur du rafraîchissement urbain, la ville de Paris doit activer un ensemble de leviers (réglementaires, financiers, techniques, sociaux…) et déployer un certain nombre d'actions en faveur de l'adaptation aux vagues de chaleur. Les différentes actions sont complémentaires et doivent s'articuler entre elles pour une efficacité optimisée.

13. https://experience.arcgis.com/experience/b8709aa4ef714e7d870fc39b37883ccb/page/page_0/

Réviser le PLU à la faveur de l'adaptation au changement climatique

La ville de Paris n'est pas seule compétente en matière d'aménagement du territoire. Pour mener à bien son action, elle peut contribuer à faire évoluer la réglementation et permettre ainsi l'élaboration d'un cadre juridique et réglementaire favorable aux objectifs du Plan Climat, dont les objectifs relatifs à l'adaptation au changement climatique. Les travaux de révision du Plan local d'urbanisme (PLU) sont en cours. Cette révision est une opportunité d'intégrer des prescriptions en faveur de l'adaptation du territoire parisien notamment face aux vagues de chaleur, qu'il s'agisse de prescriptions quant à l'espace public ou au cadre bâti. Le futur PLU doit être contraignant en matière de lutte contre l'effet d'îlot de chaleur urbain et de rafraîchissement pour permettre une traduction opérationnelle efficace dans l'aménagement, en systématisant par exemple la mise en œuvre de solutions de rafraîchissement dites « passives » pour les bâtiments.

Végétaliser le cadre bâti et l'espace public

La végétalisation du territoire est un levier puissant en matière d'adaptation et qui génère un certain nombre de cobénéfices (rafraîchissement, amélioration du cadre de vie, soutien et développement de la biodiversité…) mais qui peut par ailleurs être générateur de nouveaux risques (incendie, raréfaction de la ressource en eau…). La vision holistique portée par la ville de Paris en matière d'adaptation doit permettre de s'assurer en particulier que les actions de végétalisation ne génèrent pas de mal-adaptation (essences adaptées aux fortes chaleurs, peu gourmandes en eau…).

Développer les espaces ombragés

L'ombre, en ce qu'elle protège des rayonnements du soleil, permet de lutter contre l'effet d'ICU d'une part et d'offrir un refuge « frais » où se ressourcer. L'ombrage naturel des arbres est à privilégier mais peut être remplacé par un ombrage plus artificiel lorsque la plantation d'arbre n'est pas rendue possible.

Le déploiement d'un « plan ombre » repose sur un diagnostic croisant à la fois les zones du territoire les plus chaudes et les plus carencées en ombre, et les zones les plus densément utilisées en période estivale notamment par des publics précaires et captifs.

Renforcer la place de l'eau

Ces actions concernent à la fois la valorisation des abords des cours d'eau, le développement de sites de baignade naturelle et artificielle. L'accès à l'eau potable et aux dispositifs de rafraîchissement doit être rendu possible via trois types de solutions :

- les solutions à la seule fin de rafraîchissement récréatif pour répondre notamment aux besoins d'un public captif l'été ;
- les solutions 2 en 1 de rafraîchissement et d'accès à l'eau permettant notamment la réduction du phénomène de *street pooling* ;
- les solutions pour l'événementiel.

La valorisation de la place de l'eau dans la ville doit nécessairement être pensée au prisme de la préservation de cette ressource dont la raréfaction doit être intégrée notamment lors de la mise en œuvre du programme de végétalisation de la mandature. Les différents dispositifs de rafraîchissement doivent également être pensés au prisme sanitaire pour éviter en cas de crise (telle que la crise Covid) les écueils rencontrés à l'été 2020 qui ont conduit à neutraliser la plupart des dispositifs et donc dégrader encore davantage les services rendus à l'usager en période de canicule.

Utiliser de nouveaux matériaux

Les matériaux utilisés ont une incidence sur les températures, ils peuvent participer à l'augmentation de l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) ou au contraire constituer un outil de réduction de cet effet s'ils sont choisis selon certaines caractéristiques.

L'utilisation de matériaux adaptés aux vagues de chaleur apporte donc une réponse complémentaire aux actions de rafraîchissement telle que la végétalisation. Cette action ne se substitue pas à la végétalisation mais peut constituer une alternative dont la mise en œuvre doit être priorisée dans des espaces non végétalisables.

Protéger les immeubles d'habitation contre la chaleur

Le confort d'été dans les immeubles d'habitation est un enjeu sanitaire majeur, notamment pour les populations les plus vulnérables et qui sont les plus exposées à la chaleur dans leur logement. De façon générale, la priorité doit être donnée au confort thermique estival lors des chantiers de rénovation, qu'il s'agisse d'immeubles d'habitation ou d'équipements publics. Le déploiement d'un « plan volets » sera échelonné sur le territoire parisien entre 2022 et 2026 suite à l'élaboration d'un diagnostic qui permettra d'identifier les bâtiments (immeubles d'habitation) prioritaires pour l'installation de protections solaires sur la base de critères liés à la fois à la typologie de bâtiment dont on sait qu'elle peut induire des conséquences sanitaires lourdes sur les habitants en période de forte chaleur et au niveau socio-économique des habitants, pour privilégier une action auprès des populations les plus vulnérables et captives de leur logement en période estivale.

Développer le réseau de froid

Le réseau de froid offre un potentiel de rafraîchissement des immeubles parisiens non négligeable. Qui plus est, il permet de lutter contre l'effet d'ICU en offrant une alternative efficace et durable au développement de la climatisation individuelle. L'opportunité de développer le réseau de froid doit faire l'objet d'une étude pour permettre un déploiement efficace pour le secteur tertiaire dont les hôpitaux.

Gérer les eaux pluviales de façon alternative

La valorisation des eaux pluviales et le « débitumage » de l'espace public vont de pair et sont indispensables pour concourir à une ville plus fraiche. Le Plan Climat

s'est d'ailleurs fixé un objectif à atteindre : 40% du territoire doit être perméable et végétalisé d'ici à 2040. Cet objectif sera atteint grâce aux actions de « débitumage » mises en place dans le cadre du Plan ParisPluie et du programme de végétalisation de la mandature. Les eaux pluviales sont précieuses et doivent être valorisées plus que jamais à l'heure où les projections climatiques annoncent une augmentation conséquente des sécheresses à Paris et plus généralement sur l'ensemble du territoire français. Ces projections obligent à valoriser la ressource en eau dont la végétalisation du territoire est en partie dépendante. La plantation d'arbres est par ailleurs favorable à la gestion des fortes pluies d'orage et aux inondations que celles-ci peuvent provoquer.

Les solutions permettant de rafraîchir le territoire parisien sont multiples et doivent être engagées de façon concomitante pour être efficaces. L'enjeu ne se situe pas au plan technique ou technologique mais au plan organisationnel. Il s'agit en effet de modifier et d'ajuster nos pratiques et modes de fabrique de la ville pour relever le défi de l'adaptation au changement climatique. Ce défi doit être relevé rapidement, nous l'avons évoqué plus avant, le changement climatique s'accélère et le territoire doit être prêt d'ici à 2030. Comme déjà évoqué, le défi face au changement climatique est multiple et si le premier enjeu concerne la protection des usagers du territoire, un des enjeux sous-jacents concerne la préservation de l'attractivité économique de Paris. L'accueil des jeux Olympiques et Paralympiques sur le territoire en 2024 représente en ce sens une opportunité d'accélération de la mise en œuvre de la politique d'adaptation et en particulier de la stratégie de rafraîchissement du territoire parisien pour permettre le maintien et la bonne tenue de cet événement en période estivale.

- *En guise de conclusion*

Le changement climatique, parce qu'il n'épargne aucun territoire et concerne l'échelle mondiale, rassemble et fédère autour de questions économiques, sociales, sanitaires, etc. Si l'échelle de la collectivité est une échelle d'application pertinente pour les questions d'adaptation au changement climatique – du fait des spécificités territoriales qu'il faut prendre en compte –, les échanges avec d'autres villes en France ou à l'international sont toujours riches d'enseignement. Il s'agit aussi de partager pour chacune des villes ses bonnes pratiques mais aussi les difficultés rencontrées. Les politiques climatiques ne sont certes pas transposables en tous points d'un territoire à l'autre et le contexte (culturel, financier, social, géographique, etc.) doit bien entendu être pris en compte dans l'évaluation d'une politique publique. Néanmoins ces rencontres permettent immanquablement de créer des synergies autour de sujets complexes et offrent une prise de recul bénéfique et efficace au plan stratégique et opérationnel.

En s'appuyant sur la démarche prospective décrite dans la première partie de cet article, Paris entend poursuivre le déploiement de sa capacité d'adaptation à travers l'utilisation de l'ensemble des leviers en sa possession en révisant sa réglementation pour inscrire durablement dans le temps les prescriptions fortes répondant aux enjeux d'adaptation au changement climatique (PLU Bioclimatique).

La ville de Paris se saisit également des leviers financiers (obligations vertes, Paris Fonds Verts). Enfin, l'information et la formation de l'ensemble des acteurs du territoire constituent un levier fondamental pour accélérer l'action. Par la création de l'Académie du climat pour les 9-25 ans, les Volontaires de Paris ou Paris Action Climat, la ville de Paris mobilise toutes les forces vives du territoire pour vivre avec le climat. La diffusion, la compréhension et l'appropriation (par l'action) du vaste sujet climatique par l'ensemble de la société civile sont le levier majeur d'une transition socio-écologique réussie.

Pour aller plus loin :

Retrouvez les ressources supplémentaires sous la référence «Paris» dans la section «Bibliographie et pour aller plus loin… »

Quelle stratégie d'adaptation au changement climatique pour le bassin Seine-Normandie ?

Sarah Feuillette,
Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN)

Dans la foulée de l'accord de Paris en 2015, le président du comité de bassin Seine-Normandie (assemblée qui contribue à orienter la politique de l'eau sur le bassin) ainsi que le préfet coordonnateur de bassin ont souhaité que soit élaborée une stratégie d'adaptation du bassin au changement climatique. Cette stratégie (AESN, 2016) a été approuvée à l'unanimité par le comité de bassin le 8 décembre 2016. Comment ce document a-t-il été élaboré ? Quelles sont les grandes lignes de cette stratégie ? Quelles suites observe-t-on depuis son adoption ? Comment les acteurs du bassin envisagent-ils l'adaptation de leurs usages aux dérèglements projetés ?

- *Une stratégie élaborée de manière participative, sur une année*

Avec un accompagnement scientifique et politique

Les commanditaires de la stratégie ont souhaité doter le processus d'élaboration d'un accompagnement scientifique spécifique, au-delà de celui du conseil scientifique attaché au comité de bassin, qui a également apporté ses éclairages. Pour renforcer la démarche, Jean Jouzel, ex-vice-président du Groupe de travail 1 du GIEC, a été sollicité pour présider ce comité d'experts (17 chercheurs de diverses disciplines).

Un comité de pilotage politique, présidé par le préfet coordonnateur de bassin et composé d'acteurs du comité de bassin, a discuté et validé les orientations, tandis que l'ensemble du comité de bassin a été sensibilisé lors d'une séance de lancement en mars 2016 (voir Figure 1).



Figure 1 – Séance du comité de bassin consacrée à l'élaboration de la stratégie, le 31 mars 2016.

Source : © AESN.

Les scientifiques associés ont déterminé les prospectives sur lesquelles fonder la stratégie d'adaptation : les productions du Programme interdisciplinaire de recherche sur l'environnement (PIREN)-Seine (projet GICC-RExHyss[1]), celles du GIP Seine-aval sur les impacts envisagés sur l'estuaire de la Seine[2] (par exemple les impacts du changement climatique sur la faune et la flore littorales et sur le bouchon vaseux), et, pour ce qui concerne l'évolution des débits, des étiages, et du niveau des nappes, les résultats issus de la thèse de Gildas Dayon sur les impacts hydrologiques du changement climatique en France[3] (Dayon, 2015), comme illustré par la Figure 2.

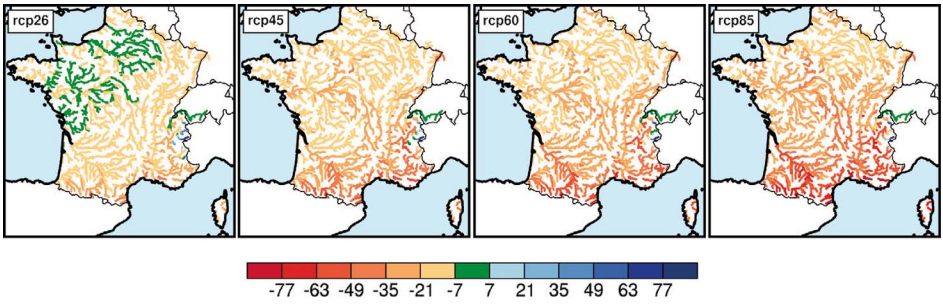


Figure 2 – Cartes de l'évolution relative du débit mensuel minimal d'une période de retour de cinq ans (QMNA5) entre la période 1960-1990 et 2070-2100, selon les quatre scénarios du GIEC.

Source : Dayon, 2015.

1. https://www.piren-seine.fr/publications/fascicules/impact_du_changement_climatique_sur_les_ressources_en_eau_du_bassin_versant
2. https://www.seine-aval.fr/publication/ft-changement-climatique/
3. https://www.theses.fr/2015T0U30252

Cinq enjeux principaux sur le bassin Seine-Normandie vis-à-vis du changement climatique

Sur la base de ces prospectives, les principaux enjeux du bassin vis-à-vis du changement climatique ont été définis avec le comité d'experts : diminution des débits et possibilités de sécheresses (risque jusque-là peu appréhendé sur ce bassin), dégradation possible de la qualité de l'eau liée à la diminution des débits et à l'accroissement possible des ruissellements, aggravation de la perte de biodiversité déjà à l'œuvre, du fait de l'augmentation de la température et de la baisse de qualité et de quantité des eaux, montée du niveau marin, accroissement de la fréquence des pluies fortes accroissant les risques d'inondations et de coulées de boue.

Des principes directeurs pour guider le choix des réponses stratégiques

Les chercheurs ont établi des principes directeurs afin de guider le choix des solutions stratégiques répondant aux enjeux. Ces principes incitent à cibler préférentiellement des solutions « sans regret », c'est-à-dire globalement utiles pour la société quels que soient les scénarios climatiques et socio-économiques à l'œuvre. Ils visent également des solutions peu consommatrices de ressources et multifonctionnelles afin de répondre à plusieurs enjeux à la fois, en particulier fondées sur la nature pour prendre en compte l'effondrement de la biodiversité, mais également « atténuantes », afin de contribuer à changer de trajectoire (car sans changement de trajectoire émissive, l'adaptation s'avérerait quasi impossible). Enfin, les solutions doivent autant que possible activer les solidarités entre acteurs et territoires.

Contrairement à d'autres bassins, comme Rhône-Méditerranée, le parti a été pris à Seine-Normandie de ne pas produire d'étude de vulnérabilité par rapport au changement climatique. En effet, si différentes parties du bassin sont plus ou moins sensibles à certains enjeux (de manière évidente les zones côtières vis-à-vis de la remontée du niveau marin, les zones urbaines pour les îlots de chaleur urbains, les zones rurales pour les enjeux de pollution diffuse ou les coulées de boue…), la plupart des enjeux sont susceptibles de toucher l'ensemble du territoire. Par ailleurs, les incertitudes sur les projections climatiques, d'autant plus fortes que les projections sont locales, permettent difficilement de cibler précisément les zones susceptibles d'être les plus touchées par tel enjeu lié au changement climatique (ce que montre ci-après l'illustration 6 sur les scénarios sécheresse). *Il semble nécessaire d'entraîner et d'impliquer l'ensemble des acteurs du bassin dans l'adaptation, à leur échelle et dans leur domaine de compétence,* le guide en matière de priorisation, du point de vue de la politique de l'eau, demeurant les objectifs environnementaux du Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) du bassin. Le projet de SDAGE 2022-2027, en visant le bon état écologique à l'horizon 2027 pour 52 % des cours d'eau, ce qui est très ambitieux (partant de 32 % actuellement), contribue à la résilience du bassin.

Une trentaine de réunions pour définir les réponses stratégiques

Guidée par les principes directeurs, la définition des solutions stratégiques a été nourrie par une trentaine de réunions locales et thématiques. Ces séminaires, sur la base des enjeux climatiques présentés par un scientifique puis de témoignages d'acteurs illustrant des actions concrètes d'adaptation pour répondre à ces enjeux, ont été l'occasion d'échanges fructueux mettant en discussion les témoignages ou venant enrichir les propositions d'adaptation.

Ces multiples réunions ont finalement débouché sur onze réponses stratégiques, déclinées en 46 actions, chaque fois illustrées d'exemples concrets. Le comité d'experts a souhaité hiérarchiser les réponses stratégiques, et en particulier en mettre cinq en exergue : favoriser l'infiltration à la source et végétaliser la ville ; restaurer la connectivité et la morphologie des cours d'eau et des milieux littoraux ; coproduire des savoirs climatiques locaux ; développer les systèmes agricoles et forestiers durables ; réduire les pollutions à la source.

De manière générale, en accord avec les principes directeurs évoqués précédemment, le comité d'experts a invité les acteurs du bassin à mettre en œuvre avant toute chose les solutions qui exploitent les fonctionnalités naturelles pour améliorer la résilience : infiltration pour éviter le ruissellement et augmenter le remplissage naturel des nappes, végétalisation durable, restauration du cours naturel des rivières ; et les nécessaires évolutions des comportements, pour mieux consommer et mieux partager la ressource. Ceci sans écarter ensuite des solutions ou compléments technologiques : réservoirs pour la gestion des crues et le soutien d'étiage, solutions innovantes de traitement, recharge artificielle des nappes dans certaines situations particulières (par exemple pour protéger un captage de l'intrusion saline), etc.

Comme le montrent les simulations climatiques (par exemple Boé *et al*., 2018), le remplissage des retenues serait *a priori* peu efficace sur le bassin compte tenu des conditions d'évaporation et des précipitations, sachant que le bassin dispose par ailleurs de nappes de stockage non soumises à l'évaporation dont il conviendrait d'améliorer la recharge naturelle. La recharge artificielle des nappes, lorsque celle-ci est faite par pompage, présente un rendement faible aujourd'hui (25 % au maximum) et n'est pas favorable à l'atténuation contrairement à l'infiltration naturelle, plus systémique. Enfin, la réutilisation des eaux usées exige parfois selon les usages des traitements de purification énergivores et coûteux. Par ailleurs, il est nécessaire de comptabiliser cette eau dans le bilan quantitatif : il ne s'agit pas d'une ressource créée mais bien d'une eau soustraite au cycle hydrologique.

En parallèle à l'élaboration de la stratégie, et toujours à la demande du préfet coordinateur de bassin, une « mission hydrologie » s'est penchée plus précisément sur les solutions à apporter aux risques inondation et sécheresse amenés à croître avec le changement climatique (AESN & DRIEE, 2016), suite aux importantes inondations du printemps 2016 sur le bassin de la Seine.

- ***Quelles suites de la stratégie d'adaptation du bassin Seine-Normandie au changement climatique ?***

Le programme d'intervention Eau et climat

L'adoption de la stratégie d'adaptation par le comité de bassin ainsi que la mission hydrologie du bassin de la Seine se sont traduites dans l'immédiat par la modification du programme d'intervention de l'agence (qui répertorie les projets susceptibles d'être aidés) alors en cours, en ouvrant la possibilité d'aider des conventions de sur-inondation, d'une part, et en étendant les aides à l'implantation des haies sur tout le bassin, d'autre part. Fin 2018, le nouveau programme d'intervention adopté par le comité de bassin, baptisé *Eau et climat,* a pris en compte la stratégie d'adaptation à divers niveaux. Par exemple, la baisse projetée des débits des rivières doit désormais être prise en compte pour dimensionner les stations d'épuration. Ou encore, des aides ont été ont été instaurées pour accompagner les projets de séparation à la source des urines, afin d'encourager en assainissement urbain le rebouclage des cycles de l'azote et du phosphore, tel que montré par Fabien Esculier (Esculier, 2018) : la figure 3 ci-dessous compare la situation actuelle, dans laquelle le flux alimentation/excrétion des habitants de l'agglomération parisienne est linéaire, à un scénario de rupture dans lequel l'urine serait valorisée comme engrais.

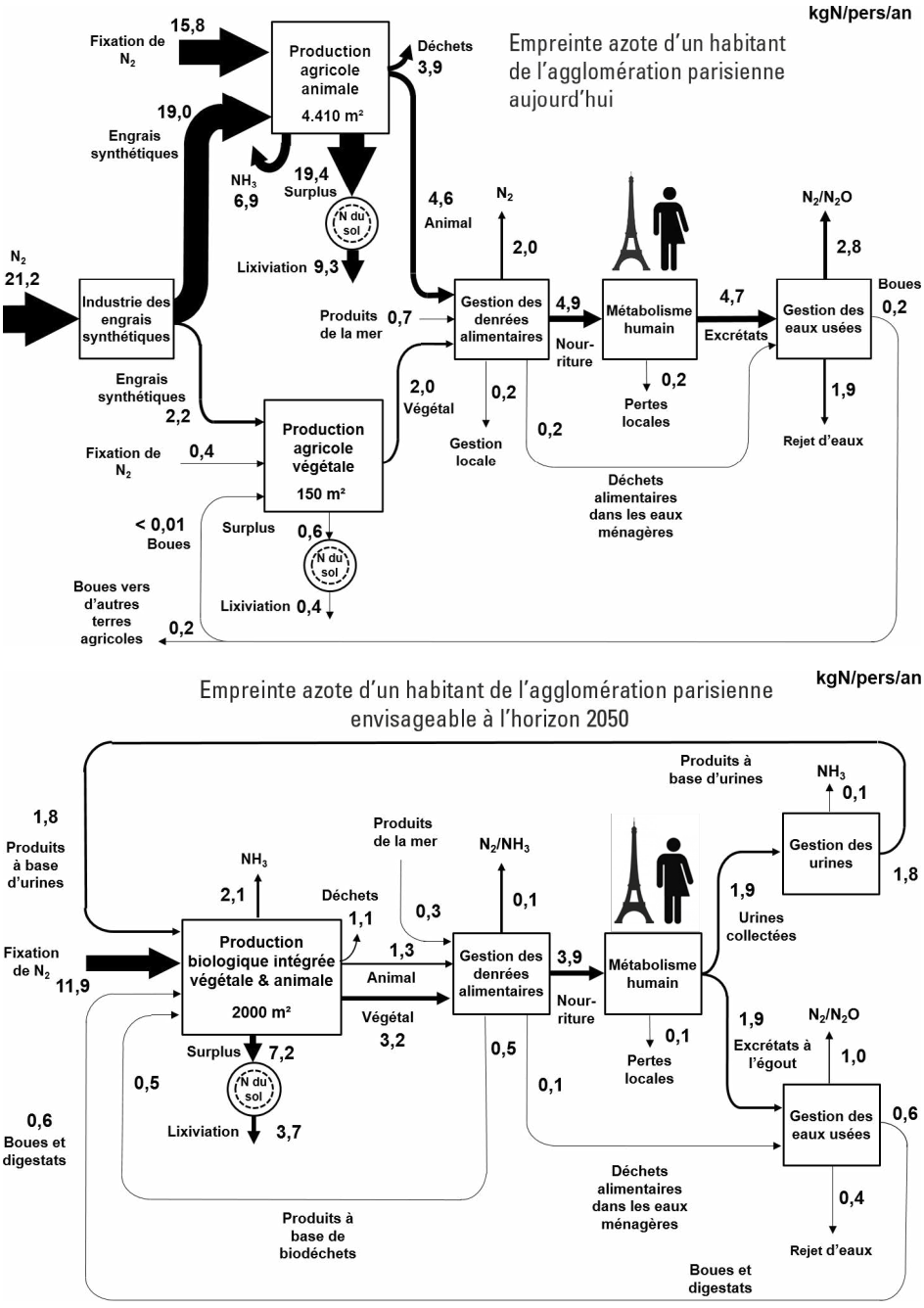


Figure 3 – Empreinte azote d'un habitant de l'agglomération parisienne aujourd'hui et en 2050[4].

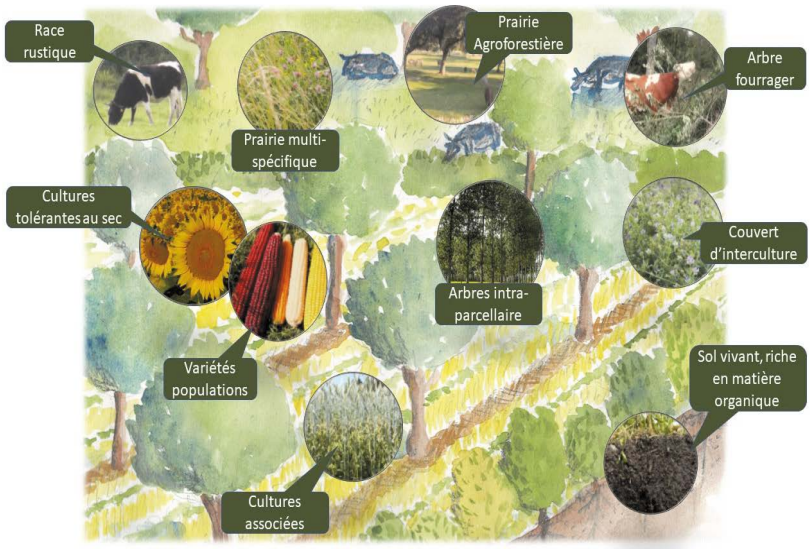
Source : PIREN-Seine.

4. https://www.leesu.fr/ocapi/wp-content/uploads/2018/08/Fiche_4_pages_Separation_urine_NUMERIQUE.pdf

D'autres actions d'adaptation sont encouragées par l'agence de l'eau *via* les aides. Il en va ainsi du développement de l'agroécologie (comme l'élevage extensif en prairie, l'agriculture biologique, l'agroforesterie…), de l'infiltration à la source des eaux de pluie particulièrement *via* la désimperméabilisation, de process économes en eau pour les industries. Par ailleurs, la continuité longitudinale et latérale des cours d'eau est soutenue, non seulement pour la qualité des cours d'eau mais aussi pour limiter le risque inondation (suppression des obstacles dans le lit de la rivière, restauration de zones d'expansion de crues…), ainsi que la mise en place de haies pour limiter les ruissellements et favoriser l'infiltration dans les nappes, la réestuarisation, pour améliorer la gestion du trait de côte, la réutilisation des eaux usées quand cela s'avère pertinent et sans trop d'impact pour le cycle hydrologique. Pour encourager les changements de pratiques et de systèmes agricoles dans le sens de l'adaptation, l'agence de l'eau soutient le développement de filières amont ou aval des productions jugées « bas niveaux d'intrants » sur la base d'éléments robustes (prairies, agriculture biologique, chanvre, sarrazin…). En 2021, celle-ci a également lancé un appel à projet « agriculture et adaptation au changement climatique » à l'échelle du bassin, la stratégie d'adaptation devant contribuer à hiérarchiser la vingtaine de propositions reçues.

Améliorer la connaissance et sensibiliser les acteurs locaux

Certains sujets restent à approfondir ou à actualiser périodiquement. Il en va ainsi des impacts du changement climatique sur l'hydrosystème et sur les activités humaines : régionalisation des modèles climatiques globaux, utilisés par le GIEC, sur le bassin, sensibilité des cours d'eau à l'augmentation de la température ou encore scénarios prospectifs de transition agroécologiques, dans le cadre des travaux actuels du PIREN-Seine ; évolution des flux de nitrates en tenant compte du changement climatique (Viennot P. et Gallois N, 2017) ; scénarios sécheresse sur le bassin Seine-Normandie (Boé *et al.*, 2018), impacts de l'évaporation sur les grands lacs de Seine (Météo-France, 2019). Des études sur l'efficacité de certaines solutions d'adaptation sont directement réalisées sous le pilotage de l'agence de l'eau. Par exemple, un bilan bibliographique des systèmes et pratiques agricoles résilients face au risque sécheresse (Aspar, 2019) comme illustré ci-dessous, ou la comparaison de plusieurs types de pratiques agricoles vis-à-vis de la protection des captages d'eau potable (AScA & Epices, 2020).



Ref :Guyomard 2013, Sautereau & Benoit 2016, Institut de l'élevage 2017, FRCivam Basse-Normandie 2013

Figure 4 – Illustration des systèmes et pratiques résilients face au risque sécheresse.

Source : Aspar, 2019.

Un projet Life Agriadapt, mené entre 2016 et 2020 dans plusieurs pays européens, a étudié la vulnérabilité de l'agriculture au dérèglement climatique et les potentialités d'adaptation à court, moyen et long termes, sur la base de cas d'études, dont une trentaine de fermes en France. L'intérêt de cette étude est en particulier d'avoir travaillé avec chaque agriculteur pour pointer les faiblesses climatiques actuelles (*cf.* bilan en Figure 5) ainsi que les menaces climatiques à venir au niveau de sa ferme et sur les pistes d'adaptation qu'il imagine développer à court ou moyen terme.

Grandes cultures	Elevage bovin
- Diversité culturale insuffisante - Diversité variétale insuffisante pour les principales cultures (notamment cult indus.) - Sols à réserve hydrique limitée - Ecarts de rendement interannuels importants - Dominante de cultures d'hiver trop importante dans l'assolement - Absence diversité cultures intermédiaires - Sols de champagne « froids » - Irrigation « d'été » - Peu ou pas de haies…	- Faible diversité de composantes fourragères - Peu ou pas de stocks fourrages de sécurité - Dépendance importante / achats de fourrages - Pâturage peu développé - Chargement non adapté - Dépendance importante des achats de concentrés - Sols de champagne humide non adapté aux extrêmes climatiques - Ombrage insuffisant sur les parcours - Confort thermique des bâtiments insuffisant

Figure 5 – Synthèse des principales faiblesses climatiques des fermes de grandes cultures et d'élevage.

Source : Solagro, 2020.

À la fin de la démarche, un plan d'adaptation a été remis à chaque ferme pilote, listant les adaptations envisageables à différents horizons de temps, avec différentes étapes à franchir progressivement en fonction de leur complexité.

En parallèle, des actions de sensibilisation à l'adaptation au changement climatique ont régulièrement lieu, à plusieurs échelles. Ainsi, les maîtres d'ouvrage sont supposés prendre connaissance de la stratégie d'adaptation du bassin au changement climatique quand ils signent avec l'agence de l'eau un contrat Eau et climat planifiant la mise en œuvre d'actions locales. À cette occasion, ils s'engagent à mettre en œuvre la stratégie à leur niveau en signant une déclaration d'engagement (à ce jour on compte 524 signataires, parmi lesquels des collectivités, des régions, des fédérations de pêche, des industries, des agriculteurs ou groupements d'agriculteurs, des associations environnementales…). Par ailleurs, l'agence de l'eau finance des « classes d'eau », formations auprès de plusieurs types de publics, scolaires ou professionnels, qui constituent également des moments de sensibilisation à ces enjeux. Enfin, chaque mois, le comité de bassin reçoit un court témoignage d'acteur local illustrant l'adaptation au changement climatique (AESN, 2021[5]), ou encore, des forums territoriaux de l'eau, associant différents acteurs de l'eau des sous-bassins, sont programmés en 2022 sur le sujet de l'adaptation au changement climatique.

Localement, l'élaboration ou l'actualisation de schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) donne lieu à des scénarios prospectifs réalisés par des bureaux d'études tenant compte désormais des enjeux climatiques définis préalablement par la recherche. Les SAGE contribuent également à sensibiliser les élus locaux et les acteurs économiques au changement climatique et aux enjeux d'adaptation. En revanche, le recours à des projections climatiques locales est déconseillé.

En effet, on sait que l'incertitude s'accroît avec la descente d'échelle. Il paraît amplement préférable d'appuyer les scénarios prospectifs locaux sur des références climatiques établies au niveau du bassin Seine-Normandie voire au niveau national. Même au niveau du bassin Seine-Normandie, les projections établies pour évaluer le risque sécheresse donnent des résultats sensiblement différents selon les modèles utilisés et les conditions initiales, comme l'illustre la Figure 6, ce qui pousse à surtout en retenir des messages moyennés au niveau du bassin.

5. https://fr.calameo.com/agence-de-l-eau-seine-normandie/read/004001913023161af9eea

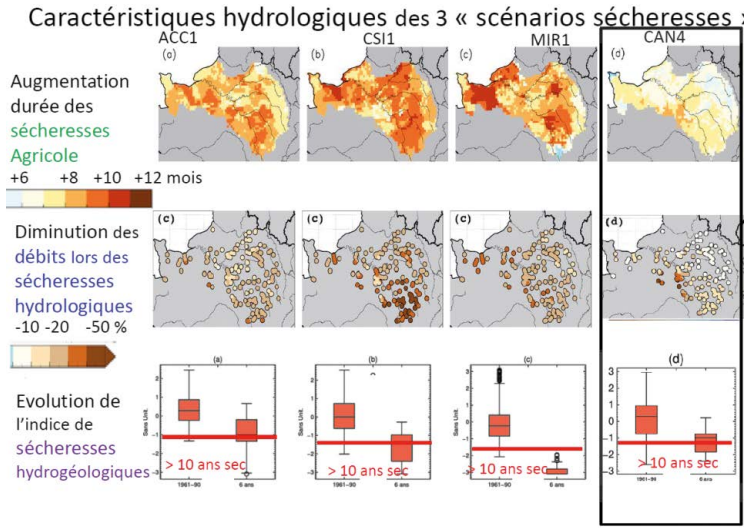


Figure 6 – Comparaison de trois scénarios sécheresse à 2030-2060 sur le bassin.

Source : Boé *et al.*, 2018.

La planification de la politique de l'eau tient compte également de la stratégie d'adaptation

En termes de planification de la politique de l'eau du bassin, l'état des lieux réalisé en 2019, au-delà des indicateurs habituels de la qualité de l'eau, s'est penché sur certains indicateurs des changements à l'œuvre, comme l'évolution de la température de l'eau. Le projet de SDAGE 2022-2027 élaboré dans la foulée a tenu compte de la stratégie d'adaptation : par exemple en précisant les impacts projetés à l'horizon 2050 à l'échelle du bassin ; en déployant une vigilance accrue sur la gestion quantitative ; en encourageant l'infiltration des pluies à la source et les pratiques permettant la recharge naturelle des nappes ; en tenant compte de la gestion des vagues de chaleur…

Comment suivre la mise en œuvre de la stratégie d'adaptation du bassin au changement climatique ?

Pour éclairer le comité de bassin sur l'avancement de la mise en œuvre de la stratégie d'adaptation, le conseil scientifique a défini trois grands types d'indicateurs, présentés tous les deux ans aux acteurs du bassin : des indicateurs de moyens, notamment les aides de l'agence à des actions particulièrement emblématiques de la stratégie d'adaptation (aides aux zones humides, à la continuité des cours d'eau, à la restauration des zones d'expansion de crues…) ; des indicateurs locaux renseignés de manière participative (formations et sensibilisation au changement climatique, évolution de l'agroforesterie et des haies…) ; et des indicateurs de trajectoire globale du bassin (évolution des prélèvements en eau, des prairies, de l'artificialisation, de l'agriculture biologique, du taux de cours d'eau

au bon état écologique…). À l'usage, il apparaît que certains indicateurs sont particulièrement difficiles à renseigner (le linéaire de haies, la surface en zones humides…) ou semblent biaisés (par exemple, l'évolution de la surface en prairies permanentes), ce qui justifie une actualisation de cette liste d'indicateurs.

La baignade, une adaptation à ne pas oublier!

Avec le recul, un enjeu apparaît cruellement absent de la stratégie d'adaptation du bassin au changement climatique : la baignade en rivière, évidemment plus attractive en période de grande chaleur, notamment pour les populations les plus démunies. Le développement de nouveaux points de baignade accessibles à tous, pour rafraîchir les habitants du bassin tout en renforçant leur lien à la rivière, est déjà à l'étude dans et autour de l'agglomération parisienne par exemple, appuyé par des recherches du PIREN-Seine. Une telle solution d'adaptation implique notamment de restaurer et de garantir un niveau de qualité microbiologique de la rivière suffisant, par exemple en améliorant la gestion des eaux pluviales et les branchements d'eaux usées, et en limitant les ruissellements directs, sujets encore insuffisamment réglés à ce jour.

- ***Trois réflexions en guise de conclusion***

Les modèles de projection climatique ont évolué depuis 2015. Aujourd'hui, les modèles climatiques les plus utilisés, régionaux, laissent supposer, contrairement à ceux qui prédominaient en 2015 (globaux), que les précipitations pourraient augmenter en moyenne dans le nord de la France. Pour autant, la validité des modèles globaux n'est pas remise en cause ; ceux-ci ne sont pas moins robustes que les modèles les plus utilisés actuellement, qui posent certaines questions (non-prise en compte des aérosols…), comme le montrent Julien Boé *et al.* (2020). Cela démontre, s'il en était besoin, à quel point l'incertitude sur l'évolution des précipitations demeure forte. Cependant, l'accroissement de l'évapotranspiration étant au contraire relativement certain, il reste très probable, quels que soient les modèles, que les débits diminuent pendant une partie de l'année.

Ces incertitudes incitent d'autant plus à mettre en avant les solutions fondées sur la nature, de toutes façons bénéfiques pour la société, c'est le deuxième point. Celles-ci permettent en effet à la fois d'atténuer les effets du changement climatique, de tenir compte de l'enjeu biodiversité, crucial, et de limiter l'usage de solutions technologiques, nécessairement consommatrices de matière, d'eau, d'énergie et émettrices de gaz à effet de serre, que ce soit pour leur conception ou leur mise en œuvre.

Enfin, face à ces enjeux majeurs, se pose à l'usage la question du terme *adaptation* : n'est-il pas devenu galvaudé, ne donne-t-il pas à penser qu'ajuster les usages de l'eau à la marge suffit, quand on voudrait faire passer le message, au contraire, que ce sont des changements profonds qui sont attendus, pour s'adapter aux dérèglements à venir ? Ne faudrait-il pas parler plutôt d'*adaptation transformationnelle* ? Une réponse à ce problème semble également résider dans le fait de ne jamais dissocier l'adaptation de la nécessaire atténuation ni de l'enjeu biodiversité, laquelle constituant en outre une des clés de la résilience.

Mise en prospective d'une approche intégrée et participative d'adaptation d'un territoire de montagne au changement climatique

Marie-Pierre Arlot,
Université Grenoble Alpes, INRAe, LESSEM
Samuel Morin,
Université Grenoble Alpes, université de Toulouse, Météo-France, CNRS, CNRM, Centre d'études de la neige
Léïta Tschanz,
Université Grenoble Alpes, INRAe, LESSEM, Aix-Marseille Université, UMR7263, CNRS-IRD, Avignon Université
Emmanuelle George,
Université Grenoble Alpes, INRAe, LESSEM
Hugues François,
Université Grenoble Alpes, INRAe, LESSEM
Emmanuel Jeanjean,
Parc naturel régional du Vercors

• *Contexte*

Cette contribution propose un retour d'expérience sur la place de la prospective dans une recherche en appui aux politiques publiques visant à la mise en place d'une démarche intégrée et intersectorielle d'adaptation au changement climatique à l'échelle d'un petit territoire de moyenne montagne, sur la base d'une approche interdisciplinaire, transdisciplinaire[1] et participative (Arlot, 2019). Cette recherche a été menée dans le cadre du projet GICC[2] AdaMont 2015-2019[3] puis poursuivie par des travaux de transfert opérationnel qui ont cours depuis 2019[4].

La recherche a été menée en partenariat avec les parcs naturels régionaux (PNR) des Préalpes, avec une large part des travaux menés avec et dans le PNR du Vercors (Jeanjean, 2019). Elle s'inscrivait alors dans les réflexions de la COP 21, de la définition du plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC 2)[5] et de la mise en place de services climatiques (Allenvi, 2016).

1. Recherche transdisciplinaire : « une approche globale, multi-perspective, axée sur les problèmes et les solutions qui transcende les limites disciplinaires et fait le pont entre la science et la pratique » (Hoffman *et al.*, 2017).

2. Programme de recherche fédérateur « Gestion et impacts du changement climatique » (GICC) financé par la Direction de la recherche et de l'innovation (DRI) du Commissariat général au développement durable (CGDD), 1999-2019.

3. https://www6.lyon-grenoble.inrae.fr/lessem/RECHERCHE/Projets/ADAMONT/Synthese-du-projet

4. Projet AdaMont soutenu par le programme GICC et l'ONERC, 2015 à 2018 ; travaux de transfert opérationnel soutenus par INRAe et la SATT Linksium, 2019 à 2020.

5. Plan national d'adaptation au changement climatique, https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2018.12.20_PNACC2.pdf

Considérer l'adaptation à l'échelle d'un territoire nécessite de travailler avec l'ensemble des acteurs du territoire, à tous les niveaux d'action et de gouvernance, et demande de se projeter à l'horizon de plusieurs décennies. Les démarches d'adaptation des territoires prennent d'ores et déjà en compte l'évolution future du climat et en considèrent les possibles impacts et perspectives d'adaptation pour les principaux secteurs d'activité économique, de gestion des ressources naturelles ou d'aménagement du territoire. Pour autant, les démarches intégrées à l'échelle du territoire et les approches prospectives restent souvent peu développées ou peu formalisées. Les actions d'adaptation peuvent également bénéficier d'une capitalisation structurée des réflexions et des retours d'expériences s'inscrivant dans le temps long de l'adaptation, capitalisation qui reste également encore assez limitée.

Les travaux menés dans le projet AdaMont ont donc cherché à proposer des éléments d'expérimentation et de méthodologie pour la mise en place d'une démarche d'adaptation intégrée à l'échelle du territoire, pouvant se développer et être capitalisée dans le temps. Les approches prospectives s'y déclinent à différents niveaux et moments :

- par la mise au point d'une méthode permettant de disposer de projections climatiques régionalisées adaptées aux milieux de montagne sur la base des scénarios prospectifs utilisés par le GIEC ;
- par l'utilisation de ces projections climatiques dans des modèles de projection de l'enneigement, en lien avec une réflexion prospective sur le futur du tourisme de neige et sa diversification ;
- par une approche prospective sectorielle à base participative, visant à explorer les évolutions possibles des principales activités économiques et de gestion des ressources naturelles du territoire ;
- par une prospective participative menée à l'échelle du territoire d'étude mettant en relation les écosystèmes et activités humaines.

Ces différentes approches ont été reliées par la définition d'un cadre intégré permettant de décrire et de mettre en relation les différentes composantes d'un « système territorial d'adaptation », avec les caractéristiques physiques du territoire (climat, écosystèmes, ressources naturelles…), les unités fonctionnelles du territoire (unités territoriales et unités socio-écologiques), et les activités humaines pertinentes à considérer pour l'adaptation (activités de gouvernance, de production et de support). Ce cadre intégré repose sur la définition d'un référentiel, dénommé SMA (Système de management de l'adaptation), couplé avec la mise en place d'un modèle de données appelé MAIA (Modélisation améliorative et intégrée de l'adaptation) (Arlot, 2019).

Ce modèle est à ce stade documenté par des données qualitatives qui sont renseignées dans une base de données permettant la capitalisation et le partage des données sur l'adaptation dans les territoires.

Cette démarche SMA-MAIA a pour vocation d'accompagner les acteurs territoriaux dans leur démarche d'adaptation. Elle est en cours d'opérationnalisation à destination des gestionnaires et décideurs territoriaux qui souhaitent engager une démarche intégrée d'adaptation au changement climatique à l'échelle de

leur territoire. Elle vise à les aider à formaliser les besoins et les pistes d'adaptation aux différents niveaux d'action et de gouvernance de leur territoire, et à y répondre de manière opérationnelle dans le cadre de stratégies et de plans d'action traçables. Elle peut aussi leur permettre de développer leur stratégie et action dans une démarche d'amélioration continue inscrite dans le long terme, ainsi que de situer leur action en référence à des cadres reconnus au niveau international, notamment en matière de systèmes de management et de développement durable.

- ***Projections climatiques et prospectives sectorielles : projeter les climats futurs et en explorer les impacts et enjeux pour les principaux secteurs d'activité du territoire***

Scénarios et projections climatiques

Les démarches d'adaptation, quel que soit leur degré de formalisation ou de structuration, se nourrissent d'estimations de l'évolution future des conditions climatiques et météorologiques sous l'effet du changement climatique. La principale source d'information à ce sujet repose sur l'utilisation de résultats de modèles climatiques, seuls outils capables de projeter l'impact climatique futur en réponse à différents niveaux d'émissions de gaz à effet de serre. La communauté scientifique de la physique du climat utilise des scénarios exploratoires de teneurs en gaz à effet de serre, reposant sur des hypothèses d'évolution des politiques socio-économiques – énergétiques en particulier – au niveau mondial (scénarios RCP utilisés par le GIEC[6]). Les modèles climatiques à l'échelle planétaire déclinés de ces scénarios fournissent des informations, qu'il convient de « zoomer » pour les utiliser à l'échelle régionale, puis locale. Dans le cadre du projet AdaMont, une méthode robuste d'ajustement des simulations climatiques régionales a été consolidée (ADAMONT, Verfaillie *et al.*, 2017) et appliquée à un ensemble de simulations climatiques régionales, en utilisant une estimation des variables météorologiques des dernières décennies comme référence (Verfaillie *et al.*, 2018). Ce système de modélisation permet de produire les informations météorologiques pour diverses échéances climatiques futures, et de les utiliser pour des modèles d'impacts permettant de traduire ces évolutions climatiques en facteurs climatiques générateurs d'impacts (*climatic impact-factors*) pertinents pour les secteurs d'activité humaine ou les écosystèmes (IPCC, 2021). En outre, ce système de modélisation produit des ensembles de projections climatiques futures, permettant d'estimer les diverses sources d'incertitude à prendre en compte.

À titre d'illustration, la Figure 1 présente l'évolution des conditions d'enneigement dans le massif du Vercors à 1 500 m d'altitude, par le prisme du nombre de jours où l'épaisseur de neige dépasse 5 cm. Cet indicateur représente le caractère « enneigé » du paysage hivernal, et montre le fort impact du changement climatique passé et futur sur la baisse de l'enneigement à basse et moyenne altitude.

6. Scénarios RCP (Representative Concentration Pathway), scénarios d'émissions de gaz à effet de serre avec quatre niveaux de forçage radiatif jusqu'à l'horizon 2100.

Toutefois, il faut noter que chaque secteur sensible aux conditions d'enneigement est sensible à des indicateurs différents, représentant diverses caractéristiques du manteau neigeux (épaisseur, masse, etc.) pour diverses périodes temporelles ou indicateurs statistiques (maximum annuel, dépassement de seuil, etc.). Il en va de même d'indicateurs fondés sur d'autres variables météorologiques (précipitations, températures, etc.). Ceci illustre que, pour chaque secteur concerné, il importe de définir et de calculer les indicateurs pertinents, ce qui requiert la disponibilité de données climatiques et météorologiques « de base » permettant cette démarche. Le portail national de données climatiques DRIAS fournit pour la France métropolitaine des données de projections climatiques ajustées ; son développement a bénéficié du projet AdaMont, tant concernant la consolidation de la méthode éponyme que son usage pour la production et mise à disposition de projections climatiques pour les terrains de montagne (DRIAS, 2018[7]) et la France métropolitaine (DRIAS, 2021[8]).

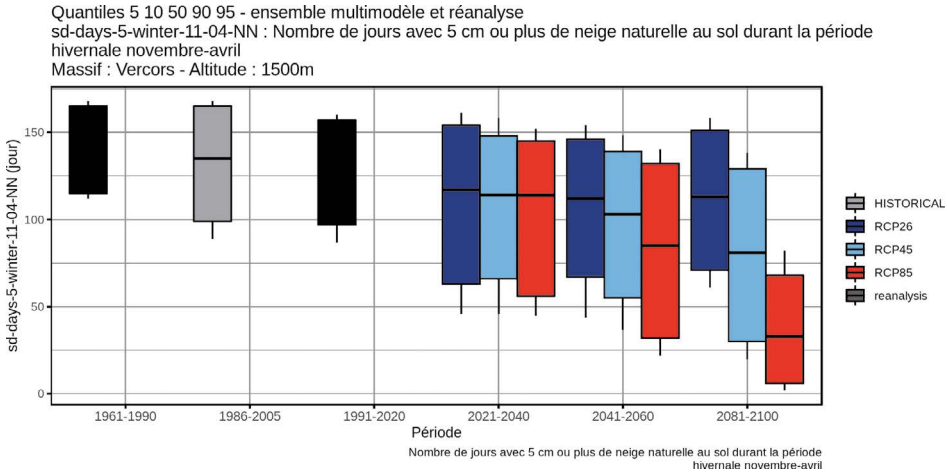


Figure 1 – Statistiques de valeurs annuelles du nombre de jours où l'épaisseur de neige naturelle à 1 500 m d'altitude dans le massif du Vercors dépasse 5 cm d'épaisseur de novembre à avril, pour deux périodes passées (1961-1990 et 1991-2019) et en projection climatique pour les périodes 2021-2040, 2041-2060 et 2081-2100, pour plusieurs scénarios climatiques (RCP2.6 : fortes réductions d'émissions de gaz à effet de serre ; RCP4.5 : réduction moyenne des émissions au cours du XXIe s., RCP8.5 fortes émissions de gaz à effet de serre au XXIe s.).

Source : projet AdaMont.

Approche par filière, adaptation du tourisme de neige

En milieux de montagne, les évolutions climatiques ont affecté en premier lieu le tourisme de neige et l'ensemble de la filière. Résultats d'une politique volontariste d'aménagement du territoire en faveur du développement économique et social des territoires de montagne, les stations de sports d'hiver ont été conçues

7. http://drias-climat.fr/accompagnement/sections/215
8. http://drias-climat.fr/accompagnement/sections/240

comme des pôles de croissance, véritables locomotives du développement local. Après la phase de création et de forte expansion des années 60-70 en France, les stations ont connu de premières difficultés, de différentes natures, au tournant des années 80-90. Les premiers hivers sans neige des années 89-91 ont ainsi rappelé la dépendance des stations à neige et les difficultés que soulève sa variabilité naturelle de cette ressource au regard des charges fixes importantes à assumer. Dans la foulée, et particulièrement à partir des années 2000, le recours à la production de neige de culture s'est développé dans la plupart des stations françaises, en vue d'abord de pallier les aléas météorologiques, puis les effets plus structurels du changement climatique. À une échelle plus globale, le SROCC[9] (IPCC, 2019) a mis en exergue l'intérêt qu'a eu cette production de neige pour limiter les impacts de la variabilité et de difficultés d'enneigement croissantes, tout en mettant en garde contre ses limites, la capacité à produire de la neige dépendant elle-même des conditions météorologiques.

Dans ce contexte, les outils et services d'évaluation de la fiabilité de l'enneigement des domaines skiables se sont progressivement complexifiés pour intégrer les pratiques de gestion de la neige en stations (Spandre, 2016) : les modèles qui étaient à l'origine limités à la prise en compte de la neige naturelle ont été progressivement complétés par des approches permettant d'intégrer un apport additionnel de neige ; les modèles décrivant le comportement physique de la neige ont ensuite facilité l'intégration de l'impact du damage et des propriétés particulières de la neige produite. Ces mêmes approches ont également rendu possible une meilleure prise en compte des caractéristiques spatiales des domaines skiables depuis une approche très fine à l'échelle de la piste jusqu'à des représentations plus générales des enveloppes gravitaires des domaines skiables. Une chaîne de modélisation complexe a pu être mise en place en partenariat entre INRAe et Météo-France (CEN/CNRM), pour permettre une analyse aussi fine que possible des situations concrètes en se projetant dans des approches de long terme. Trois briques complémentaires structurent cette démarche :

1. La descente d'échelle des projections climatiques Euro-Cordex réalisée par Verfaillie *et al.* (2016), qui permet ainsi de disposer de données de forçage du modèle de manteau neigeux Crocus pour trois scénarios (RCP2.6, RCP4.5 et RCP8.5) jusqu'à la fin du siècle ;

2. Le développement du modèle dédié à la gestion de la neige en station de sports d'hiver, Crocus Resort, développé par Spandre *et al.* (2019), qui permet d'intégrer les effets du damage et les propriétés de la neige additionnelle, produite par les stations, sur la dynamique du manteau neigeux ;

3. Le modèle gravitaire de domaines skiables, qui permet d'appliquer les éléments précédents aux contextes géo-topographiques propres à chaque station (Spandre *et al.*, 2019) pour différents taux de couverture du domaine skiable en neige produite.

9. Rapport spécial sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique (*Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate - SROCC).*

La combinaison de ces outils a permis une évaluation de la fiabilité de l'enneigement des domaines skiables en fonction de projections à l'horizon de la fin du siècle et selon les différents scénarios RCP, pour les Alpes françaises (Spandre *et al.*, 2019a) et les Pyrénées (Spandre *et al.*, 2019b). Ces simulations ont, en outre, permis de proposer une première évaluation des conditions nécessaires pour être en capacité de répondre au besoin croissant de production de neige, notamment au regard de la disponibilité de la ressource en eau pour le cas du département de l'Isère (Gerbaux *et al.* 2020).

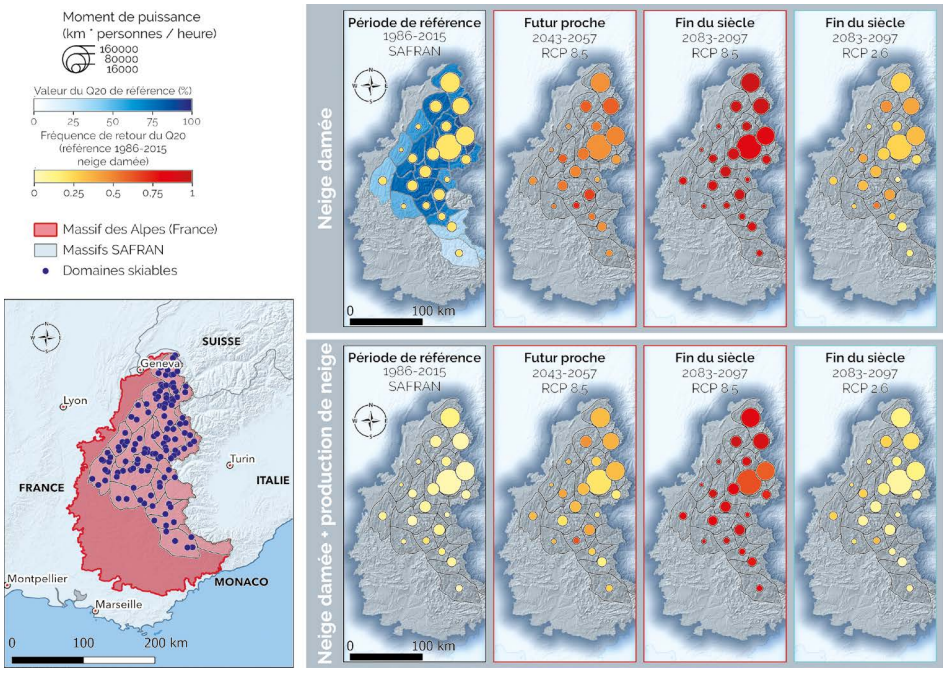


Figure 2 – Fréquence de retour des années de faible enneigement pour les stations des Alpes françaises en lien avec leur moment de puissance (produit du dénivelé et du débit des remontées mécaniques) et la production de neige, pour les scénarios RCP8.5 et 2.6.

Source : Spande *et al.,* 2019, données actualisées par massifs SAFRAN et massifs météorologiques.

L'ensemble de ces travaux associant des projections d'enneigement naturel et une prise en compte des pratiques concrètes de production et de gestion de la neige dresse un tableau très contrasté des situations de chaque station en fonction de leur localisation et de leur configuration. Ils permettent aux décideurs et gestionnaires de mieux évaluer les vulnérabilités en termes d'enneigement et questionnent plus largement les capacités économiques à soutenir la dynamique d'investissement dans les infrastructures d'enneigement, ainsi que l'évolution de la pression sur les ressources locales en eau dont ils sont tributaires et, *in fine*, à pérenniser le développement d'un tourisme hivernal centré sur la neige.

La réflexion sur la diversification touristique ou économique (Achin, 2015) des stations de montagne s'est développée dans le même temps en lien avec les évolutions de la demande touristique et les impacts du changement climatique, le plus souvent sous l'impulsion de politiques publiques dédiées.

Ces processus de diversification s'inscrivent dans une perspective de transition territoriale qui s'affirme depuis de nombreuses années. Le poids, actuel et hérité, du tourisme de ski dans la structuration des territoires supports de station implique *de facto* de réfléchir à la manière de s'appuyer sur les moyens dégagés par le tourisme hivernal pour accompagner l'inflexion nécessaire des trajectoires de ces territoires avant d'atteindre un point de rupture à partir duquel les marges de manœuvre seraient directement limitées. Or, la complexité du système d'acteurs et l'absence de modèle de développement prédéterminé pour mettre en œuvre la diversification sont autant de gageures qui nous amènent à penser que cette transition s'appuie sur des évolutions profondes des bases territoriales du développement et s'inscrit nécessairement dans une perspective et une prospective de long terme.

Cette question particulière du tourisme de neige illustre donc la nécessaire et complexe combinaison des approches prospectives, projectives et pratiques ainsi que les apports possibles des approches quantifiées. Elle renvoie néanmoins à des approches plus globales de diversification et d'adaptation des territoires, appelant à une vision prospective à l'échelle du territoire, au carrefour entre prise en compte des évolutions climatiques et prise en compte des capacités et trajectoires d'évolution de chacun des territoires**.**

Approches sectorielles à dire d'acteurs

Aller vers une stratégie d'adaptation intégrée à l'échelle d'un territoire oblige à mobiliser des approches qualitatives complémentaires à ces approches quantitatives qui ne peuvent être développées que pour une faible part des activités et enjeux du territoire. Des ateliers participatifs associant praticiens, experts et scientifiques ont ainsi été organisés au cours du projet AdaMont pour couvrir les principaux secteurs d'intérêt du territoire d'étude pour l'adaptation, l'agriculture, la forêt, le tourisme, les risques naturels, l'eau, la biodiversité et les services écosystémiques. Les ateliers ont débuté par la présentation des projections climatiques déclinées à l'échelle du territoire, puis par la présentation d'un état des lieux local approfondi réalisé en amont de chaque atelier. Sur cette base, les participants ont été amenés à s'exprimer sur leur vision des aléas et impacts connus et attendus du changement climatique, sur les enjeux d'adaptation, sur les actions d'adaptation en place, à développer ou à imaginer (Piazza-Morel, 2019, Figure 3). Des récits prospectifs ont également été sollicités auprès d'experts (François *et al.*, 2019).

Ces ateliers ont offert un lieu d'échange et de croisement de regards et ont permis de récolter une grande quantité d'informations, certes qualitatives, mais assez détaillées. La pleine exploitation de ces données a cependant nécessité un important travail de traitement de l'information, réanalyse, formalisation, reconstruction puis hiérarchisation et capitalisation des éléments collectés selon une séquence « Aléas/Impacts/Adaptations/Interactions ».

Ces ateliers et le travail de réanalyse qui a suivi ont conduit à définir neuf variables climatiques exprimant les pressions connues ou attendues du changement climatique sur le territoire, 59 indicateurs climatiques précisant les perturbations induites par ces pressions climatiques, perturbations observées ou projetées, et plus de 200 indicateurs socio-écologiques permettant de rendre compte des impacts observés ou attendus sur les écosystèmes et les activités humaines. Près de 300 actions d'adaptation ont également été proposées lors des ateliers, actions pour partie mises en œuvre ou plus prospectives.

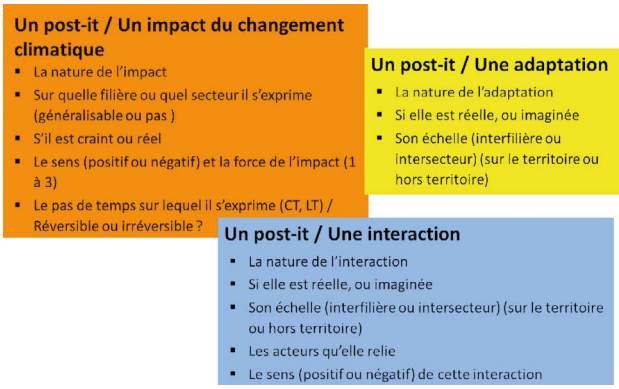


Figure 3 – Consignes transmises aux participants des ateliers thématiques pour reconstruire la chaîne Aléas/Impacts/Adaptations/Interactions.

Source : Piazza-Morel, 2019.

• *Prospective territoriale : lier les enjeux socio-économiques et écologiques du changement climatique à l'échelle du territoire*

Une approche prospective exploratoire a été menée à l'échelle de l'ensemble du territoire du Vercors (Tschanz, 2019) avec l'objectif particulier d'interfacer les activités humaines et les écosystèmes pour différents scénarios de forçages climatiques.

Des méthodes d'écologie du paysage ont été appliquées en travail préparatoire afin de délimiter des portions d'espace du territoire appelées unités du système socio-écologique, unités assez homogènes en termes de milieux naturels et d'imbrication des dynamiques humaines et écologiques. Les effets des forçages climatiques ont ensuite été décrits pour ces différentes unités socio-écologiques.

La prospective exploratoire a reposé sur un premier atelier autour d'une approche globale du territoire, qui a rassemblé un panel assez large de représentants des acteurs locaux. Les participants ont été guidés dans une démarche de diagnostic territorial pour identifier les composantes et variables essentielles du territoire en termes de caractéristiques matérielles et biophysiques, immatérielles et symboliques, et pour en caractériser les tendances d'évolution actuelles. Sur la base de cette mise en contexte, les participants ont ensuite été invités à imaginer des scénarios du territoire à 30 ans prenant en compte les conséquences possibles du changement climatique (scénarios indiqués Figure 4).

Un second atelier a mobilisé un groupe d'experts resserré autour des agents du Parc naturel régional et de scientifiques. Ce groupe d'experts a porté un diagnostic sur l'état écologique des habitats principaux des unités du système socio-écologique. Il a ensuite évalué les évolutions de ces habitats en fonction de chacun des principaux scénarios identifiés au cours du premier atelier, aboutissant à une cartographie des unités socio-écologiques pour chacun de ces scénarios (cartes Figure 4).

Cette démarche prospective a ainsi conduit à définir quatre scénarios principaux mêlant facteurs climatiques déclenchants, contexte et visions socio-économiques et caractéristiques écologiques. Ces scénarios ont été positionnés selon deux axes :

- d'une part les orientations de développement privilégiant un développement territorial endogène ou au contraire s'inscrivant dans une perspective d'économie globalisée ;
- d'autre part la façon dont les acteurs du territoire vivent le changement, soit en le subissant, soit en étant actifs dans l'anticipation.

Le groupe d'experts a ensuite proposé de compléter ces quatre scénarios par un cinquième scénario central, scénario « équilibré », composant avec les forces et les risques de chacun des autres scénarios dans le domaine socio-économique.

La démarche prospective qui a été développée a ainsi mobilisé la perception d'un large panel d'acteurs (scientifiques, gestionnaires du parc, acteurs économiques, associations environnementales, élus), en croisant les connaissances locales des experts du territoire, tout en maintenant une vision d'ensemble des systèmes socio-écologiques. Elle a permis de formaliser et de décliner les représentations du territoire et de ses évolutions possibles telles qu'elles sont perçues par les acteurs et experts du territoire. Les résultats produits sous forme de cartes du territoire intégrant les écosystèmes, les flux et les dynamiques socio-économiques permettent de dégager des questionnements prospectifs pour envisager différents futurs des territoires, notamment autour des caractéristiques et conséquences possibles de dynamiques contrastées de développement territorial en lien avec l'augmentation des pressions climatiques ou urbaines, ou quant à la possibilité de modèles de développement territorial agiles ou exemplaires (Figure 4).

Cette approche prospective a également permis de caractériser la sensibilité des unités du système socio-écologique du territoire pour les différents forçages climatiques identifiés, et d'évaluer les impacts sur l'évolution des bouquets de services rendus par les écosystèmes, analyses détaillées à retrouver dans Tschanz (2019) et Tschanz *et al.* (à paraître).

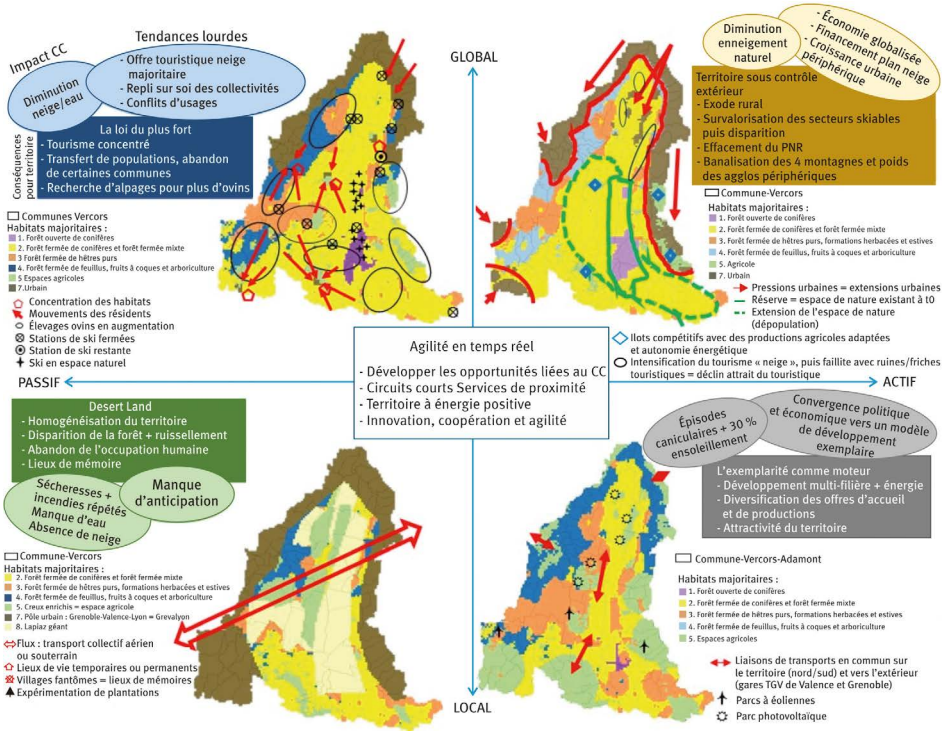


Figure 4 – Synthèse des scénarios de prospective intégrée sur le territoire du Vercors avec description des incidences spatiales associées. Quatre scénarios suivant des forçages climatiques différents, et scénario d'équilibre souhaité en leur centre.

Source : Tschanz, 2019.

• *Approche opérationnelle : mettre en système l'adaptation et la décliner dans le territoire*

La dernière étape de la démarche a cherché à mettre en système et en opérationnalisation cet ensemble de données, en proposant un cadre permettant de relier les visions et actions globales du territoire avec les visions et actions de chacun des acteurs du territoire, dans une approche multi-acteurs et multi-niveaux.

Elle s'est appuyée sur le principe des approches processus tel que proposé par la norme internationale ISO 9001 : 2015[10] et sa déclinaison pour les collectivités locales[11], enrichie par les normes internationales en matière de développement durable[12] et d'adaptation au changement climatique pour les collectivités[13].

10. ISO 9001 : 2015 – https://www.iso.org/standard/62085.html
11. ISO 18091 : 2019 – https://www.iso.org/standard/72808.html
12. ISO 37101 : 2016 – https://www.iso.org/standard/61885.html
13. ISO 14090 : 2019 – https://www.iso.org/standard/68507.html

Ces approches processus proposent une approche incrémentale d'amélioration continue qui s'appuie sur les actions et initiatives de chacun des acteurs en les resituant dans une dimension prospective et stratégique.

La mobilisation et l'articulation de ces différentes approches reposent sur la définition d'un concept pivot appelé « cas d'adaptation », qui permet de relier l'ensemble des éléments à prendre en considération face à un enjeu d'adaptation particulier (Philippe *et al.*, 2019). Équivalant à un « macroprocessus » d'adaptation, le cas d'adaptation décrit le contexte et les éléments de choix d'un scénario d'adaptation, scénario composé de différentes actions d'adaptation. Les acteurs concernés sont appelés à définir les principaux cas d'adaptation pour leur territoire, en se basant sur les éléments prospectifs décrits ci-dessus, puis à y choisir leur scénario d'adaptation. Les cas et actions d'adaptation peuvent être réels, c'est-à-dire déjà engagés, ou prospectifs, pouvant proposer des modifications significatives des pratiques locales avec la prise en compte d'actions d'adaptation plus innovantes ou en rupture.

L'application sur le territoire d'étude du Vercors a débouché sur la proposition de 19 cas d'adaptation (Figure 5). Ils rassemblent et mettent en lien les éléments recueillis lors des ateliers participatifs, en décrivant pour chacun d'entre eux les facteurs déclenchants de l'adaptation (variables et indicateurs météo-climatiques), les parties intéressées et les fonctions nécessaires à l'adaptation, les actions d'adaptation déjà connues ou mises en œuvre spontanément ou délibérément, ou celles qui sont encore au stade d'idée ou de projet futur. Il est aussi possible d'apporter des précisions sur la répartition spatiale ou temporelle des perturbations, des impacts et actions d'adaptation.

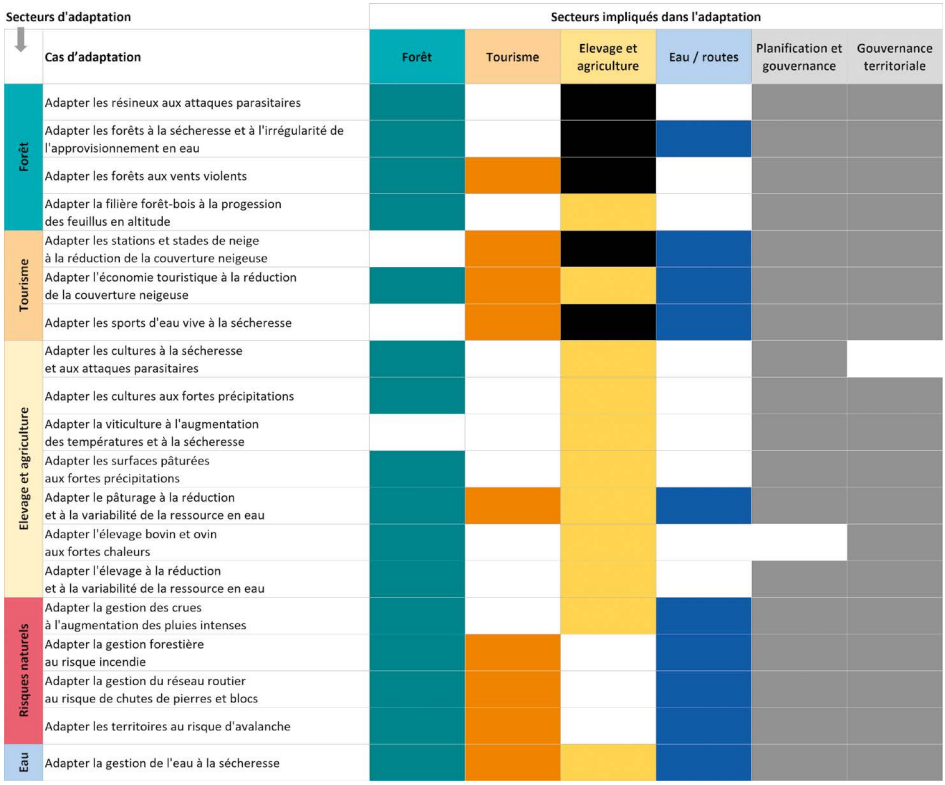


Figure 5 – Cas d'adaptation et vue intersectorielle des secteurs d'activité impliqués dans les processus d'adaptation (Vercors, 2015-2017). Les cas d'adaptation sont présentés dans la colonne de gauche et liés aux principaux secteurs d'activité.

Source : Philippe *et al.,* 2019.

Cette formalisation et mise en système intègre les observations et réflexions participatives et prospectives des ateliers. Elle permet également de projeter une cartographie systémique et assez systématique des différents acteurs et fonctions à mettre en mouvement pour l'adaptation. Dans le cas d'étude, 95 acteurs collectifs et 57 fonctions types ont été identifiées comme nécessaires à mobiliser, dépassant le périmètre des acteurs directement impliqués dans la réflexion, et concernant tout autant les fonctions de production, de pilotage ou de support nécessaires à l'adaptation (Tschanz *et al.*, à paraître).

Tous les éléments constituant les cas d'adaptation sont rassemblés et mis en relation dans le modèle de données MAIA et sa base de données. Ce modèle peut être utilisé à différentes mailles territoriales et avec différentes entrées, sectorielles ou transversales. Cette mise en système permet également d'identifier les perturbations, actions d'adaptation, acteurs ou fonctions qui sont au croisement des différents processus d'adaptation, contribuant à une vision intersectorielle de l'adaptation.

Différents critères sont proposés pour aider au choix et à la priorisation des actions et scénarios d'adaptation pour chaque cas d'adaptation, efficacité, faisabilité, réversibilité, synergies et potentiel d'atténuation. À l'échelle du territoire, le choix peut aussi être orienté par l'identification des parties intéressées, fonctions et actions d'adaptation qui sont à l'interface de plusieurs cas d'adaptation.

Le modèle et sa base de données guident également les différents acteurs pour définir les indicateurs essentiels utiles pour évaluer l'évolution des aléas et perturbations, des impacts et des actions d'adaptation. Ces indicateurs restent à ce stade qualitatifs mais l'introduction d'indicateurs quantitatifs reste possible au fur et à mesure de l'avancée des connaissances. La Figure 6 présente les indicateurs socio-écologiques identifiés comme pertinents à considérer dans plusieurs secteurs d'activité du territoire. Ces indicateurs peuvent contribuer à outiller une démarche de suivi-évaluation dans un esprit de politique fondée sur les preuves, et peuvent aussi soutenir la réflexion prospective du territoire.

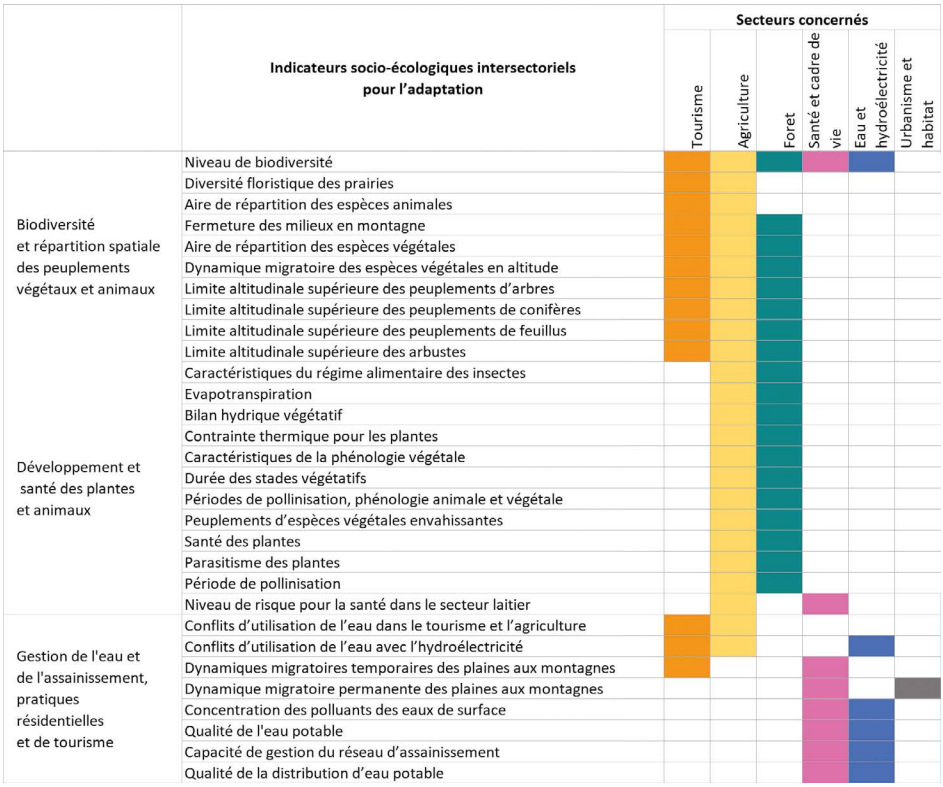


Figure 6 – Indicateurs socio-écologiques intersectoriels identifiés lors d'ateliers de terrain pour caractériser la sensibilité au changement climatique (Vercors, 2015-2017). Seuls les indicateurs les plus significatifs associés à au moins deux secteurs principaux différents sont indiqués sur plus de 200 indicateurs recueillis au cours de l'étude.

Source : Philippe *et al.,* 2019.

- *Démarche intégrée et mise en prospective : discussion et jalons restant à franchir*

La démarche développée dans ce projet propose des avancées théoriques et apporte quelques jalons opérationnels vers une approche intégrée de l'adaptation à l'échelle d'un territoire. La dimension prospective intervient à différents moments de cette démarche, sous différentes formes : prospective territoriale participative permettant de générer des scénarios exploratoires globaux, approches de prospectives sectorielles à dires d'acteurs, et *in fine* éléments de scénarios normatifs proposant une organisation dans le temps et dans le territoire pour atteindre des objectifs stratégiques d'adaptation (Jouvenel (de), 2002).

La démarche SMA-MAIA propose un cadre et des outils pour ces différents temps et formats de prospective, en aidant à mieux appréhender la complexité du système territorial d'adaptation par la qualification des principales composantes, variables-clés et indicateurs pertinents à considérer. Elle permet ainsi de définir et documenter tout un ensemble de micro-scénarios concernant différentes parties ou acteurs du territoire, et de les agréger à l'échelle du territoire dans une approche rigoureuse. La démarche se rapproche ainsi de celle des analyses prospectives morphologiques (Lamblin, 2018) et pourraient les outiller. La jonction entre les travaux réalisés et les méthodes d'analyse morphologique n'a cependant pas été faite dans le temps du projet et reste à établir de manière formelle et complète afin de voir jusqu'à quel point la démarche SMA-MAIA peut à la fois bénéficier de ces approches et également les outiller en retour.

L'association d'un important volet participatif renvoie pour sa part au registre de l'apprentissage organisationnel dans le cadre duquel la prospective peut contribuer à l'aide à la décision, à la mobilisation, à l'orientation stratégique et à la conduite du changement (Bootz, 2008). Pour autant, ce potentiel d'apprentissage organisationnel est resté incomplètement réalisé car la démarche construite lors de ce projet de recherche n'a pas pu être complètement consolidée et testée sur le terrain dans le temps du projet, tant pour des raisons matérielles que du fait de freins de nature plus culturelle et politique.

Côté terrain d'étude (Jeanjean, 2019), cette démarche a permis aux acteurs du parc de prendre conscience des enjeux et de disposer d'arguments scientifiques pour mobiliser les habitants, entrepreneurs et élus du territoire autour de ces enjeux. Elle a aussi permis de dépasser les projets techniques et sectoriels et de décloisonner les approches, aidant à l'intégration de la question de l'adaptation au changement climatique dans les travaux de renouvellement de la charte du parc qui ont suivi le projet AdaMont. Mais elle a aussi montré que cela n'était pas suffisant malgré les efforts déployés, et qu'il fallait poursuivre le travail d'explication, de conviction et d'accompagnement.

Le cadre formel et théorique développé montre également que concevoir et piloter l'adaptation à l'échelle d'un territoire peut devenir très complexe si on souhaite intégrer au mieux les différents types et échelles d'action, avec une multitude d'acteurs et d'actions à prendre en compte, avec des effets et interactions peu maîtrisés. De l'expérience de ce projet, il apparaît difficile pour les territoires de trouver le temps et les moyens et peut-être avant tout la motivation de mettre en œuvre une démarche qui prenne pleinement en compte cette complexité.

Les concepts et méthodes utilisés dans cette démarche portent aussi leur propre part de complexité, et se sont avérés assez difficiles à comprendre et à approprier tant par les chercheurs et experts que par les acteurs politiques et socio-économiques. La mise au point et le test d'un jeu sérieux en accompagnement de la démarche a néanmoins montré qu'il était tout à fait possible et rapide de faciliter cette compréhension et appropriation par ce type d'animation. Ce constat rejoint celui plus général de l'intérêt de démarches de jeux sérieux pour accompagner l'engagement et l'installation dans le temps de telles démarches complexes et à fort contenu cognitif (Fernandez Galeote *et al.*, 2021).



Figure 7 – Séance-test du jeu sérieux conçu en accompagnement de la démarche et des outils proposés dans le projet AdaMont, 2019.

Source : projet AdaMont, 2019.

S'y ajoute la complexité d'une forte composante d'incertitude inhérente à la question de l'adaptation au changement climatique. Les concepts et outils proposés permettent sur le principe d'aider à mener une réflexion assez poussée sur différents critères de faisabilité, de valeurs, de risques et d'opportunités pour chacun des processus et des acteurs de l'adaptation, en croisant leur réflexion stratégique avec la prospective et la vision stratégique globale du territoire. Mais dans les faits les démarches des territoires restent le plus souvent assez simplifiées, n'intégrant que très partiellement ce type de démarches formelles d'aide à la décision.

La démarche propose aussi de mettre à disposition et d'échanger des informations, indicateurs, actions et scénarios d'adaptation entre territoires. Elle peut de ce fait être ressentie comme ne laissant pas la pleine initiative aux territoires pour définir leurs trajectoires et actions d'adaptation, pouvant les inciter à favoriser du prêt à l'emploi. Au-delà de ce nécessaire point de vigilance, un juste équilibre entre ces deux postures semble cependant souhaitable, avec la difficulté mais aussi l'intérêt de savoir s'inspirer des autres territoires tout en restant ouvert et

créatif. Les tests terrain ont à ce propos pu montrer la capacité des acteurs des territoires à s'inspirer, à rebondir et à créer à partir d'un matériau initial qui leur était proposé, et la démarche de jeux sérieux y contribue également.

Il semble enfin rester une certaine réticence à appliquer des démarches assez cadrées telles que celles proposées par les normes ISO des systèmes de management, appelant à une certaine formalisation et discipline collective. En ce sens, la question de l'adaptation au changement climatique recoupe celle des organisations apprenantes, dont la bonne mise en place nécessite notamment d'adopter une bonne qualité d'écoute et une certaine rigueur et discipline de fonctionnement (Senge, 2006 ; Gwiazdzinski et Cholat, 2021). Cette réticence renvoie à des questions culturelles mais aussi de gouvernance, qui n'ont été que très partiellement abordées dans le projet. L'adaptation au changement climatique pose effectivement d'importantes questions de gouvernance (Rocle, 2015), et les études de terrain montrent que les modalités de cette gouvernance nécessitent d'être discutées et définies dans les territoires. La démarche proposée apporte ainsi des éléments de proposition pour aider à la mise en place d'une gouvernance transversale, ancrée dans une démarche participative et une vision prospective, stratégique et d'amélioration continue, mais qui reste à tester en conditions réelles. En ce sens, il serait sans doute utile de développer les approches prospectives pour explorer plus avant les modes possibles d'organisation et de gouvernance des territoires face à cet enjeu d'adaptation au changement climatique, aidant à s'enrichir des initiatives et modèles d'action actuels mais aussi à les dépasser.

Le projet avait enfin pour objectif de contribuer à la réflexion sur de possibles services climatiques à l'échelle de territoire, et a pu amener quelques éléments de fondation de tels services à forte composante projective et prospective. Mais bien que les services climatiques se développent dans le domaine des données climatiques et dans certains secteurs d'activité, la faisabilité et la pertinence de services climatiques pour les territoires reste à explorer. Il est en particulier nécessaire de travailler sur une interaction plus étroite avec les acteurs de l'ingénierie des territoires et d'adapter ces services aux spécificités de chaque territoire, et d'approfondir les conditions de soutenabilité économique pour inscrire ces services dans la durée (Morin et Arlot, 2019).

Remerciements

Ce projet a été financé par le ministère de la Transition écologique et a bénéficié du soutien clé du personnel politique et technique des parcs naturels régionaux du Vercors et des Préalpes. Le projet a également bénéficié de la mobilisation importante des chercheurs et ingénieurs du site de Grenoble. INRAe et le CNRM/CEN font partie du LabEX OSUG@2020 et cette étude contribue au projet interdisciplinaire Trajectoires (CDP) de l'université Grenoble-Alpes financé par l'Agence nationale pour la recherche. Le projet n'aurait pu se faire sans l'implication remarquable des ingénieurs-projets, Delphine Piazza-Morel, Félix Philippe et Emmanuel Jonas. Les travaux de maturation et de transfert des résultats de la recherche ont été soutenus par la Société d'accélération du transfert de technologie SATT Linksium à Grenoble et l'INRAe. Merci également à Agnès Bergeret, Isabelle Boulangeat et Émilie Crouzat pour leurs contributions pour les tests terrain et la prise en compte des écosystèmes, ainsi qu'à Marie Brossier et Jean-Louis Drouet pour leur relecture et apports sur la méthodologie prospective.

Études prospectives en lien avec l'adaptation au changement climatique de RTE (Réseau de Transport d'Électricité)

Catherine Lelong, Laurent Dubus,
Réseau de Transport d'Électricité

RTE est le gestionnaire du réseau de transport d'électricité français. En sa qualité d'entreprise de service public, RTE a pour mission l'exploitation, la maintenance et le développement du réseau à haute et très haute tension et garantit le bon fonctionnement et la sûreté du système électrique. À ce titre, RTE est au cœur de la transition énergétique. Dans cette transition, l'entreprise joue trois grands rôles :

- optimiser le système électrique français, en conjuguant l'efficience, la solidarité et l'environnement ;
- opérer la transition énergétique par l'innovation et la transformation de notre infrastructure industrielle au bénéfice de nos clients et des acteurs territoriaux ;
- éclairer les décisions des pouvoirs publics, les choix des territoires et des citoyens, par notre expertise et notre sens de l'anticipation.

Or, des phénomènes climatiques de plus en plus sévères auront des conséquences sur l'équilibre entre l'offre et la demande électrique (niveau et zones de consommation, impacts sur les moyens de production affectés par les conditions de vent, de chaleur et de pluviométrie), et sur l'infrastructure du réseau. Ces impacts s'accentueront au fur et à mesure du réchauffement climatique.

Pour remplir son rôle d'éclaireur et d'opérateur dans un climat modifié, RTE doit donc dès aujourd'hui intégrer le changement climatique dans ses études prospectives.

• *Utilisation de scénarios climatiques du GIEC pour l'adéquation entre l'offre et la demande d'électricité à long terme*

Concernant les études d'équilibre offre-demande, RTE réalise régulièrement des études prospectives à 10 ans (les Bilans Prévisionnels), dans lesquelles un grand nombre d'années climatiques possibles (200), représentatives des climats 2000 ou 2025, sont désormais prises en compte. Météo-France, qui produit ces « bases climatiques », a également fourni deux nouveaux jeux de 200 années climatiques représentatives du climat 2050, selon deux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre du GIEC (RCP4.5 et RCP8.5). Ces trois bases de données ont, au cours des deux dernières années, été exploitées dans le cadre de l'étude Futurs énergétiques 2050[1], qui a proposé à l'automne 2021 une analyse approfondie de différents scénarios de mix électrique, dans l'optique de l'atteinte des objectifs de décarbonation de la France et de l'Europe. Il est à noter que RTE est parmi les

1. Futurs énergétiques 2050 : les scénarios de mix de production à l'étude permettant d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050, RTE (rte-france.com).

premiers gestionnaires de réseau de transport à prendre en compte les effets du changement climatique dans une étude de telle envergure.

Ces trois bases de données permettent de prendre en compte d'une part l'effet du changement climatique entre la période actuelle et 2050, par comparaison des résultats des simulations avec le climat 2000 et celles avec le climat 2050 sous scénario d'émissions RCP4.5 et RCP8.5 ; d'autre part la sensibilité des résultats en climat futur 2050 par comparaison des résultats des simulations obtenus avec les deux scénarios du GIEC. Le travail de simulation des données climatiques réalisé par Météo-France en interaction régulière avec RTE pour préciser les besoins permet donc à RTE de disposer de bases climatiques très riches, autorisant en particulier une analyse fine des extrêmes des distributions des différents paramètres. La prise en compte des extrêmes est en effet très importante, étant donnée la sensibilité du système électrique français et européen aux canicules, aux vagues de froid, aux sécheresses ou encore à l'absence de vent. Les bases climatiques utilisées permettent donc d'envisager un grand nombre de situations météorologiques, avec cohérence spatiale et temporelle entre les différentes variables, et notamment de réaliser des études spécifiques de stress tests, au cours desquelles certaines situations extrêmes ont été analysées en détails.

Le dimensionnement du parc de production électrique et du réseau repose ainsi sur une analyse de risque intégrant l'occurrence des extrêmes, en s'appuyant sur des modélisations climatiques approfondies et une représentation des corrélations météorologiques à l'échelle du système européen interconnecté.

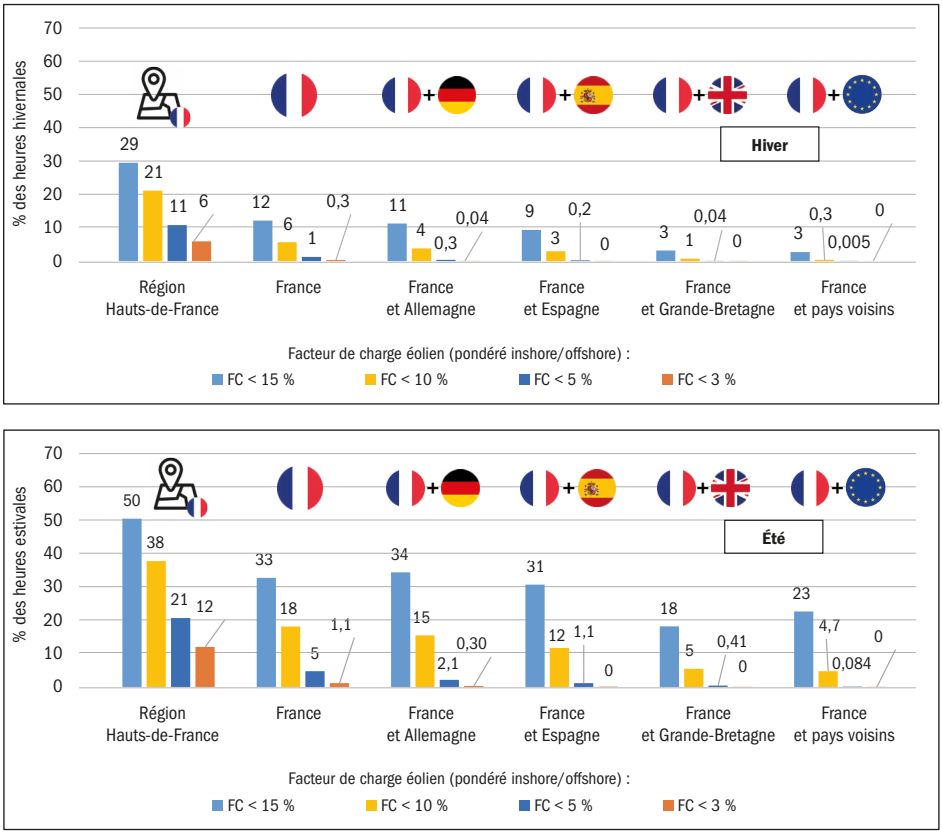


Figure 1 – Illustration du calcul prospectif du foisonnement de la production éolienne en Europe et en Grande-Bretagne.

Pourcentage des heures hivernales et estivales avec un faible facteur de charge éolien 2, à différents périmètres géographiques, pour l'hiver (en haut) et l'été (en bas), dans le scénario de mix énergétique M23-2050 (Futurs énergétiques 2050) qui tend vers 100 % d'énergies renouvelables avec de grands parcs. Plus la zone considérée est vaste, plus faible est le risque d'avoir un facteur de chargé éolien faible. Les interconnections entre pays européens sont donc très efficaces pour lisser et atténuer les effets d'une production locale ou régionale faible en cas d'absence de vent sur une région donnée.

Source : RTE.

2. Le facteur de charge (d'une éolienne, d'un panneau photovoltaïque ou d'un ensemble d'installations) est le rapport entre la puissance réellement produite et la puissance installée (nominale) de l'éolienne, du panneau photovoltaïque ou de l'ensemble.

• *Utilisation de scénarios climatiques du GIEC pour identifier les risques climatiques vis-à-vis des infrastructures du réseau*

Concernant le réseau lui-même, RTE investit dans des ouvrages destinés pour certains à durer plusieurs décennies ; il est donc également impératif d'identifier les éventuelles fragilités de l'infrastructure existante, liaisons et postes électriques, en particulier à la température et aux inondations. RTE doit aussi s'interroger sur la bonne adéquation au climat futur de ses prescriptions techniques et les faire évoluer si besoin afin de concevoir ses futures infrastructures d'emblée robustes au changement climatique.

Pour cela RTE a décidé de lancer un projet « Résilience », qui vise à objectiver ces fragilités, sur la base des scénarios climatiques 2050 cités précédemment.

Pour le risque canicule, l'année 2020 a permis de définir les méthodologies de calcul sur quelques ouvrages tests : liaisons aériennes, liaisons souterraines, transformateurs de puissance. L'objectif est de généraliser les calculs à l'ensemble de l'infrastructure et de comparer les résultats suivant les trois scénarios climatiques dont dispose RTE. Les 6 600 km de liaisons de transport souterraines n'apparaissent pas, aujourd'hui, susceptibles d'être affectées par de futures vagues de chaleur, y compris en zone urbaine. En revanche, la capacité de transit des 99 400 km de lignes aériennes dépend de la température extérieure : plus celle-ci est élevée, moins la marge d'élévation en température causée par les transits d'électricité est importante. Lors d'une vague de chaleur, la capacité des lignes aériennes est réduite et peut, dans le cas de certaines liaisons, devenir nulle. S'il est difficile d'estimer, aujourd'hui, dans quelle proportion la capacité de transit des lignes devra être révisée, les investissements envisagés pour le réseau de transport intègrent une mise à niveau de la tenue en température des lignes et des travaux sont ainsi poursuivis sur ce sujet.





Figure 2 – Pylône liaison 63 kV Apt-Beaumette pendant et après une crue.

Source : RTE.

Pour le risque inondations, RTE a conclu en 2021 un partenariat avec la Caisse Centrale de Réassurance (CCR), qui modélisera pour RTE les hauteurs d'eau atteintes dans les postes électriques et les pylônes proches de lit de rivière pour différentes périodes de retour. Ces modélisations seront également basées sur les scénarios climatiques climat actuel, climat « RCP4.5 » et climat « RCP8.5 », et à échéance 2050. Les événements modélisés seront les crues de débordement, de ruissellement et la submersion marine.

Les travaux d'identification des risques liés aux canicules et aux inondations s'étaleront sur 2021-2022. La comparaison entre les événements historiques subis par les ouvrages, les modélisations à climat actuel et les modélisations à climats futurs devraient permettre de mieux appréhender l'évolution des risques avec le changement climatique et de définir les adaptations à mettre en place en conséquence, à la fois pour les ouvrages existants et pour les ouvrages futurs, tout en recherchant l'optimum technico-économique.



Figure 3 – Berge emportée aux abords d'un poste électrique lors de la tempête Alex.

Source : RTE.

- *Conclusion*

Les travaux prospectifs menés par RTE sur les conséquences du changement climatiques sur l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité permettent de donner un éclairage aux pouvoirs publics et parties prenantes sur le fonctionnement du système dans un climat futur. L'identification des aléas futurs pour l'infrastructure permettra d'estimer les investissements qui seraient à réaliser pour se prémunir d'un niveau défini de risque et d'intégrer dans les prescriptions des dimensionnements résilients au climat futur. Certains ouvrages du réseau, comme les liaisons électriques, sont en effet construits pour durer plus de 80 ans, et les ouvrages qui seront construits dans la prochaine décennie seront donc potentiellement encore en exploitation en 2100. Une adaptation en anticipation étant moins onéreuse qu'une adaptation en réaction aux dommages, cette démarche prospective a pour objectif de mettre en œuvre une adaptation au changement climatique plus économique pour le système électrique.

Une démarche visant la résilience de l'infrastructure ferroviaire face au changement climatique

Corinne Roecklin,
SNCF Réseau

SNCF Réseau est le gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire. Il exploite, entretient, modernise et développe le réseau ferré. Par sa vocation mais aussi par les efforts de maîtrise des émissions de ses activités, SNCF Réseau contribue à l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique.

Les actions d'atténuation agissent en faveur des conditions climatiques à long terme, et pourtant on sait qu'en raison de la persistance des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, les effets du changement climatique sont inéluctables à court et moyen termes. Des actions d'adaptation du réseau seront de plus en plus nécessaires pour faire face aux évolutions du climat, héritées depuis le XX^{e} siècle.

• *Le réseau ferré français est déjà soumis aux effets du changement climatique*

Comme pour l'ensemble des activités et des équipements du territoire, les manifestations du changement climatique entrainent d'ores et déjà des impacts sur les circulations ferroviaires et des dégradations de l'infrastructure.

On pense aux événements extrêmes, comme les inondations majeures ou les tempêtes exceptionnelles, à l'origine de dégradations et de destructions importantes. Ces incidents entraînent des dégâts souvent très conséquents et fortement préjudiciables à la disponibilité de l'infrastructure. Citons récemment l'événement cévenol de mi-septembre 2021 qui a provoqué de fortes inondations dans le Gard et entraîné des dégâts importants sur la voie ferrée et des perturbations de longue durée sur l'exploitation de l'ensemble du réseau dans le secteur. Ou encore le passage de la tempête Alex à l'automne 2020 dans la vallée de la Roya dans les Alpes-Maritimes, et qui a été particulièrement destructrice. Cette tempête est reconnue comme un événement d'une intensité rare et particulièrement violente auquel le changement climatique nous confrontera de plus en plus régulièrement.

Cependant, l'augmentation globale des températures à l'échelle de la planète s'exprime aussi par l'évolution des conditions climatiques de fond qui entraîne la multiplication des épisodes de chaleur, des incendies, des crues et des ruissellements, des glissements de terrain, la hausse du niveau des mers, etc. Ces manifestations perturbent non seulement régulièrement l'exploitation ferroviaire par les dysfonctionnements de l'infrastructure qu'elles créent, mais entraînent aussi l'altération prématurée de ses composants.



Figure 1 – Tempête Alex – 30/09/20 au 03/10/20 – vallée de la Vésubie. Dégâts sur les ouvrages et la voie.

Source : SNCF Réseau.

- *Le risque d'un emballement des interventions et des coûts de gestion du réseau*

La fréquence, l'intensité et la durée des aléas climatiques augmentent et continueront d'augmenter au cours du siècle et ainsi la seule gestion de crise en réaction aux événements, aussi efficace soit-elle, ne peut plus suffire au regard de l'investissement humain et financier massif que chaque crise représente.

Les menaces sur l'infrastructure s'accroissent, les composants sont fragilisés, la fiabilité et la qualité du service sont dégradées, les coûts de réparation se

répètent, l'amortissement des investissements est compromis : l'anticipation devient nécessaire.

La répétition d'incidents climatiques sur des cycles courts apparaît d'autant plus comme un facteur aggravant de l'équilibre économique de SNCF Réseau que les coûts de conception et de mise en œuvre de l'infrastructure ferroviaire sont élevés et la durée de vie de ses actifs est longue.

Pour l'ensemble de ces raisons, la robustesse du réseau aux aléas climatiques est identifiée comme un risque majeur pour le gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire.



Figure 2 – Tempête Alex – 30 septembre au 3 octobre 2020 – vallée de la Vésubie. Emportement du remblai et arrachement des équipements ferroviaires.

Source : SNCF Réseau.

- *La nécessité de limiter les effets des perturbations*

La responsabilité du gestionnaire du réseau est de limiter les effets des désordres et d'en gérer les conséquences, en sécurisant non seulement les fonctionnements actuels, mais en anticipant aussi leurs évolutions possibles dans un contexte de changement climatique, et en se préparant à faire face à l'augmentation de fréquence et d'intensité des aléas.

Dans la continuité des actions déjà à l'œuvre dans l'entreprise, sur la robustesse des composants aux aléas météorologiques ou sur la surveillance permanente de l'infrastructure, SNCF Réseau s'engage progressivement dans une démarche de résilience du réseau ferré. Elle vise à accroître sa capacité à anticiper les événements climatiques et leurs effets, et à assurer la sécurité du réseau et des

services aux clients qu'il permet, de manière efficace, durable et dans un souci de rentabilité des actifs ferroviaires.

Cette démarche doit améliorer le cadre d'organisation du gestionnaire d'infrastructure ferroviaire, aussi bien :

- en anticipation des perturbations, en agissant sur la capacité du réseau et de ses composants à maîtriser voire éviter les désordres d'exploitation et les dommages à l'infrastructure en cas d'événements climatiques chroniques voire extrêmes ;
- en cas de perturbations, en étant à même de délivrer en situation dégradée un service de transport en toute sécurité ;
- après perturbations, en étant en mesure de revenir à une situation normale d'exploitation ferroviaire le plus rapidement possible à des coûts maîtrisés.



Figure 3 – Épisode méditerranéen du 22 et 23 octobre 2019. Inondation de la voie à Villeneuve-lès-Béziers.

Source : SNCF Réseau.

- *Une démarche d'adaptation progressive*

Atteindre la résilience du réseau ferré est un objectif nécessaire pour la pérennité des services de transport et les enjeux de mobilités associés. Mais c'est aussi un objectif particulièrement ambitieux, au regard du linéaire important d'infrastructures, de son hétérogénéité, de sa complexité en termes de composants et d'exploitation, de son âge, de sa forte imbrication dans les territoires qu'il traverse, de son exposition permanente aux aléas météorologiques.

L'atteinte de cet objectif induit des transformations des pratiques et des organisations du gestionnaire d'infrastructure, et s'inscrit par conséquent dans le temps long avec une progressivité des actions.

En plus du renforcement des actions de surveillance, à la fois par les tournées de terrain et par le monitoring de l'infrastructure et ses équipements, la priorité est donnée au diagnostic des vulnérabilités actuelles et futures de l'infrastructure, pour construire une vision cohérente de ses faiblesses dans un contexte de changement climatique, et des actions à conduire dans le contexte financier contraint de SNCF Réseau.

Ce diagnostic est envisagé à deux échelles complémentaires : la première concerne l'appréciation de la vulnérabilité intrinsèque des composants de l'infrastructure ferroviaire, la seconde est plus systémique et s'intéresse à la vulnérabilité des axes ferroviaires pour aussi tenir compte de la variation de l'exposition au changement climatique d'un territoire à l'autre.

- *La vulnérabilité des composants de l'infrastructure : l'exemple du rail soumis aux températures croissantes*

La canicule de l'été 2003 avait engendré un grand nombre de défaillances, et notamment des déformations importantes du rail sous l'effet des hautes températures, induisant de nombreuses interruptions de circulation : il y a ainsi eu quatre fois plus d'incidents de déformation en trois semaines d'épisode caniculaire que pendant une saison chaude entière en moyenne.

À la suite de cet événement exceptionnel, les conditions pour conserver les fonctions de la voie dans des plages de températures augmentées ont été revues, en agissant sur :

- le suivi des températures et des déformations induites pour mieux comprendre l'origine des dysfonctionnements : les effets attribuables au rail, ceux liés aux traverses, etc. ;
- la capitalisation des événements pour identifier les zones à risques, les fragilités ;
- la conception du rail, notamment sur la marge de sécurité de conception pour atteindre une température maximale au rail de 60 °C (avec une révision du référentiel de conception) ;
- la surveillance accrue des voies en saison chaude pour anticiper la réaction nécessaire, notamment des mesures d'exploitation comme des ralentissements des trains dans la zone sensible, ou des interruptions de circulation aux heures les plus chaudes voire le temps de l'épisode (les principes de surveillance sont régulièrement mis à jour en fonction des retours d'expériences, les tournées de surveillance sont optimisées par des outils numériques notamment) ;
- le recours à de nouvelles technologies comme les coupons de rail connectés, c'est-à-dire des sections de rail équipées d'un système collecteur de différents paramètres et informations, qui permettent notamment de surveiller les températures au niveau du rail.

La mise en œuvre des actions de conception, de pose et de maintenance associées aux mesures de surveillance est primordiale pour se prémunir des effets de l'élévation des températures sur les installations et garantir une sécurité optimale des circulations sans pénaliser la régularité et le service aux clients et aux usagers.

Cependant, des températures au rail supérieures à 60 °C commencent à être constatées, indiquant que les efforts d'adaptation et de surveillance doivent être poursuivis dans le contexte très évolutif du changement climatique.

Dans les différents domaines de l'infrastructure ferroviaire (voie, ouvrages en terre et hydrauliques, ouvrages d'art, signalisation, alimentation électrique), des actions sont réalisées pour prendre en compte les effets du changement climatique. Ces actions doivent être poursuivies et développées.

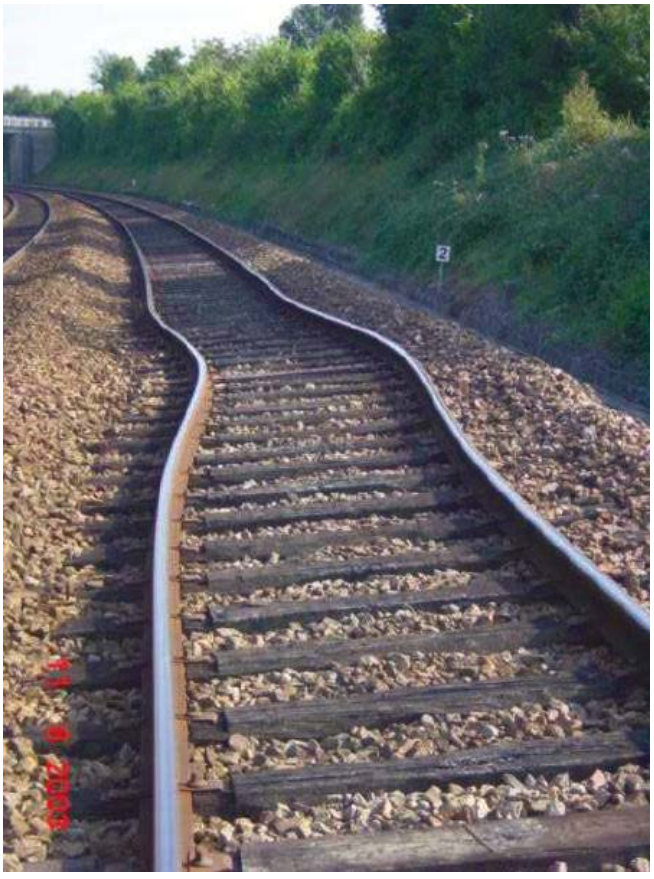


Figure 4 – Déformation de la voie sous l'effet de fortes chaleurs.

Source : SNCF Réseau.

• *La vulnérabilité des axes structurants : l'exemple de l'axe Seine Paris-Le Havre*

À l'occasion d'études prospectives concernant les investissements nécessaires à moyen et long termes pour renforcer les performances de l'axe Seine, SNCF Réseau a souhaité expérimenter en 2021 une étude de la vulnérabilité aux effets du changement climatique.

L'étude porte sur la détermination de la vulnérabilité physique de l'axe Seine aux effets régionaux du changement climatique, en application de la méthodologie mise au point par le CEREMA « *Vulnérabilités et risques : les infrastructures de transport face au climat* ».

La vulnérabilité physique couvre les composants, les systèmes et le fonctionnement de l'infrastructure. L'étude ne concerne pas l'approche de la vulnérabilité fonctionnelle, c'est-à-dire les services qu'elle porte et son rôle dans les mobilités du territoire.

La vulnérabilité de l'infrastructure est étudiée dans le contexte climatique et territorial de la vallée de la Seine, de Paris au Havre.

L'étude porte sur l'évaluation systématique de la vulnérabilité de plus de 400 km d'infrastructures ferroviaires, sur 73 composants répartis sur une douzaine de systèmes nécessaires au fonctionnement de l'infrastructure ferroviaire, de la voie à la signalisation. Elle est conduite pour tous les aléas climatiques, selon deux trajectoires d'évolution (RCP4.5 et RCP8.5) et deux horizons de temps (milieu et fin de siècle).

Les résultats de l'étude, disponibles à l'automne 2021, permettent de visualiser à l'échelle de l'ensemble de l'axe les zones, les cibles et les causes de vulnérabilité, pour définir et prioriser les solutions envisageables et les inscrire dans une stratégie d'adaptation de l'axe (mise au point d'ici à début 2022).

Le panel des solutions possibles va du renforcement des mesures de surveillance et d'exploitation jusqu'à des travaux d'adaptation, en passant par des mesures de maintenance et l'évolution des pratiques d'entretien. Elles sont complétées par des solutions relatives aux composants, en termes de conception, de mise en œuvre et d'entretien, qui revêtent un caractère plus générique sur l'ensemble du réseau.

Cette étude est la première de la sorte conduite sur le réseau ferré. D'autres sont envisagées à partir de 2022, notamment sur l'arc languedocien qui connaît de nombreux incidents liés aux aléas climatiques. Ce type d'étude alimente progressivement la mise au point d'une stratégie d'adaptation et de résilience du réseau ferré national.



Figure 5 – Tempête Ciara du 9 février 2020 – Île-de-France. Chute d'arbres sur la caténaire.

Source : SNCF Réseau.

- *Les limites à dépasser pour tendre vers la résilience*

Au regard du niveau de maturité encore émergent du sujet à SNCF Réseau, des axes de progrès sont à prendre en compte sur le chemin de la résilience.

D'abord, l'entrée dans une démarche d'adaptation et de résilience au changement climatique nécessite un temps de mobilisation de l'entreprise. Un temps nécessaire pour se familiariser avec le sujet, ses composantes scientifiques, ses risques et implications, et un temps nécessaire pour comprendre quelles actions supplémentaires devraient être menées par rapport à la situation actuelle où la surveillance et la gestion en réaction aux incidents sont déjà bien organisées et ancrées dans les pratiques.

La mise en place d'une démarche d'adaptation cohérente et coordonnée a tout à la fois besoin d'un pilotage identifié pour sensibiliser aux enjeux et aux risques, pour entre autres fédérer les compétences, les responsabiliser sur leurs périmètres, et doit aussi laisser la place à la connaissance et aux initiatives des métiers confrontés à la réalité des désordres climatiques.

Ensuite, pour emporter l'intérêt à agir, les arguments relatifs aux coûts du changement climatique sont primordiaux. Certes, la littérature mondiale converge pour conclure que l'inaction et l'impréparation coûteront plus chères que l'anticipation et l'adaptation. Mais, si les perturbations et les interventions sur le réseau sont évidentes, l'organisation de la collecte et de la consolidation des informations sur ces incidents apparaît aujourd'hui dispersée et insuffisamment structurée

pour permettre à SNCF Réseau de qualifier et quantifier, techniquement et économiquement, les incidents sur le réseau attribuables aux aléas météorologiques.

Enfin, les actions conduites aujourd'hui se concentrent, parce que c'est un préalable incontournable, sur la vulnérabilité physique du réseau et ses composants. Progressivement, la démarche devra s'ouvrir à la prise en compte de la vulnérabilité fonctionnelle pour contribuer non seulement à la résilience du système ferroviaire dans son ensemble, mais aussi à celle des territoires, au maintien de leur desserte et aux conditions de leur accessibilité. Ces approches plus globales de la résilience ne pourront se faire qu'en partenariat avec l'ensemble des acteurs concernés, et aussi avec la puissance publique voire à son initiative quand il s'agira de résilience territoriale.

B. II) Les prospectives d'adaptation des acteurs sectoriels

Mobiliser les filières économiques face au changement climatique

Fabrice Roubelat,
Maître de conférences HDR, IAE-Cerege, université de Poitiers

Anne Marchais-Roubelat,
Maître de conférences HDR,
Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM-Lirsa)

- *Capacités d'adaptation et scénarios d'action stratégique.*

Mobiliser les filières économiques face aux impacts du changement climatique, c'est s'engager dans l'action. C'est précisément dans cette logique que les parties prenantes à l'élaboration du deuxième Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC-2) ont proposé une étude prospective dont l'objectif était de favoriser leur mobilisation.

Si la prospective est souvent comprise et menée comme un exercice d'aide à la décision, ce n'est pas sa seule utilité : dans ce cas il s'agissait d'une aide à l'action. Cette action, c'est l'adaptation des filières au changement climatique qui s'impose à tous. Bien sûr, elle suppose des décisions, mais ce qui est au cœur de l'étude c'est la combinaison d'un mouvement irréversible à long terme – le réchauffement climatique – et celui des activités des entreprises organisées au sein des filières. Si certaines mettent déjà en œuvre des capacités d'adaptation dont les autres filières peuvent s'inspirer pour trouver des solutions adaptées à leur contexte, toutes peuvent aussi en découvrir ou en créer. Pour explorer ces capacités, cette étude a contribué à faire émerger des scénarios prospectifs de mobilisation des filières économiques face au changement climatique. Ceci s'est fait au travers du partage d'expériences d'activités des participants aux ateliers qui ont jalonné l'étude.

En s'appuyant sur les 14 scénarios de mobilisation des filières qui émanent de la très riche matière produite lors des échanges entre membres des filières développés au cours des ateliers[1], l'étude propose autant de capacités. Celles-ci ne constituent pas des facteurs clés de succès décontextualisés mais, au contraire, ont pour vocation à être mises en mouvement en fonction des contraintes spécifiques d'engagement dans l'adaptation des entreprises, par, entre et à l'intérieur des filières. Les scénarios proposés par cette étude prospective plongent dans l'action, mettant en œuvre directement des capacités de manière à réfléchir sur

1. Les scénarios en détail et leur méthodologie seront disponibles sur le site de l'Onerc.

la façon dont cette mise en œuvre peut créer ou infléchir les futures capacités de mobilisation des entreprises et des filières économiques.

Au cours de cette étude, des membres de filières économiques, de l'agriculture et l'agro-alimentaire au tourisme, en passant par le bâtiment et les travaux publics, l'eau et l'assainissement, l'expertise comptable, l'énergie, forêt-bois, la pêche, la banque et le transport, ont cherché ensemble, dans une optique prospective, à anticiper la mobilisation des filières dans des scénarios d'action stratégique.

Ce chapitre témoigne de l'ensemble de ce processus participatif et présente ses résultats, organisés autour de quatre axes d'exploration des capacités : l'anticipation des crises au-delà de la gestion des risques, le pilotage des chaînes de valeur des filières, l'intégration dans des réseaux de parties prenantes, l'articulation des temporalités multiples de l'adaptation. Il revient dans un premier temps sur la démarche mise en œuvre au regard de ses objectifs – ce qui explique le choix des quatre axes d'exploration, les spécificités de sa méthodologie et la nature de ses résultats – ainsi que sur ses parties prenantes – membres de filières, animateurs et pilotes de l'étude prospective. Dans un deuxième temps, il présente les 14 capacités prospectives mises en évidence et propose pour chacune d'entre elles des modalités d'accompagnement. Dans un troisième temps, il synthétise les 14 scénarios qui constituent autant de modalités prospectives d'action pour les filières économiques. La conclusion explique les modalités d'utilisation des résultats et invite les filières à poursuivre une approche transversale de mobilisation, en considérant les résultats de cette étude comme la première étape de mille voies d'adaptation.

• *À la recherche de la mobilisation des filières économiques : une approche transversale*

L'objectif de cette étude prospective sur la mobilisation des filières économiques était de proposer une aide à l'action pour un nombre de filières aussi large que possible. En conséquence, dès sa première réunion, le comité de pilotage a souhaité une méthode de travail différente des études par filières individuelles et a pris le parti de structurer les travaux autour de quatre axes de préoccupations partagées par un grand nombre sinon toutes les filières face aux impacts du changement climatique.

Lancée alors que la pandémie de Covid-19 se dessinait et qu'un premier confinement allait fortement perturber l'organisation de réunions en présentiel, l'étude prospective repose sur les résultats de quatre ateliers thématiques correspondant aux quatre axes identifiés, explicités ci-dessous, et impliquant à chaque fois des membres de filières économiques particulièrement concernées ou expérimentées. Dans cette première partie, nous revenons dans un premier temps sur l'explication du choix des quatre axes qui ont constitué la thématique des quatre ateliers. Dans un deuxième temps, nous présentons les participants à cette approche transversale, puis dans un troisième temps le déroulement des ateliers et l'appropriation par ses membres de la démarche et de ses résultats.

De problématiques classiques de gestion aux scénarios de mobilisation : quatre axes d'exploration

Lorsque les filières économiques se mobilisent et agissent au travers de leurs entreprises pour s'adapter au changement climatique, on peut distinguer quatre types essentiels de préoccupations organisationnelles aux enjeux stratégiques pour leurs capacités d'action en termes d'adaptation (anticiper, piloter, s'intégrer, articuler les temporalités), que ce soit à l'échelle des entreprises ou à celle des filières :

- l'anticipation des risques directement ou indirectement liés au changement climatique, et – dans une logique de rupture propre à la prospective qui cherche à aller au-delà des risques – l'anticipation des crises, prévisibles et imprévisibles, que ces risques peuvent entraîner, crises se traduisant par des dysfonctionnements que les entreprises des filières doivent ou pourraient devoir affronter, et pour lesquelles elles peuvent s'organiser pour créer de manière anticipée des capacités ;
- la gestion quotidienne et à long terme des relations clients-fournisseurs, au sein de chaînes de valeurs dont le pilotage leur échappe peut-être à l'échelle individuelle, mais auquel elles participent et qui constituent des enjeux majeurs en termes de capacités d'action à l'échelle des filières, comme la pandémie de Covid-19 l'a montré ;
- les relations aux parties prenantes qui se sont désormais multipliées et dont les attentes ne sont pas nécessairement compatibles entre elles ; désormais indissociables de l'activité des organisations, notamment dans une logique d'adaptation (que l'on songe par exemple pour une unité de production d'électricité au rôle stratégique des relations avec les associations de protection de l'environnement, qui engendrent des contraintes plus importantes pour la gestion de son activité que les problèmes techniques), les parties prenantes constituent des réseaux de relations dans et avec lesquels les filières et les entreprises doivent mettre en œuvre des capacités d'action et de communication ;
- les temporalités multiples de l'adaptation au changement climatique lui-même, qui modifient les modalités d'évaluation et de gestion des pratiques, entre un court terme parfois vital pour l'activité, et un long terme vital à l'échelle de la planète ; cette question de l'articulation des temporalités est à la fois essentielle pour la création, le maintien et le développement des capacités d'adaptation des entreprises, mais elle ne se posera pas dans les mêmes termes entre les filières (on peut par exemple comparer les rythmes de production de l'activité forestière, qui porte sur plusieurs décennies, avec le cycle annuel de production de céréales dans la filière agricole), voire, selon les activités des entreprises, à l'intérieur d'une même filière.

Tableau 1. – Organisation des ateliers autour de quatre grands axes d'exploration.

Ateliers	Enjeux stratégiques pour les capacités d'action des filières
1. Crises	Capacité des filières à anticiper les dysfonctionnements liés à l'adaptation au changement climatique.
2. Chaînes de valeur	Capacité des filières à piloter l'adaptation dans des chaînes de valeur en transformation.
3. Réseaux	Capacité des filières à s'intégrer dans les réseaux de parties prenantes des processus d'adaptation.
4. Temporalités	Capacité des filières à articuler court, moyen et long terme dans leurs stratégies d'adaptation.

Les quatre axes sont issus de problématiques de gestion des organisations auxquelles un grand nombre sinon toutes les filières sont ou seront susceptibles d'être confrontées dans leur action d'adaptation. Ces axes permettent de porter des regards complémentaires sur les activités des entreprises au cours du temps : la gestion du risque inhérent à l'activité, les échanges économiques, les interactions avec les parties prenantes, la tension exploitation/exploration[2] – c'est-à-dire entre le maintien à court terme d'activités rentables et l'investissement à plus ou moins long terme dans des activités qui pourront les remplacer. Ces problématiques, qui concernent l'activité en général des organisations, ont été adaptées pour les recentrer sur la mise en œuvre et le développement de capacités d'adaptation dans une logique prospective, d'où :

- le passage du risque, qui reste dans une continuité managériale, à la crise, qui impose une discontinuité ;
- la focalisation des échanges économiques sur l'aspect qui intéresse le plus concrètement à la fois l'activité de l'entreprise et le rôle de la filière, c'est-à-dire la chaîne de valeur ;
- le passage des parties prenantes, qui vont différer d'une entreprise à l'autre et d'une filière à l'autre, au réseau qu'elles formeront et dans lequel l'entreprise ou sa filière devra, concrètement, s'insérer ;
- la prise en compte des temporalités multiples que nécessitent à la fois l'adaptation et l'acquisition de capacités d'adaptation au changement climatique.

Comme on le voit, ces quatre axes, s'ils permettent un lien avec des méthodes classiques d'adaptation (par exemple les outils d'analyse des vulnérabilités pour l'axe « chaînes de valeur ») n'ont pas été conçus en vue de propositions – éventuellement normatives – d'aide à la décision par filière. Ils ont été adaptés de problématiques de gestion des entreprises pour concentrer la réflexion et l'imagination sur des modalités d'action et par conséquent sur des capacités qu'il s'agit de mettre en lumière, acquérir ou développer afin de les mettre en œuvre dans des activités d'adaptation au changement climatique. C'est en cela que les axes permettent de produire la matière à partir de laquelle seront construits les scénarios. En effet, les activités d'adaptation pourront se produire dans des contextes

2. March, J., "Exploration and Exploitation in Organizational Learning", *Organization Science*, 2 (1), p. 71-87, 1991.

à venir pour certaines filières, ce qui permettra d'envisager des modalités d'accompagnement, voire des plans de contingence. Elles peuvent se produire déjà pour certaines filières, les conduisant à partager avec les autres leurs expériences et à en tirer des leçons pour l'action. Ce sont ces différentes possibilités d'action à venir, que cet avenir soit proche ou plus lointain, que mettent en histoires prospectives les scénarios d'action stratégique. Ceux-ci sont construits à partir des partages d'expériences et de préoccupations de membres des filières, organisés selon une grille d'analyse adaptée. Les histoires que racontent les scénarios mettent en action des *personae* (des personnes-types mais qui apparaissent vivantes et doivent résoudre des problématiques concrètes). Ils donnent vie aux préoccupations d'adaptation des filières, suscitent des modalités d'adaptation, ainsi que des capacités à développer.

Les parties prenantes de l'étude et des ateliers prospectifs

Cette prospective participative sur la mobilisation des filières économiques, coordonnée par l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC), a été pilotée par des représentants de ministères (transition écologique, économie et finances) et d'institutions publiques impliquées dans l'adaptation au changement climatique (ADEME, Météo-France), d'associations impliquées dans les questions environnementales (Entreprises pour l'environnement, I4CE) et les auteurs de ce chapitre.

Tableau 2 – Une prospective participative.

	Participants
Comité de pilotage	• Représentants de ministères : – Transition écologique – Économie et finances • Institutions publiques impliquées dans l'adaptation au changement climatique : – ADEME – Météo-France • Représentants d'associations impliquées dans les questions environnementales : – Entreprises pour l'environnement – I4CE • Animateurs de l'étude prospective
Ateliers prospectifs Crises Chaînage de la valeur Réseaux Temporalités	• Membres de filières économiques : – Agriculture, dont élevage – Agroalimentaire – Bâtiment-travaux publics – Eau et assainissement – Expertise comptable – Énergie – Forêt-bois – Pêche – Banque – Transport – Tourisme • Membres du comité de pilotage

Les quatre axes ont servi de points d'entrée à quatre ateliers dont l'objectif était la mise en mouvement des filières à partir de scénarios de mobilisation proposés par les participants, après que les principes – et le vocabulaire – de la grille d'analyse qui organisait l'échange aient été présentés, discutés et assimilés. Un point essentiel consistait à se placer du point de vue de l'action – vue au sens large comme un processus qui se déroule au cours du temps et qui peut être infléchi par des activités humaines : en l'occurrence, l'adaptation au réchauffement climatique – pour orienter le regard sur les capacités. Ce regard, décentré de la pure volonté humaine et de son contrôle sur les événements, est précisé par chaque axe qui, en orientant plus précisément l'observation de l'action, donne sa tonalité à chacun des ateliers.

Ainsi, dans la logique de création de capacités au-delà de la continuité de gestion quotidienne des activités et du risque qui leur est inhérent, l'atelier « Crises » n'a pas cherché à construire des scénarios catastrophes mais à développer des capacités d'anticipation de crises où les entreprises se trouveraient dans l'incapacité de mener à bien leur activité. L'atelier « Chaînages de valeur » a développé la mobilisation des filières au cœur des chaînes de valeur, tandis que l'atelier « Réseaux » a placé les filières dans des réseaux de parties prenantes engagées dans l'adaptation. L'atelier « Temporalités » a appréhendé la mobilisation des filières économiques dans des temporalités multiples. Entre deux confinements de la crise sanitaire, les quatre ateliers thématiques ont réuni des membres de filières économiques très différentes : de l'agriculture et l'agroalimentaire au tourisme, en passant par le bâtiment et les travaux publics, l'eau et l'assainissement, l'expertise comptable, l'énergie, forêt-bois, la pêche, la banque et le transport. Chaque atelier a regroupé une douzaine de participants qui ont proposé entre trois à quatre scénarios par atelier.

Au cours de chacun des ateliers, les membres des différentes filières ont échangé très librement entre eux (avec comme règle que les exemples précis qu'ils ont pu évoquer ne soient pas retranscrits, à moins d'être transformés et anonymisés), réfléchissant aux modalités de transposition des expériences échangées, ou aux risques ou opportunités que les futurs imaginés leur offraient en termes d'adaptation au changement climatique. Quatre sessions complémentaires ont ensuite été organisées en distanciel au cours du premier semestre 2021 pour proposer un retour d'expérience sur les scénarios construits et s'appuyer sur la discussion pour proposer des capacités à développer pour les filières.

Des ateliers de construction de scénarios à la proposition de capacités

La première partie de chaque atelier a présenté les concepts nécessaires à la démarche, celle-ci s'appuyant sur une grille d'analyse de l'action. Il s'agissait en effet d'acculturer les participants non seulement à une approche prospective, mais en plus une prospective temporelle, centrée sur l'action. Les scénarios d'action

stratégique[3] auxquels elle conduit ne doivent toutefois pas être confondus avec la catégorie des scénarios projectifs sur lesquels la réflexion prospective peut cependant s'appuyer, comme les outils d'élaboration de trajectoires, ou encore avec des scénarios climatiques. Parmi les spécificités de la prospective, les scénarios qu'elle propose n'extrapolent pas l'avenir à partir de données du passé, mais cherchent au contraire les ramifications qui peuvent s'y produire. Elles feront bifurquer vers des avenirs multiples dans lesquels les parties prenantes de l'action agiront de manière innovante.

Dans ce contexte, l'approche par les scénarios d'action stratégique se concentre sur l'action vue comme un processus temporel qui englobe les activités humaines, les dépasse, mais qui peut être infléchi par elles au cours du temps. Elle est donc particulièrement adaptée à l'objectif de développement de capacités d'adaptation des entreprises des filières économiques au sein d'une action plus générale, qui les dépasse, mais à laquelle elles participent : l'adaptation au changement climatique. Le rôle qu'y joue le temps en termes de rythmes, de vitesses différentielles et de décalages est particulièrement important dans l'inflexion – ou non – de l'action, car comme le soulignait déjà Gaston Berger lorsqu'il définissait l'approche prospective : « *Dans le jeu qu'il nous faut jouer aujourd'hui les règles se modifient sans cesse, tandis que les pièces changent de nombre et de propriétés au cours même de la partie* »[4]. Aussi, ce concept de règle, conçu comme une contrainte de comportement ou une relation valable pendant une certaine durée au cours de l'action et susceptible de se modifier, a été central dans l'approche proposée et dans la manière dont les participants ont conçu les scénarios en entrant dans une logique d'action.

Une fois cette logique appropriée, le déroulement de chaque atelier a été orienté par la grille de lecture qui accompagne les règles d'action des scénarios. Si celle-ci les questionne sur ce que font les acteurs, elle les interroge aussi sur ce qu'ils ne font pas, sur ce qui justifie leur activité d'adaptation et sur ce qui s'y oppose, sur leurs modalités de contrôle et sur leurs limites, posant la question : « et après ? ». Après une période d'ouverture dans l'échange, conduisant à produire une matière très riche concernant aussi bien le présent que des avenirs multiples, voire disruptifs, les participants ont proposé des combinaisons de trois règles constituant la structure de scénarios de mobilisation des filières. Ces règles ont été mises en histoire après les ateliers, sur la base des échanges d'expériences issus des ateliers. Les scénarios ainsi conçus ont été discutés au cours des sessions complémentaires en distanciel, où ils ont servi de support à la mise en lumière de capacités d'adaptation à mobiliser, créer ou entretenir dans les différentes filières.

3. Marchais-Roubelat, A., Roubelat, F., "Designing action based scenarios", *Futures*, 40 (1), 2008, 25-33. Roubelat, F.,« Mouvement, planification par scénarios et capacités d'action. Enjeux et propositions méthodologiques », *Stratégique*, nº 113, p. 169-188, 2016.

4. Berger, G., « Sciences humaines et prévision », *La revue des deux mondes*, (3), p. 3-12, 1957.

Encadré 1 – Un exemple de scénario et de capacité associée : Arbitres d'adaptation.

Arbitres d'adaptation est un scénario extrême, marqué par une urgence d'agir liée à l'accélération inattendue du changement climatique. Il est issu non pas de l'atelier « Crises » mais de l'atelier « Chaînages de la valeur » car ce qui le rend intéressant est moins son caractère extrême que la manière dont les acteurs des chaînes de valeur des filières s'y organisent.

Ses principaux acteurs assument le caractère conflictuel de l'adaptation : « Mieux vaut assumer les conflits entre nos usages, négocier par nous-même des arbitrages pour coordonner nos actions, plutôt que de se voir imposer des quotas qui ne contenteront personne ».

Julie, Patrick et Jacques sont engagés dans l'adaptation. Tous les trois sont respectés par l'ensemble des entreprises de la chaîne de valeur de leur filière. Et leur réputation dans le territoire dépasse les frontières de celle-ci. Aussi, lorsqu'il s'est agi de trancher en urgence les conflits d'usage liés à l'accélération du changement climatique, c'est tout naturellement vers eux que les acteurs du territoire se sont tournés. Ensemble ils forment le collège arbitral formé par la chambre de commerce et de l'industrie, les chambres des métiers et de l'artisanat, la chambre d'agriculture et les associations de consommateurs. Aujourd'hui, ils doivent trancher l'épineuse question de l'accès aux ressources en eau pour les trois mois à venir.

Dans l'histoire qui concrétise l'action, le scénario *Arbitres d'adaptation* fait apparaître un réservoir de capacités : capacité à engager l'ensemble de la chaîne de valeur jusqu'au consommateur, capacités à prioriser des ressources contraintes à partir des trois règles qui le structurent :

1. Coordonner les actions de vulnérabilité économique.
2. Assumer les dimensions conflictuelles de l'adaptation.
3. Arbitrer les conflits d'adaptation.

Ces règles auraient pu donner lieu à de nombreuses variantes, dont certaines se produiront peut-être ou commencent déjà à se produire dans certaines filières. Toutefois, les règles n'y prennent pas nécessairement la même intensité stratégique ou cette intensité pourra varier : arbitrer les conflits d'usage par exemple pose déjà un problème important à l'intérieur de certaines filières, alors que dans d'autres où ces conflits sont mineurs ce n'est pas – pas encore ? – le cas.

La capacité exploitée dans ce scénario est celle du pilotage du processus d'adaptation. Elle prend dans ce cas la forme d'un processus d'arbitrage de conflits d'adaptation à une échelle locale qui en assume les dimensions conflictuelles.

Les scénarios seront présentés en troisième partie indépendamment les uns des autres, tels qu'ils sont issus des ateliers. Ces scénarios peuvent s'enchaîner, créant des cheminements vers des futurs multiples, voire se jouer parallèlement. Ces enchaînements ne sont pas nécessairement les mêmes pour les filières économiques, voire selon les activités à l'intérieur des filières. Ils donnent cependant des éléments de réflexion sur les stratégies d'enchaînements de scénarios que les filières pourraient envisager, ce qui les aiderait à évaluer les capacités et à les prioriser en fonctionnement du cheminement recherché.

Racontant une histoire qui pourrait être vécue par les personnages-types qu'ils mettent en action, les scénarios sont des archétypes : à la manière de katas d'arts martiaux ils indiquent des formes types d'activités et leur mode d'organisation, mais leur application dépendra des circonstances et de l'intention des acteurs qui les utiliseront, ce qui s'est bien exprimé au cours des discussions et a peut-être favorisé l'échange, particulièrement riche, car il était clair pour les participants que dans le contexte de l'action où ils avaient accepté de se placer il ne s'agissait pas de comparer des pratiques entre elles pour les juger mais d'échanger sur des capacités d'adaptation mises ou pouvant être mises en pratique.

Ainsi, les ateliers de construction de scénarios d'action stratégique et les sessions complémentaires ont permis d'associer des capacités d'adaptation à des processus prospectifs de mobilisation des filières. Une spécificité de cette démarche prospective est qu'elle ne cherche pas à produire une cartographie exhaustive des perspectives de mobilisation des filières en vue d'une convergence des regards pour préparer des décisions à venir sur une base commune. Son objectif – qui explique sa démarche – est de permettre aux participants d'envisager des actions d'accompagnement pour le développement de leurs capacités d'adaptation qui anticipent les ramifications multiples de l'action dans des présents et des futurs qui divergent. Quant aux scénarios, ils servent à rendre concrètes les multiples formes que peut prendre la mobilisation des filières économiques.

- *Capacités prospectives d'adaptation et leurs modalités d'accompagnement*

Si certaines filières, comme la filière laitière avec le programme Climalait, ont déjà cherché à anticiper les conséquences du changement climatique, cette anticipation reste encore virtuelle pour bon nombre d'entreprises pour lesquelles « la filière s'en sortira » et « l'adaptation, c'est loin ». Le développement des capacités d'adaptation mises en évidence dans les scénarios prospectifs que nous développerons plus loin constitue un préalable à l'engagement des filières dans l'adaptation.

Comme nous l'avons vu dans la partie précédente, l'orientation par l'action du regard des participants a permis de créer dans chaque atelier des scénarios de mobilisation des filières. Ces scénarios illustrent des systèmes de règles par rapport auxquelles, pour agir, les entreprises des filières économiques vont mettre en œuvre des capacités d'action, en lien avec les quatre capacités types par atelier (anticiper, piloter, s'intégrer, articuler les temporalités). Les modalités d'action varieront d'un scénario à l'autre, d'où la liste indicative proposée par le quadrant

des capacités d'adaptation ci-dessous. Toutefois ces capacités ne sont pas les seules envisageables, d'une part, et elles peuvent se combiner selon qu'une ou plusieurs règles des scénarios se modifient au cours du temps, d'autre part. La démarche prospective menée ici ne conduit pas à une combinatoire de toutes les capacités possibles dans une recherche d'exhaustivité. Elle conduit à réfléchir sur les scénarios que l'on cherchera à favoriser à partir des règles qui le construisent, ou à faire évoluer en modifiant certaines de ces règles. Les capacités à mobiliser ou à développer au cours du temps découlent de choix stratégiques de cheminement dans les scénarios, voire, dans une logique d'anticipation, elles peuvent conduire à faire évoluer ces scénarios.

Si les capacités sont issues des scénarios, il est important de ne pas les relier unilatéralement au scénario dont elles sont issues. Aussi a-t-il été décidé au sein du comité de pilotage de l'étude de présenter en premier lieu ces capacités afin de montrer qu'elles sont susceptibles de s'inscrire dans de multiples processus d'action futurs. Le quadrant des capacités d'adaptation (Tableau 3) présente à partir des résultats de chacun des ateliers une série de capacités à développer pour lesquelles nous proposons à partir des discussions menées au cours des ateliers et des sessions distancielles post-atelier des modalités d'accompagnement en vue de favoriser leur développement.

Tableau 3 – Le quadrant des capacités d'adaptation.

Anticiper les crises	**Piloter les chaînes de valeur**
• Partager des expériences de crise climatique. • Mesurer collectivement les niveaux de stress. • S'intégrer avec les parties prenantes des territoires. • Transformer les activités.	• S'engager dans des innovations d'adaptation. • Impliquer l'ensemble de la chaîne de valeur jusqu'au consommateur. • Prioriser l'allocation des ressources contraintes. • Transversaliser les activités entre filières.
S'intégrer dans des réseaux	**Articuler les temporalités**
• S'associer à l'enseignement et la recherche. • Engager les retardataires de l'adaptation. • Globaliser l'adaptation.	• Naviguer sur des trajectoires mouvantes. • Mesurer l'exposition au changement climatique. • Contractualiser l'adaptation.

Les capacités à anticiper les crises

Les capacités d'anticipation des dysfonctionnements engendrés par les crises climatiques recouvrent quatre facettes, couplées avec des modalités d'accompagnement :

- partager des expériences/modalité : mailler les partages d'expérience des filières ;
- mesurer collectivement des niveaux de stress/modalité : développer des réseaux de facilitateurs climatiques ;
- s'intégrer dans les territoires/modalité : organiser des exercices territorialisés de crise climatique ;
- transformer les activités/modalité : aménager des calendriers d'adaptation.

La première facette est celle du partage d'expérience au sein d'une filière économique. Dans des filières concurrentielles, le partage d'expérience peut se révéler difficile tandis que dans d'autres les échanges sont naturels quand on est plus confrère que concurrent (deux éleveurs laitiers ne sont pas concurrents entre eux). Dans cette perspective, les filières à mobiliser en priorité sont moins celles dans lesquelles le partage d'expérience se fait déjà que celles dans lesquelles les entreprises échangent peu entre elles. Pour les mobiliser, le maillage des partages d'expériences entre filières constitue une piste permettant de croiser les expériences. Cette modalité d'accompagnement est issue des ateliers et des réunions post-ateliers.

La deuxième dimension de la capacité d'anticipation est celle, collective, de la mesure des niveaux de stress. Elle questionne non seulement la sensibilité des filières au stress climatique mais aussi la capacité des entreprises à mettre en mouvement leurs équipes pour anticiper des problèmes qui ne sont pas nécessairement perçus comme étant d'actualité. Le développement de capacités collectives pour évaluer les niveaux de stress ne repose pas seulement sur les compétences internes des entreprises mais aussi sur leurs compétences externes. Il s'appuie sur des facilitateurs comme les conseillers de terrain qui accompagnent par exemple les entreprises agricoles, ou à des accompagnateurs des entreprises comme les experts-comptables ou des conseillers météorologiques. Ainsi, ce sont des réseaux de facilitateurs que cette capacité invite à faire émerger et accompagner.

L'intégration des filières dans les territoires ne s'appuie pas seulement sur un partage d'expérience. Elle repose aussi sur un engagement en commun dans l'anticipation des contraintes d'une crise climatique qui ne concerne pas l'entreprise seule mais l'ensemble de ses parties prenantes. La capacité d'anticipation des filières comporte ainsi un volet d'anticipation avec les parties prenantes du territoire. L'accompagnement du développement de ces capacités d'anticipation peut prendre de multiples formes. La proposition d'organiser des exercices territorialisés de crise climatique a pour objectif de donner un caractère concret à cette anticipation, les parties prenantes choisissant dans cet exemple de se préparer, hors situation de crise, en se mettant sous contrainte pendant une certaine durée.

La capacité de transformation des filières est liée à l'anticipation des contraintes liées à la crise climatique, par exemple la tension sur les ressources en eau qui nécessite une transformation dès lors que des dérogations en cas de sécheresse ne sont plus permises. Cette capacité pose un problème de temporalité dans la mesure où la crise peut être perçue comme un épisode temporaire avec un retour à un régime normal, et non pas comme un indicateur de changement structurel. Les régimes dérogatoires apparaissent comme un frein à l'anticipation dans la mesure où ils permettent d'échapper aux dysfonctionnements de la crise pour les entreprises qui en bénéficient. L'établissement de calendriers d'aménagement des régimes dérogatoires permet dans ce cas d'accompagner les transformations des filières (énergie, agriculture par exemple) en gérant la fin de dérogations qui n'incitent pas à la transformation.

Les capacités à piloter les chaînes de valeur

Les capacités des filières économiques à piloter l'adaptation au changement climatique dans des chaînes de valeur en transformation ouvrent quatre pistes d'action associées à des modalités d'accompagnement :

- s'engager dans des innovations d'adaptation/modalité : coconstruire les guichets d'innovation avec les filières ;
- impliquer l'ensemble de la chaîne de valeur/modalité : associer les associations de consommateurs aux actions d'accompagnement des filières ;
- prioriser l'allocation des ressources contraintes/modalité : anticiper les besoins d'arbitrages pour préparer en amont les transformations nécessaires ;
- transversaliser les activités entre filières/modalité : mailler les partages d'expérience des filières.

La capacité à s'engager dans des actions d'innovation est liée à une prise de risques de la part des entreprises de la filière : risque financier, risque de décalage entre le temps de l'innovation et le temps des contraintes, risque de décalage avec les autres acteurs de la filière. Pour les membres des filières, les aides à l'innovation sont « un maquis » (citation d'un participant à l'atelier) dans lequel les entreprises hésitent à s'engager. L'échelon privilégié est un échelon territorialisé, de préférence régional, articulé avec les échelons locaux, nationaux et européen. L'accompagnement des filières économiques dans le développement de cette capacité peut être facilité par une coconstruction permettant la simplification de l'accompagnement en lui donnant une plus grande proximité et une plus grande flexibilité pour faciliter le montage des dossiers. La coconstruction de guichets d'innovation est particulièrement capacitante pour les filières composées de petites entreprises (agriculture, pêche, tourisme), au risque sinon que pour les entreprises la capacité à s'engager dans des actions d'innovation dépende des capacités de leurs filières à naviguer dans ce que de nombreux participants voient comme « le maquis des aides ».

La coconstruction apparaît comme « un sujet à la mode » (citation d'un participant à l'atelier) qui renvoie à la capacité des filières économiques à impliquer l'ensemble de la chaîne de valeur jusqu'au consommateur. Cette capacité repose sur une implication qui peut être locale, voire ultra-locale, mais aussi sur une implication nationale de toutes les parties prenantes. La durabilité de cette coconstruction, qui peut être soutenue avec des aides directes ou des dispositifs fiscaux, apparaît toutefois problématique si les modalités d'accompagnement présupposent que les filières sont à la manœuvre de la coconstruction selon des modalités qui dépendent le plus souvent de la bonne volonté de quelques-uns. La coconstruction peut s'avérer fragile si un maillon de la chaîne de valeur devient défaillant. L'association au choix des modalités d'accompagnement de représentants de consommateurs ou de groupes de consommateurs peut constituer un critère pertinent de l'évaluation de l'implication dans la coconstruction de l'ensemble de la filière dans la mesure où le consommateur constitue le dernier maillon du chaînage de relations clients-fournisseurs et qu'il l'oriente.

La capacité à prioriser l'allocation des ressources contraintes pose la question du partage des ressources au sein des filières et entre filières, par exemple des ressources en eau ou de foncier. La problématique d'accompagnement posée par cette capacité est proche de la capacité d'anticipation portant sur les transformations des filières dans la mesure où la priorisation de l'allocation de ressources va devoir tenir compte de ce que certaines filières ne sont pas adaptées. L'accompagnement des filières économiques suppose l'anticipation des besoins d'arbitrage pour préparer en amont la transformation des filières et réduire les arbitrages aux entreprises ayant des capacités de transformation réduites. Pour certaines entreprises, comme dans le secteur touristique, le risque de disparition est aussi à prendre en compte dans l'accompagnement si la reterritorialisation d'activités localisées dans des zones à risque ne s'avère pas possible ou n'est pas souhaitée par les parties prenantes locales.

La capacité des filières économiques à transversaliser les activités entre filières prolonge le maillage des partages d'expérience entre filières. Cette capacité à dépasser les logiques de silo suppose un engagement des filières dans un changement de paradigme socio-économique. Pour ce qui concerne le périmètre de l'étude prospective, le maillage des partages d'expériences correspond à une première étape dans l'accompagnement des filières.

Les capacités à s'intégrer dans les réseaux

Les capacités des filières à s'intégrer dans les réseaux de parties prenantes des processus d'adaptation au changement climatique regroupent trois couples de capacités clés de mobilisation des filières associées à des modalités d'accompagnement :

- s'associer à l'enseignement et la recherche/modalité : renforcer les actions impliquant filières et établissements d'enseignement supérieur ;
- engager les retardataires de l'adaptation/modalité : valoriser les actions auprès des retardataires de l'adaptation ;
- globaliser l'adaptation/modalité : mailler les pratiques d'adaptation à l'international.

La capacité à s'associer à l'enseignement et la recherche a pour objectif non seulement de bénéficier des connaissances et des compétences de l'enseignement supérieur mais aussi de sensibiliser et former les futurs décideurs des filières économiques à l'adaptation au changement climatique. Certaines filières (agriculture en particulier) sont des parties prenantes d'établissements spécialisés déjà sensibilisés aux problématiques environnementales et d'adaptation au changement climatique avec une dimension territoriale très forte. Le renforcement des actions impliquant filières et établissements d'enseignement supérieur s'inscrit dans le développement d'actions envers toutes les filières, et, à l'image des capacités d'anticipation et de pilotage de la chaîne de valeur, maillant les filières.

La capacité à engager les retardataires de l'adaptation va bien au-delà des actions de parrainage, à l'image de la capacité à impliquer l'ensemble de la chaîne de valeur jusqu'au consommateur. Ainsi, les retardataires sont à chercher non seulement

parmi des filières qui seraient peu sensibles au changement climatique mais aussi dans l'ensemble des parties prenantes. Dans un contexte de pression sur les coûts et les prix, cette capacité à engager les retardataires inclut des actions d'accompagnement pour valoriser les pratiques d'adaptation. Ces actions de valorisation incluent le consommateur qui peut être vu comme un retardataire mais aussi comme un levier pour valoriser des pratiques d'adaptation devenues créatrices de valeur pour le consommateur.

Apportant une dimension internationale à l'étude prospective, la capacité à globaliser l'adaptation va au-delà de la simple exportation de savoir-faire. Elle invite aussi à partager les enjeux de l'adaptation car ils constituent un enjeu global qui transcende les frontières. Les problématiques d'adaptation peuvent se superposer à des pratiques d'atténuation, certaines filières cherchant à valoriser les crédits carbone. Là encore, l'accompagnement des filières inclut des actions visant à mailler les pratiques. L'aide au développement peut constituer un des axes de ce maillage de pratiques. Une perspective européenne, souvent délicate à mettre en place, constitue un autre axe à l'accompagnement à développer.

Les capacités à articuler les temporalités

Les capacités des filières économiques à articuler « court, moyen et long terme » dans leurs stratégies d'adaptation au changement climatique conduisent à gérer du mouvant dans les capacités des filières et dans leurs modalités d'accompagnement :

- naviguer sur des trajectoires mouvantes/modalité : orienter les stratégies d'adaptation ;
- mesurer l'exposition au changement climatique/modalité : promouvoir des audits d'adaptation ;
- négocier l'adaptation/modalité : intégrer le risque climatique dans les échanges.

La capacité à naviguer sur des trajectoires mouvantes met en avant la variabilité de ce qui va se dérouler pour chaque filière et pour chaque entreprise. Elle met aussi en avant une imbrication de solutions elles-mêmes évolutives, ce qui conduit à articuler une approche à long terme avec des actions qui vont pouvoir être révisées chaque année. Dans cette capacité d'adaptation, une trajectoire n'est pas une projection mais un engagement concret dans une approche à long terme qui ne privilégie pas systématiquement le court terme au détriment de la trajectoire. Si l'on opte pour une approche qui orienterait les entreprises vers l'adoption d'une stratégie prospective d'adaptation, l'accompagnement du développement de cette capacité ne devrait pas se contenter d'une orientation vers des stratégies prospectives d'adaptation, elle devrait lui inclure une orientation vers la gestion au cours du temps de leurs modalités de révision.

La capacité à mesurer l'exposition au changement climatique est elle aussi une capacité mouvante. La mesure s'appuie sur une appréhension d'un risque climatique lui-même mouvant et sur son interaction avec un rapportage des actions conduites vis-à-vis de ce risque. Faut-il abandonner l'organisation de la mesure de l'exposition des filières, voire des entreprises, à des agences de notation ou

cette capacité peut-elle se développer avec l'ensemble des parties prenantes de la gestion des entreprises ? Outre l'élaboration d'indicateurs extra-financiers à destination des investisseurs ou des assureurs, la constitution de provisions obligatoires pour l'adaptation est susceptible de faire partie d'un socle réglementaire intégrant l'adaptation dans le management stratégique et financier des filières et de constituer un des éléments du débat sur l'organisation du périmètre des audits d'adaptation.

Pour un contrat, l'intégration du risque climatique revient à le rendre sinon incertain, du moins mouvant en fonction du futur. La capacité à contractualiser l'adaptation peut ainsi conduire à la prendre en compte de manière définitive dans le contrat ou au contraire à prévoir des clauses de révision qui rendent le contrat définitif tout en introduisant un risque. Cette capacité de négociation repose sur la capacité à mesurer l'exposition au risque climatique liée au contrat ou à défaut sur la capacité à reporter dans le temps cette mesure. Pour faciliter cette contractualisation, l'accompagnement des parties prenantes de la contractualisation suppose la mise en place d'un système d'information sur le risque climatique qui puisse servir de base aux éléments du contrat concernant l'adaptation.

• *Les capacités en action : scénarios d'action stratégique et mobilisation des filières*

À l'origine d'un scénario prospectif, il y a du mouvement, il se passe quelque chose et les parties prenantes du scénario entrent en action : en fonction du scénario arbitres, entreprises, collectivités, consommateurs, clubs d'exportateurs, établissements d'enseignement supérieur ou encore auditeurs, agissent et s'organisent. Visant la mobilisation des filières économiques dans l'adaptation au changement climatique, chacun des scénarios d'action stratégique proposés part de modalités prospectives d'action pour rendre vivante cette mobilisation et mettre en évidence les règles du jeu qui orientent le comportement des parties prenantes au cours du scénario. À chaque scénario ses règles du jeu, ses actes, son contexte, son organisation.

Les scénarios d'action stratégique issus des différents ateliers animent la mobilisation des filières à partir de trois perspectives visant à anticiper :

- les actes de l'action : ce que font les parties prenantes, et ce qu'elles ne font pas, à partir d'une règle de l'action ;
- le contexte de l'action : ce qui justifie les actes des parties prenantes, et ce qui s'y oppose, à partir d'une règle institutionnelle ;
- l'organisation de l'action : ce qui contraint les actes des parties prenantes et ce qui les organise, à partir d'une règle des opérations.

À ces trois perspectives s'ajoute une quatrième, celle des suites de l'action, qui interroge la manière dont le scénario est susceptible d'évoluer au cours du temps, ainsi que ses risques de dysfonctionnement.

À l'occasion des quatre ateliers, « Crises », « Chaînages de la valeur », « Réseaux », « Temporalités », les participants ont proposé trois ou quatre scénarios de mobilisation

des filières que nous synthétisons de manière à présenter pour chacun d'entre eux ses modalités d'action, le scénario en bref (ses règles), les principales parties prenantes en action, ainsi que ce qui peut changer l'action au cours du temps et remettre en cause le scénario.

Les scénarios «Crises»

Les quatre scénarios de l'atelier «Crises» forment un continuum destiné à faire sentir le changement climatique de manière plus ou moins directe avec plusieurs scénarios (Tableau 4) : *Témoins d'adaptation*, *Testez votre stress climatique*, *Territoires d'adaptation*, *À l'épreuve du climat*.

Tableau 4 – Les scénarios crises en bref.

Scénarios	**Modalités d'action** (Capacités associées)	**Le scénario en bref** Règle de l'action, règle institutionnelle, règle des opérations
Crises 1 *Témoins d'adaptation*	Retour d'expérience (Partager des expériences de crise climatique)	• Partager en temps réel l'expérience de la crise. • Évaluer les expériences d'adaptation. • Développer une plateforme de partage d'expérience en situation de crise.
Crises 2 *Testez votre stress climatique*	Stress test (Mesurer collectivement les niveaux de stress)	• Anticiper l'activité de l'entreprise en situation de crise. • Évaluer les capacités de résistance de l'entreprise à un stress climatique durable. • Organiser des écosystèmes sectoriels d'évaluation.
Crises 3 *Territoires d'adaptation*	Mise en situation (S'intégrer avec les parties prenantes des territoires)	• Plonger artificiellement un territoire dans un climat extrême. • Sensibiliser un territoire à l'adaptation au changement climatique. • Créer une dynamique territoriale d'adaptation.
Crises 4 *À l'épreuve du climat*	Mise à l'épreuve (Transformer les activités)	• Subir les rigueurs d'un climat extrême. • Mettre à l'épreuve les filières économiques. • Anticiper les contraintes de la crise.

Les *Témoins d'adaptation* proposent un lien à la fois direct et indirect avec le changement climatique dans la mesure où ces témoins partagent en temps réel l'expérience de la crise qu'ils sont en train de vivre tandis que les acteurs des filières les suivent à travers une plateforme. Au-delà de l'organisation et de la solution technologique que propose le scénario, la mobilisation qu'il met en mouvement repose sur l'idée que les témoins vont faire ressentir ce qu'ils sont en train de vivre et par la suite les solutions qu'ils vont proposer. Aussi, ce scénario nécessite de «recruter» des témoins sinon charismatiques, du moins faisant passer leurs émotions et leurs analyses. La plateforme a pour vocation de devenir une plateforme d'échange sur l'adaptation plus que sur la crise alors que le risque qui pèse

sur le scénario est que les cibles de la plateforme se focalisent sur l'événement («je regarde mais on verra plus tard» ou «je reviendrai pour la prochaine crise») ou sur une partie des solutions proposées sans prendre en compte l'adaptation.

Le scénario *Testez votre stress climatique* est quant à lui un stress test pouvant être organisé sous la forme d'un jeu sérieux. Contrairement au caractère réel d'une crise vécue par un témoin, la crise est ici virtuelle puisqu'il s'agit d'évaluer les capacités de résistance d'une entreprise soumise à un stress durable. Dans le stress test, le scénario repose non seulement sur un logiciel de simulation donnant des indicateurs comptables ou opérationnels mais aussi sur la participation des acteurs de l'entreprise au test. La simulation s'adapte aux caractéristiques de l'entreprise et s'organise à partir d'écosystèmes sectoriels mais certaines entreprises peuvent avoir tellement peur des résultats qu'elles vont refuser de se prêter à l'exercice. Au-delà de la simple simulation non contraignante et non engageante mais destinée à chiffrer les conséquences d'un stress climatique, le scénario peut évoluer vers un processus de certification et de financiarisation des notes obtenues au stress test. Il pose aussi la question du décalage pouvant exister entre la simulation et la crise, le logiciel pouvant aboutir à des interprétations contradictoires, devenir caduc ou reposer sur des critères de gestion qui lui sont propres.

Territoires d'adaptation plonge quant à lui les filières d'un territoire dans une crise climatique extrême : restriction d'eau, difficultés d'approvisionnement, travail en horaires décalés pendant une canicule par exemple. Dans ce scénario, les entreprises du territoire en relation avec les collectivités publiques ont choisi d'organiser une semaine de crise climatique comme exercice d'entraînement à la gestion de ce type de crise, à l'image d'une alerte incendie, pour en vivre opérationnellement les contraintes. Les entreprises volontaires pour se plonger dans cette crise climatique mettent donc entre parenthèses leur activité normale, ce qui représente un coût pour elle et un risque d'incompréhension de la part des parties prenantes (consommateurs, fournisseurs extérieurs au territoire par exemple) n'ayant pas connaissance de l'exercice ou ne comprenant pas son intérêt. L'échelle géographique de l'organisation de la semaine de crise est une des questions que pose le scénario : doit-elle rester à un échelon très local ? Ou peut-elle s'organiser à une échelle plus importante : régionale, nationale voire européenne ? L'un des risques posés par le scénario est celui d'une routinisation qui lui fait perdre son sens. Le décalage entre l'entraînement et la réalité est aussi un des problèmes que pose ce scénario, questionnant notamment sa durée.

À l'épreuve du climat fait passer les parties prenantes de la sensibilisation à la mise à l'épreuve. Entreprises de tous secteurs, consommateurs, collectivités publiques, tous ont été prévenus : les conséquences de la prochaine crise climatique s'appliqueront avec la plus extrême rigueur et aucune dérogation ne sera accordée. Ils doivent donc s'attendre à de possibles coupures d'électricité, d'alimentation en eau, à des restrictions de transport ou d'approvisionnement. Dans ce scénario, les contours géographiques ne peuvent être définis *a priori* mais sont fonction de l'épisode extrême à venir. Les contraintes à venir sont annoncées et doivent être prises en compte par chacun. Mais tous ne réagiront pas de la même manière. Certains vont adapter leur activité, d'autres vont constituer des stocks

ou s'équiper en matériel de secours comme des groupes électrogènes pour que leur activité soit le moins possible modifiée.

Les scénarios «Chaînages de la valeur»

Les quatre scénarios de l'atelier «Chaînage de la valeur» mettent en scène différents mouvements de transformation des filières (Tableau 5) : l'engagement dans l'innovation (*Testeurs d'adaptation*), la coconstruction de l'adaptation (*Coconstructeurs d'adaptation*), l'arbitrage de futurs conflits d'usage (*Arbitres d'adaptation*), le tissage d'une fluidité entre filières (*Tisseurs d'adaptation*).

Tableau 5 – Les scénarios «chaînages de la valeur» en bref.

Scénarios	**Modalités d'action** (Capacités associées)	**Le scénario en bref** Règle de l'action, règle institutionnelle, règle des opérations
Chaînage de la valeur 1 *Testeurs d'adaptation*	Financement de tests d'adaptation (S'engager dans des innovations d'adaptation)	• Financer des tests d'adaptation. • Lancer l'envie d'innover pour s'adapter. • Développer des écosystèmes d'innovation en adaptation.
Chaînage de la valeur 2 *Coconstructeurs d'adaptation*	Coconstruction de l'adaptation (Impliquer l'ensemble de la chaîne de valeur jusqu'au consommateur)	• Coconstruire des cheminements d'adaptation. • Faire émerger des solutions locales d'adaptation. • Propager la culture d'adaptation sur toute la chaîne de valeur.
Chaînage de la valeur 3 *Arbitres d'adaptation*	Arbitrage des conflits d'usage entre filières (Prioriser l'allocation des ressources contraintes)	• Coordonner les actions de vulnérabilité économique. • Assumer les dimensions conflictuelles de l'adaptation. • Arbitrer les conflits d'adaptation.
Chaînage de la valeur 4 *Tisseurs d'adaptation*	Intégration de l'adaptation dans une approche multifonctionnelle et multifilière (Transversaliser les activités entre filières)	• Fluidifier les flux de création de valeur • Sortir des logiques de silo par filière. • Créer des communautés économiques régénératives.

Le scénario *Testeurs d'adaptation* a pour objectif d'encourager l'innovation et son partage. Des agences régionales d'adaptation financent des expérimentations n'ayant jamais été poursuivies dans une filière. En contrepartie, le testeur d'adaptation s'engage à échanger sur ses pratiques et à faciliter la diffusion de celles-ci dans la filière. Une plateforme d'échange à différents niveaux (européen, national, régional, local) permet à une communauté de se constituer, à la fois au niveau des filières mais aussi entre filières. Pour les entreprises, le fait de devenir «testeur d'adaptation» est une preuve d'engagement susceptible d'être apprécié par l'aval de la chaîne de valeur et par les investisseurs. Pourtant, certaines entreprises redoutent que l'initiative ne conduise à la mise en place d'une technostructure

tandis que d'autres sont à la recherche de solutions clés en main immédiatement transposables plus qu'à une solution vraiment adaptée.

Dans *Coconstructeur d'adaptation*, l'urgence climatique pousse les acteurs d'une filière à construire ensemble des cheminements d'adaptation pour faire émerger des solutions locales. Les parties prenantes du territoire (interprofessions, collectivités territoriales, associations de consommateurs, ONG de défense de l'environnement…) se retrouvent pour établir un diagnostic et se mettre d'accord sur des solutions d'adaptation, à charge pour les entreprises de propager cette culture d'adaptation dans leur chaîne de valeur. Pour les entreprises engagées, l'important est de susciter l'adhésion de leurs partenaires pour faire émerger dans la filière des solutions locales d'adaptation. Pourtant, certaines entreprises demeurent sceptiques : « la filière s'en sortira ». Pour récompenser l'engagement des entreprises, des aides fiscales encouragent l'investissement des entreprises à la coconstruction de l'adaptation dans leur chaîne de valeur. Toutefois, certaines entreprises cherchent à détourner cette coconstruction pour s'imposer ou cherchent seulement à relocaliser (ou délocaliser) pour capturer l'essentiel de la valeur. Les réfractaires craignent des solutions idéologiques ou qu'une fragmentation des territoires ne résulte de ces coconstructions.

Arbitres d'adaptation est un scénario d'urgence lié à l'accélération du changement climatique. Plutôt que de se voir imposer des quotas par l'autorité administrative (p. ex. le préfet), les acteurs du territoire ont choisi de coordonner les actions de réduction des vulnérabilités économiques et d'arbitrer les conflits d'usage. Au niveau départemental les acteurs économiques, en coordination avec les associations de consommateurs, assument la dimension conflictuelle de l'adaptation et les choix qui en résultent. Le CESE (Conseil économique, social et environnemental) départemental, en charge des arbitrages, dispose de la possibilité de racheter les actifs échoués que des arbitrages défavorables ne permettraient plus de poursuivre dans le territoire. Malgré l'opposition de certaines filières considérant qu'il n'y a pas d'urgence climatique, les arbitrages s'imposent à tous, sans dérogation possible. Le territoire devient lui-même objet d'arbitrages avec une pression sur les ressources que constituent les zones Natura 2000. Certaines filières se relocalisent en raison des arbitrages, tandis que des territoires se ferment sur eux-mêmes.

Le scénario *Tisseurs d'adaptation* replace l'adaptation dans une approche multifonctionnelle et circulaire. Les actions d'adaptation sont liées à une approche multifonctionnelle permettant des échanges et la réutilisation des projets, des produits, des services. Intégrée dans cette approche multifonctionnelle, l'adaptation permet ainsi de créer de la valeur par les échanges qu'elle permet. Cette création de valeur se fait par l'intermédiaire de communautés régénératives tissant des liens au niveau local, national, européen, international. Sortant d'une logique de silo, l'adaptation repose sur une société fluide. Les « tisseurs d'adaptation » se heurtent à la logique de silo d'un certain nombre de filières, cependant qu'une partie des communautés régénératives reconstituent elles-mêmes des silos en constituant des circuits fermés.

Les scénarios «Réseaux»

Les trois scénarios « Réseaux » proposent le développement de capacités de partage (Tableau 6) : partage avec l'enseignement supérieur (*Universités d'adaptation*), partage avec les retardataires de l'adaptation (*Parrains d'adaptation*), partage avec les pays en développement (*Exportateurs d'adaptations*).

Tableau 6 – Les scénarios « Réseaux » en bref

Scénarios	**Modalités d'action** (Capacités associées)	**Le scénario en bref** Règle de l'action, règle institutionnelle, règle des opérations
Réseaux 1 *Universités l'adaptation*	Coopération avec des établissements d'enseignement supérieur (S'associer à l'enseignement et la recherche)	• Engager des réseaux d'enseignement supérieur dans des études d'adaptation. • Faire agir les étudiants sur l'adaptation. • Intégrer les filières dans la gouvernance des établissements.
Réseaux 2 *Parrains d'adaptation*	Parrainage d'entreprises peu engagées par des entreprises engagées (Engager les retardataires)	• Rendre pratique l'adaptation. • Diffuser les pratiques d'adaptation. • Mettre en mouvement des communautés de pratiques d'adaptation.
Réseaux 3 *Exportateurs d'adaptation*	Mise en réseau des parties prenantes de l'exportation d'adaptation (Globaliser l'adaptation)	• Coordonner des chantiers internationaux d'adaptation. • Rayonner par l'adaptation. • Mettre en réseau les exportateurs d'adaptation.

Le scénario *Universités d'adaptation* repose sur une approche intergénérationnelle de l'adaptation. Par la coopération avec des établissements d'enseignement supérieur, les filières économiques engagent les étudiants dans l'adaptation en leur faisant réaliser des diagnostics territoriaux. Le processus de mise en œuvre du diagnostic mixe les équipes entre écoles et universités, territoires et filières, en vue d'évaluer l'impact du changement climatique sur le territoire et de proposer des stratégies d'adaptation. Certains chefs d'entreprise regrettent que les étudiants ne descendent pas au niveau de l'entreprise tandis que d'autres craignent que l'exercice ne soit le début de nouvelles contraintes. Rapidement des partenariats se nouent avec le risque de création de silos par spécialité, par filière, par territoire.

Parrains d'adaptation est un scénario dans lequel les entreprises peu engagées dans l'adaptation sont parrainées par des entreprises engagées. Des chefs d'entreprise engagés dans l'adaptation et des ONG constituent des fondations en vue de toucher les délaissés de l'adaptation. Ces actions de parrainage permettent la mise en mouvement de communautés de pratiques d'adaptation. À partir de ces parrainages, les pratiques d'adaptation se diffusent par mimétisme entre filières économiques, les communautés sectorielles copiant en les adaptant les pratiques des autres communautés. Pourtant, certaines entreprises ne voient pas le côté pratique de l'adaptation, celle-ci étant vue comme une source de coût pour un

horizon lointain. Pour certains parrains, le parrainage est un effet d'aubaine dans lesquels ils s'engagent pour les avantages fiscaux qu'il procure. Pour d'autres, parrains comme filleuls, les partenariats prennent le pas sur l'adaptation.

Exportateurs d'adaptation fait de l'adaptation une source de rayonnement et d'aide au développement. Des clubs d'exportateurs d'adaptation mettent en réseaux grandes entreprises, PME et financeurs en vue de solutions d'aide au développement par l'adaptation, les institutions financières privilégiant les projets incluant des stratégies d'adaptation. L'adaptation devient un moyen d'entrée sur les marchés à l'international, bien que concurrencée par des financeurs privilégiant un moins disant sans adaptation ou avec une adaptation cosmétique. Bénéficiant de l'appui de la représentation française à l'étranger, les exportateurs d'adaptation sont concurrencés par les projets d'autres pays européens privilégiant leurs entreprises nationales. Pour certains, l'avenir du scénario est un montage et un financement des projets à l'échelle de l'Union européenne, avec une négociation du poids des différents pays.

Les scénarios « Temporalités »

Les scénarios « Temporalités » offrent trois scénarios de prise de rendez-vous à court, moyen et long terme pour les filières (Tableau 7) par l'élaboration de trajectoires mouvantes d'adaptation (*Trajectoires d'adaptation*), de ratios d'exposition et de suivis d'action (*Ratios d'exposition*), de contrats en fonction du futur (*Transaction d'adaptation*).

Tableau 7 – Les scénarios « Temporalités » en bref.

Scénarios	**Modalités d'action** (Capacités associées)	**Le scénario en bref** Règle de l'action, règle institutionnelle, règle des opérations
Temporalités 1 *Trajectoires d'adaptation*	Construction de trajectoires d'adaptation (Naviguer sur des trajectoires mouvantes)	• Construire des trajectoires d'adaptation. • Assurer une cohérence dans la mise en œuvre de l'adaptation par les filières. • Développer une méthodologie d'adaptation de la filière.
Temporalités 2 *Ratios d'exposition*	Élaboration de ratios d'exposition au changement climatique et de suivi des actions des filières (Mesurer l'exposition au changement climatique)	• Rendre publics des ratios d'exposition et de suivi d'actions. • Investir en fonction de l'adaptation. • Articuler les ratios avec la taxonomie européenne d'une finance durable.
Temporalités 3 *Transactions d'adaptation*	Inclusion dans les transactions de clauses intégrant l'état futur des biens ou des produits (Contractualiser l'adaptation)	• Intégrer l'adaptation au changement climatique dans les transactions. • Donner une information sur l'état futur du bien ou du produit. • Développer un marché des services climatiques.

Dans *Trajectoire d'adaptation*, les filières développent des méthodologies d'adaptation en vue de favoriser les échanges de bonnes pratiques et de les mettre en cohérence au niveau national, voire européen ou, en outre-mer, avec les pays voisins, avec une articulation locale. Ces méthodologies permettent aux entreprises d'évaluer la temporalité des risques climatiques et de construire, en relation avec ses parties prenantes, une trajectoire d'adaptation, révisée à travers des revues d'adaptation. Les motivations des entreprises participantes sont multiples : survivre à l'adaptation, s'adapter à une réglementation ou s'adapter au fil de l'eau. D'autres, au contraire, cherchent à prolonger leur modèle économique indépendamment du futur et donc de l'adaptation. Relocalisation, recherche du *statu quo*, retour en arrière à l'occasion des revues d'adaptation sont autant de trajectoires qui mettent en question les méthodologies des filières, tout comme la fin d'activités ne pouvant pas se transformer ou se relocaliser.

Ratios d'exposition est un scénario porté par des investisseurs qui cherchent à développer une finance durable incluant des actions d'adaptation. Des panels d'entreprises de chaque filière sont visités chaque année par des auditeurs afin de suivre les actions d'adaptation de la filière et de définir son ratio d'exposition. Ainsi, les investisseurs peuvent investir en fonction de l'adaptation et des comités de filières permettent de définir des contrats d'adaptation avec des critères d'exposition et de suivi d'actions destinés à être mesurés chaque année. Les ratios sont agrégés et ne descendent pas au niveau de l'entreprise mais banques et assureurs cherchent à les intégrer dans leurs contrats et se désengagent des régions dont les ratios sont trop élevés. Pour contourner ces risques, certaines filières cherchent à définir des critères et des actions que leurs entreprises n'auront pas trop de problèmes à remplir.

Le scénario *Transaction d'adaptation* intègre le changement climatique dans les transactions en vue de donner une information à l'acheteur sur l'état futur du bien ou du produit à partir d'analyses proposées par des entreprises de conseil en services climatiques. Vendeurs et acheteurs s'entendent pour intégrer le changement climatique dans les contrats, des clauses de révisions des contrats pouvant être prévues périodiquement. D'un côté, les vendeurs cherchent à dégager leur responsabilité, tandis que les acheteurs et investisseurs cherchent des informations sur leur capacité future à utiliser le produit ou le bien en fonction du risque climatique et sur les stratégies d'adaptation qu'ils sont susceptibles d'avoir à conduire dans l'avenir. Investisseurs comme consommateurs ont intégré ces analyses dans leur processus de décision. Dans certaines filières et certains territoires, les résultats des analyses sont tels que les transactions d'actifs se résument à des échanges d'actifs échoués. Pour autant, ces analyses ont par nature une fiabilité incertaine et sont source de différends.

Conclusion

Capacités prospectives et partages transfilières.
Les mille voies de la mobilisation des filières

Afin de contribuer au renforcement des capacités d'adaptation au changement climatique des filières économiques, cette étude prospective a opté pour un processus participatif orienté par l'action et proposant des scénarios de mobilisation des filières. Une telle démarche ne contribue pas à faire converger les regards sur les futurs possibles, mais à préparer à accompagner des futurs divergents par des actes, eux-mêmes mobilisant des capacités d'adaptation qu'il s'agira de gérer dans le temps.

À court terme, les ateliers eux-mêmes ont permis des échanges d'expérience entre filières qui participent directement à cet objectif. À moyen et long terme, ils mettent en exergue des capacités, des modalités d'action et d'accompagnement de ces capacités. Mais ces propositions, on l'a vu, ne sont pas et n'ont pas à être exhaustives : elles donnent des indications sur des pistes d'adaptation possibles, sur des bifurcations à accompagner ou à éviter. C'est donc aux filières économiques de hiérarchiser, d'appliquer, de transposer, de modifier ces propositions selon leurs besoins pour les adapter d'une part au contexte du moment, d'autre part au cheminement stratégique qu'elles envisagent pour le plus long terme. Elles peuvent alors mobiliser les règles des scénarios pour combiner dans le temps la priorisation et l'évaluation des capacités d'adaptation au changement climatique actuelles et à venir de leurs entreprises. À l'échelle des entreprises, la diffusion des propositions combinée à l'appropriation de cette démarche prospective orientée vers l'action permettrait d'élargir l'éventail de leurs capacités d'adaptation.

Les capacités prospectives d'adaptation et les scénarios d'action stratégique ouvrent de multiples voies à la mobilisation des filières économiques face au changement climatique. La mobilisation des filières passe, comme plusieurs scénarios et capacités le soulignent, par un partage et des échanges. Si le partage d'expériences et les échanges entre filières ont fondé l'approche prospective transversale des travaux présentés dans ce chapitre en impliquant des participants issus des filières économiques, les résultats des ateliers ont invité à développer cette perspective « transfilières ». Quant à l'approche territoriale présente dans de nombreux scénarios, elle invite à développer de tels échanges, à la fois « intrafilières » et « transfilières », au niveau des territoires.

Cette thématique du partage « transfilières » rejoint aussi le retour des participants aux ateliers sur l'intérêt des échanges que cette prospective a déjà permis entre membres de différentes filières économiques. Aussi, une telle approche invite moins à chercher à mobiliser une filière en particulier qu'à offrir aux filières des opportunités de partager des expériences, de se mailler en réseau, y compris avec une dimension internationale. Ce maillage permettrait aussi d'associer les territoires ultramarins et de bénéficier des partages d'expériences qu'ils pourraient développer avec leurs voisins. Les actions d'accompagnement liées à la capacité à s'intégrer dans des réseaux pourraient constituer le socle de ce maillage,

combinées avec les partages d'expériences liés à la crise et au chaînage de la valeur, avec des ancrages territoriaux. La question de l'articulation des temporalités, et notamment l'orientation des trajectoires d'adaptation et des investissements à partir du développement d'audits d'adaptation, constitue également un axe de partage « transfilières ». Elle nécessite l'aménagement d'une évolution des modalités d'accompagnement au cours du temps.

Cette approche prospective invite à organiser la mobilisation à venir comme un partage d'expérience n'ayant pas une visée normative mais piloté à la fois comme une coconstruction de trajectoires et comme l'accompagnement au développement de capacités d'adaptation. Les scénarios que les ateliers ont conduit à élaborer ne sont en effet ni normatifs, ni alternatifs, ni exhaustifs : ils illustrent des capacités qui se combinent et proposent des modalités d'action qui seront ce que les filières construiront. À travers mille voies d'adaptation.

Climalait, un programme de la filière laitière pour l'adaptation des élevages laitiers face au changement climatique

Jean Charef,
Centre national interprofessionnel
de l'économie laitière (Cniel)

avec l'appui de Nadine Ballot et Jennifer Huet,
Centre national interprofessionnel
de l'économie laitière (Cniel)

et d'Aurélie Madrid,
Institut de l'élevage

Un programme conduit par Arvalis, le BPTL, les chambres d'agriculture, le Cniel, l'INRAe, l'Institut de l'élevage et Météo-France.

• *Introduction*

Contexte général sur l'atténuation du changement climatique

La 26e Conférence des Parties des Nations unies sur le changement climatique (COP26) s'est tenue en novembre 2021 à Glasgow. Six ans après l'Accord de Paris conclu lors de la COP21, les États ont fait le bilan sur les engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre pris à cette occasion et se sont penchés sur les objectifs et mesures à prendre pour enrayer et faire face au changement climatique.

À quelques mois de cet événement, le groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a publié le 9 août 2021 la première des trois parties de son sixième rapport d'évaluation sur le changement climatique, au plein cœur d'un été avec de nombreux aléas : vagues de chaleur responsables d'un dôme de chaleur au Canada ou de feux de forêts en Grèce, fortes précipitations et inondations sur une partie de l'Europe…

Ce rapport, le dernier majeur à date sur le sujet, fait l'état des connaissances scientifiques actuelles sur le changement climatique. Il y est fait le constat que le réchauffement est plus important que ce qui était évalué dans le cinquième rapport du GIEC publié en 2014 et que la barre des 1,5 °C d'augmentation de la température pourrait être atteinte plus précocement que les dernières estimations (dès le début des années 2030, soit dix ans plus tôt qu'estimé précédemment). Par ailleurs, ce sixième rapport s'intéresse plus que les précédents aux autres gaz à effet de serre que le dioxyde de carbone, notamment au méthane. Il insiste sur la nécessité d'une forte réduction de ceux-ci. Or les ruminants émettent du méthane lors de leur digestion (au niveau du rumen).

L'élevage bovin laitier contribue à hauteur de 6 % du total des émissions françaises (en équivalent CO_2) (source CITEPA 2020 sur données 2018). Consciente de sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre, la filière laitière a un rôle à jouer dans l'atténuation du changement climatique. Elle a d'ores et déjà réduit son empreinte de 24 % entre 1990 et 2010 et s'est fixé de nouveaux objectifs de

réduction. En effet, dans le cadre de sa démarche « France Terre de lait » lancée en 2017, pilotée par le Cniel (Centre national interprofessionnel de l'économie laitière), la filière (producteurs de lait, coopératives laitières et transformateurs privés, commerce, distribution et restauration) s'est donné pour objectif de diminuer encore l'empreinte carbone de 20 % par litre de lait d'ici à 2025. Pour y parvenir, le Cniel porte et déploie, en partenariat avec l'Institut de l'élevage, France Conseil Élevage et les chambres d'agriculture, la démarche « Ferme Laitière Bas Carbone », qui accompagne les éleveurs laitiers français dans la réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre (GES).

Face au changement climatique, la nécessité d'actions d'adaptation

Toutefois, les efforts de la filière laitière entrepris aujourd'hui (comme ceux de l'ensemble des secteurs émetteurs de dioxyde de carbone) ne feront dans tous les cas pas sentir leurs effets avant plusieurs décennies. Si la réduction de l'empreinte carbone du lait contribue à une atténuation des effets, il est d'ores et déjà acquis que le climat a déjà évolué, continuera d'évoluer au cours des prochaines décennies et conduira les structures agricoles à une série d'adaptations plus ou moins importantes selon les filières et les conditions locales initiales de production.

À l'échelle nationale, les pouvoirs publics ont enclenché des actions pour appuyer l'adaptation des activités face au changement climatique, notamment via des plans intersectoriels et interministériels comme le Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) entre 2011 et 2015, suivi du PNACC-2 de 2018 à 2022. Une des actions phares de ce deuxième Plan est la mise en ligne d'un « Centre de ressources sur l'adaptation au changement climatique », plateforme internet qui vise à accompagner tous les acteurs de l'adaptation au changement climatique, et qui recense notamment l'action du Cniel sur le sujet (Climalait).

Plus récemment et plus spécifique au secteur agricole, le ministère de l'agriculture et de l'alimentation a lancé le 28 mai 2021 le Varenne agricole de l'eau et de l'adaptation au changement climatique. Les travaux menés dans le cadre de ce Varenne doivent aboutir à une feuille de route pour l'adaptation de l'agriculture française. Les interprofessions agricoles, dont le Cniel, sont appelées à faire remonter leurs contributions pour leur filière.

Le changement climatique et les aléas qui l'accompagnent sont une réalité qu'il va falloir apprendre à gérer. Les éleveurs laitiers sont face à des choix et des investissements parfois lourds qui engagent sur le long terme. Ils doivent donc pouvoir anticiper les variations des principaux facteurs de production. Certaines structures doivent d'ores et déjà adapter leurs systèmes de production, au plan animal comme végétal, à de nouvelles conditions climatiques (sécheresses chroniques sur différentes saisons, canicules, pluviométrie extrême…).

La prévision des évolutions climatiques et l'évaluation de ses conséquences sur les conditions de cultures (en fonction de contextes pédologiques locaux) et sur les conditions d'élevage, ainsi que l'identification de leviers d'adaptation mobilisables par les acteurs, sont des données stratégiques pour le maintien de la compétitivité de la filière laitière française et l'évolution des systèmes laitiers.

Genèse du programme Climalait pour l'adaptation des élevages laitiers français face au changement climatique

En 2014 déjà, le cinquième rapport d'évaluation du GIEC, qui était alors publié, confirmait l'accentuation des bouleversements climatiques, avec notamment une hausse globale des températures et de la fréquence des aléas climatiques extrêmes qui impactent une grande partie des activités humaines et en particulier les activités agricoles. Il établissait également que le changement climatique était dorénavant sans équivoque et que les gaz à effet de serre d'origine anthropique en étaient les principaux responsables.

En réaction à ces alertes des climatologues et aux changements déjà constatés sur le terrain (notamment sécheresses printanières et estivales), les professionnels du conseil d'administration du Cniel ont demandé en 2015 la conduite de travaux sur l'adaptation de la filière laitière. Le Cniel a alors initié la mise en place du projet « Climalait », concernant l'adaptation de la filière laitière au changement climatique, en lançant un appel à proposition afin de réunir l'expertise indispensable à la réalisation d'une telle étude.

Le programme Climalait a été lancé en 2015, initié et financé par le Cniel en partenariat avec Idele (Institut de l'élevage), pilote scientifique, ainsi que Météo-France, l'INRAe, les chambres d'agriculture, le BTPL et Arvalis. Ce programme a été mené jusqu'en 2019. Il associait des instituts de recherche de différentes filières, en mesure d'apporter leur analyse et expertise des schémas techniques de production (conduite de troupeaux, gestion fourragère, schémas culturaux), ainsi que des structures de développement agricole qui ont apporté leur appui et expérience du terrain en sollicitant des conseillers au contact des structures laitières. Par ailleurs, l'INRAe a apporté son expertise sur les modèles de culture, quand Météo-France contribuait sous la forme d'apport des séries de données climatiques indispensables au programme et par son expertise sur le choix de ces modèles et leur utilisation.

Ce programme de recherche appliquée avait pour objectif de mener une étude prospective sur l'impact du changement climatique sur les systèmes d'élevage laitier français, d'aider les éleveurs laitiers à identifier des leviers pour adapter leur exploitation au changement climatique dans les futurs proche et lointain, ainsi que d'identifier les nouveaux besoins de recherche pour la filière sur le sujet.

Le programme Climalait a permis d'évaluer les impacts du changement climatique à moyen et long terme sur différents systèmes d'élevages laitiers répartis dans 20 zones sur le territoire hexagonal. Dans chaque zone d'étude, les travaux se décomposent en trois grandes étapes avec, sur l'ensemble du XXIe s. :

1. l'évolution future du climat,
2. son impact sur des cultures fourragères et la pousse de l'herbe, ainsi que
3. les conséquences et adaptations possibles à l'échelle d'un système d'élevage laitier de la zone.

Dans cet article, sera présentée la méthode utilisée lors du programme Climalait, à savoir :

1. l'étude de l'évolution du climat dans le futur,
2. l'analyse des conséquences du changement climatique sur la production de fourrages et
3. l'analyse collective de l'impact du changement climatique à l'échelle d'un système d'élevage laitier. Tout au long du document, les éléments présentés seront illustrés avec des données concrètes issues des travaux réalisés dans l'Ille-et-Vilaine dans le cadre de Climalait. La période référée comme « futur proche » correspond dans la suite du texte à 2030-2059 et « futur lointain » à 2070-2099.



Figure 1 – Pour l'adaptation de l'élevage laitier face au changement climatique.

Crédit photo : Cniel.

• *Description de la démarche déployée sur les zones d'études dans le cadre du programme Climalait*

La démarche Climalait se compose de trois étapes principales :

1. décrire l'évolution du climat sur le siècle, selon les scénarios et modèles climatiques ;
2. étudier l'impact sur les cultures ;
3. faire ressortir des pistes d'adaptation, les évaluer collectivement en soumettant un système à un climat différent.

Elles ont été déployées sur les vingt zones d'étude (points bleus sur la carte ci-dessous). Ces zones, appelées « unités laitières », ont été définies en croisant les unités pédoclimatiques (caractérisées par les caractéristiques climatiques et du sol) avec les zones de production laitière. Dans vingt de ces zones, un travail a été mené avec un groupe d'éleveurs d'un territoire et des conseillers locaux.

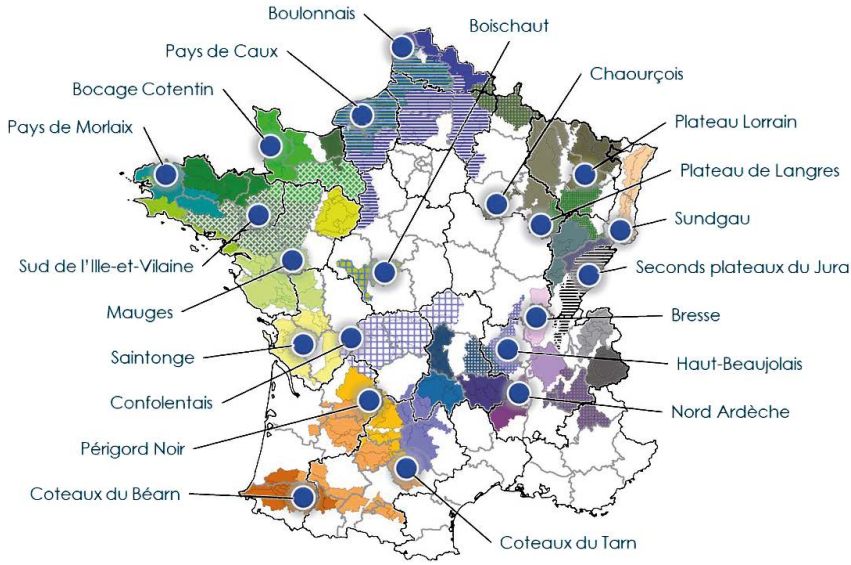


Figure 2 – La démarche Climalait a été menée sur 20 zones d'études réparties sur le territoire national.

Source : Cniel.

Description de l'évolution future du climat sur la zone

Pour chaque zone étudiée, des modèles climatiques ont été sélectionnés grâce à l'appui de Météo-France. Ils sont basés sur des données simulées dans le cadre du scénario RCP8,5 du GIEC (scénario sans politique climatique, dans lequel le réchauffement pourrait atteindre 4 °C à l'horizon 2071-2100) et issues de laboratoires de recherche climatique : le modèle Aladin du CNRM, laboratoire français, le modèle SMHI d'un laboratoire suédois et les données KMNI d'un laboratoire néerlandais. Ils ont permis d'obtenir des données décrivant les évolutions sur le siècle du climat de chaque zone étudiée, avec des indicateurs météorologiques (température, pluviométrie, évapo-transpiration (ETP) …) et agroclimatiques (index température-humidité…).

Les résultats obtenus dans le cadre de ces travaux démontrent des disparités régionales pour certains indicateurs (dans la tendance ou dans l'intensité des changements). Toutefois, on observe globalement sur le siècle les évolutions décrites ci-dessous.

Étude de l'évolution de la température dans le futur

Les projections réalisées sur les différentes zones d'études se rejoignent concernant l'augmentation des températures moyennes annuelles, quel que soit le modèle utilisé. Par exemple, en Ille-et-Vilaine (les données climatiques présentées correspondent à un point situé sur la commune de Maure-de-Bretagne), les travaux prévoient une augmentation de l'ordre de 1 °C dans le futur proche (2030-2059) et un réchauffement plus marqué dans la seconde moitié du siècle avec une augmentation de 3 à 4 °C par rapport au niveau actuel (voir graphe ci-dessous). Dans ce futur lointain, l'augmentation de température serait plus marquée l'été (+ 4,5 °C) que l'hiver (+ 2,5 °C). Par ailleurs, les maximales progresseraient plus rapidement que les minimales : + 5 à 6 °C pour les maximales en été contre + 2 à 2,5 °C pour les minimales en hiver.

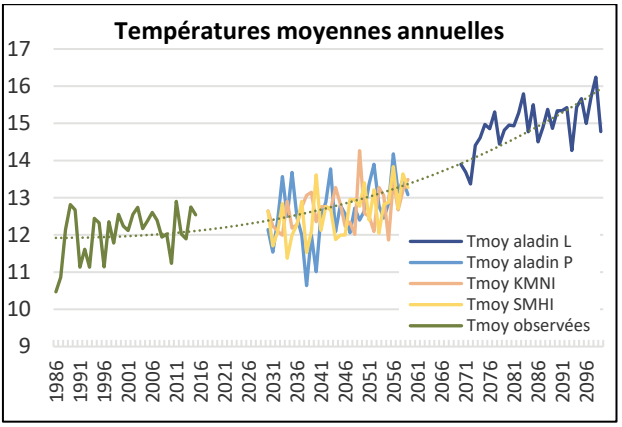
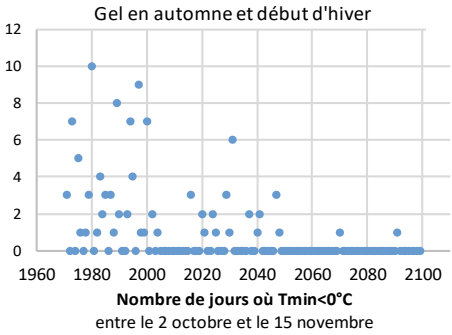
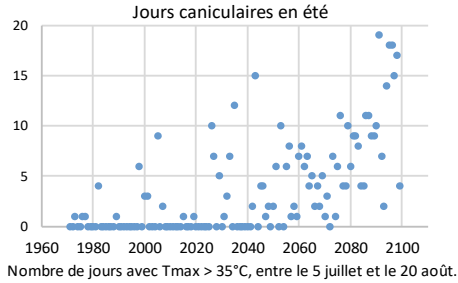


Figure 3 – Évolution des températures moyennes annuelles sur le siècle pour l'étude Climalait réalisée en Ille-et-Vilaine (selon les modèles Aladin, KMNI et SMHI dans le cadre du scénario RCP8.5 du GIEC).

Source : programme Climalait.

Ces évolutions des températures ne sont pas sans conséquences : d'après les calculs réalisés à partir des données issues des modèles climatiques, le nombre de jours de gels serait en forte baisse d'ici la fin du siècle, à l'inverse des épisodes caniculaires qui se multiplieraient (voir l'exemple de l'Ille-et-Vilaine présenté dans les figures ci-après).





Figures 4 et 5 – Évolution du nombre de jours de gel en automne et début d'hiver et du nombre de jours caniculaires en été sur le siècle, d'après des simulations basées sur le modèle Aladin (dans le cadre du scénario RCP8.5 du GIEC) pour l'Ille-et-Vilaine.

Source : programme Climalait.

Ces canicules peuvent se traduire par un ralentissement de la croissance de certaines espèces prairiales sur la période estivale et par du stress thermique pour les animaux. Pour chaque année entre 1986 et 2014 (données observées) et dans le futur jusqu'à la fin du siècle (données Aladin), le nombre de jours et l'intensité du stress thermique ont été évalués grâce à l'index température-humidité (THI). Cet index se calcule à partir de la température ambiante (Ta) et de l'humidité relative (HR), tel que *THI = 1,8*Ta – (1 – HR) * (Ta – 14,3) + 32.* Le calcul de ce THI démontre que le nombre de jours durant lesquels les animaux pourraient être en situation de stress thermique, ainsi que l'intensité de celui-ci, augmenterait dans le futur proche et encore plus vers la fin du siècle (voir l'exemple de l'Ille-et-Vilaine dans la figure ci-dessous).

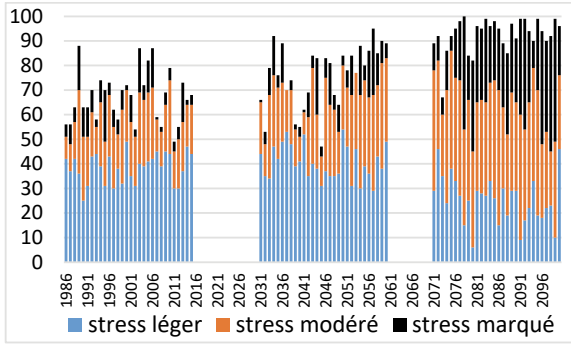


Figure 6 – Évolution du nombre de jours et de l'intensité du stress thermique de 1986 à 2014 (données observées) et dans le futur (à partir du modèle Aladin dans le cadre du scénario RCP8.5 du GIEC) pour l'Ille-et-Vilaine.

Source : programme Climalait.

En parallèle, l'évolution constatée de la température se traduirait par la possibilité d'anticiper la mise à l'herbe des animaux au printemps, sous réserve que les conditions climatiques permettent de bonnes conditions de portance des sols (aptitude à supporter des charges, ici les vaches au pâturage). En Ille-et-Vilaine, la

date d'atteinte du seuil de 300 °C cumulés, représentative de la date potentielle de mise à l'herbe, serait autour du 10 mars dans le futur proche et du 3 mars dans le futur lointain, contre le 16 mars environ actuellement.

Étude de l'évolution des précipitations dans le futur

- Variabilité interannuelle pour les précipitations.

Sur toutes les zones d'étude, les résultats issus des trois modèles de simulation ne permettent pas de dégager de tendance nette concernant l'évolution du cumul annuel des précipitations dans un futur proche. En revanche, on constate la poursuite de la très forte variabilité interannuelle à travers le siècle.

Sur la fin du siècle, les projections avec le modèle Aladin peuvent selon les zones faire ressortir une relative baisse de pluviométrie, comme cela peut être constaté dans l'exemple de l'Ille-et-Vilaine (voir figure ci-dessous).

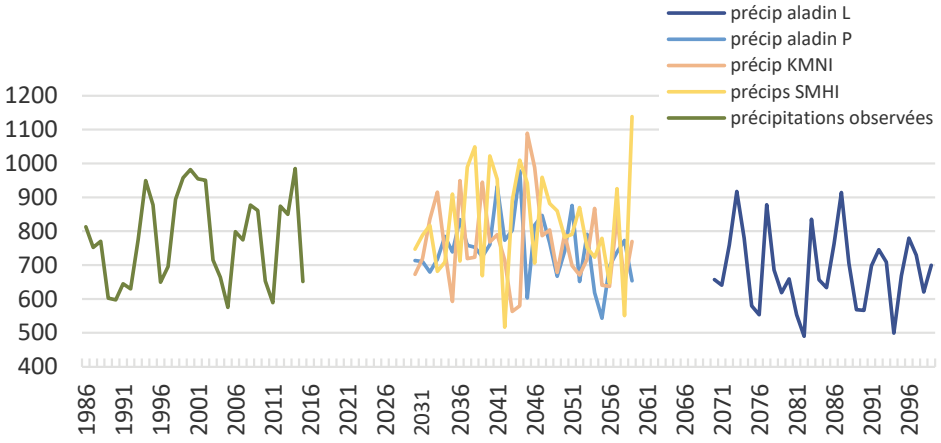


Figure 7 – Évolution des cumuls annuels de précipitations sur le siècle pour l'étude Climalait réalisée en Ille-et-Vilaine (selon les modèles Aladin, KMNI et SMHI dans le cadre du scénario RCP8.5 du GIEC).

Source : programme Climalait.

En s'intéressant plutôt à l'évolution saisonnière de la pluviométrie en comparant les valeurs moyennes dans un futur proche (avec les trois modèles Aladin, SMHI et KMNI) et dans un futur lointain (Aladin) avec celles constatées par le passé, il ressort une relative baisse de précipitation en été dans un futur proche et qui est plus marquée dans un futur lointain. Selon les modèles, la répartition de la pluviométrie au cours de l'année est cependant différente. Ces résultats laissent toutefois globalement présager des sécheresses météorologiques plus fréquentes sur la période estivale, voire printanière.

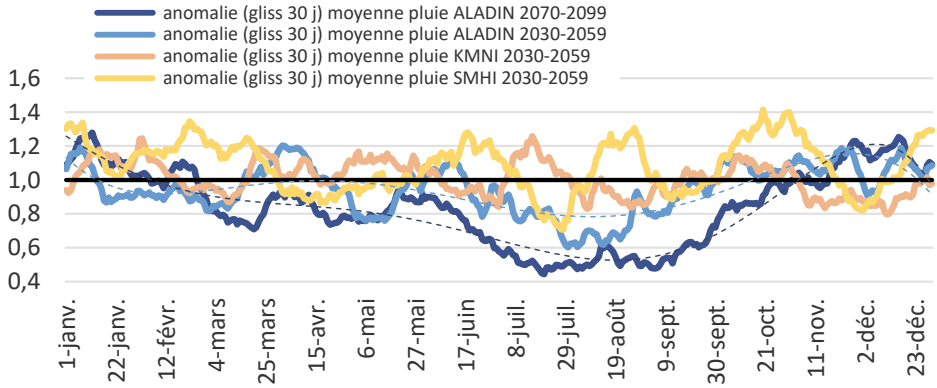


Figure 8 – Anomalies de précipitations sur une année (valeur dans le futur/référence sur la période passée) pour l'étude Climalait réalisée en Ille-et-Vilaine (selon les modèles Aladin, KMNI et SMHI dans le cadre du scénario RCP 8.5 du GIEC).

Source : programme Climalait.

Étude de l'évolution de l'évapotranspiration dans le futur

Dans le cadre des simulations utilisées dans Climalait sur les différentes zones, l'évolution de l'évapotranspiration potentielle (ETP) au cours d'une année a été étudiée grâce au modèle Aladin pour le futur proche et le futur éloigné. Il ressort que l'ETP augmenterait plus précocement et plus fortement dans le futur proche que dans le passé, et que ce phénomène s'accentuerait dans le futur lointain (voir l'exemple de l'Ille-et-Vilaine dans le graphe ci-dessous). Même en l'absence d'évolution concernant les précipitations, et pire encore si elle est combinée à un déficit de précipitations, une augmentation de l'ETP contribue à l'accentuation du risque de sécheresse agronomique, avec toutes les conséquences que cela implique pour la croissance des végétaux. L'augmentation de l'évapotranspiration du printemps à l'automne qui est anticipée dans le futur aurait ainsi pour conséquence l'augmentation du déficit hydrique estival et l'augmentation de la fréquence des risques de sécheresse et de leur intensité.

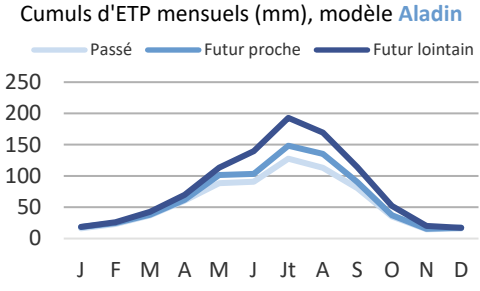


Figure 9 – Évolution des cumuls d'ETP mensuels pour l'étude Climalait réalisée en Ille-et-Vilaine (selon le modèle Aladin dans le cadre du scénario RCP 8.5 du GIEC).

Source : programme Climalait.

Étude des conséquences du changement climatique pour les cultures sur la zone

STICS (Simulateur mulTIdisciplinaire pour les Cultures Standard) est un modèle de culture de l'INRAe qui simule la croissance de plusieurs cultures, jour par jour, à partir de données climatiques journalières, des itinéraires techniques pratiqués et de paramètres descriptifs du sol et de la plante. Grâce à ce modèle, des simulations ont pu être réalisées dans Climalait pour plusieurs cultures fourragères (maïs, prairies, luzerne et parfois sorgho ou enchaînement ray-grass puis maïs) sur les zones d'étude. Elles permettent d'obtenir des informations caractérisant les conséquences du changement climatique sur les cultures : rendement, dates des stades, répartition de la production…

Les spécificités locales sont intégrées dans le paramétrage du modèle pour les simulations au travers de la nature du sol (considération de sols représentatifs de ceux de la région), des itinéraires techniques de la zone (grâce à l'expertise de conseillers de chambre d'agriculture ou BTPL locaux) et bien sûr des données climatiques locales futures simulées.

Afin de prendre en compte l'évolution future du climat et son impact sur les cultures, les travaux réalisés avec le modèle STICS considèrent l'évolution de la concentration en dioxyde de carbone (effet CO_2) et se basent sur les données climatiques simulées issues du modèle Aladin dans le cadre du RCP 8,5. Par ailleurs, les effets du changement climatique sur les plantes sont aussi intégrés avec un paramétrage du modèle qui permet d'adapter les itinéraires techniques aux variations climatiques : déclenchement des coupes sur les prairies et la luzerne à partir de températures cumulées, fertilisation associée aux coupes, ajout d'une coupe supplémentaire, test de différentes précocités et dates de semis dans le cas du maïs, etc.

Dans le cadre des travaux réalisés pour Climalait (simulations sur le siècle pour l'herbe, la luzerne et le maïs sur les vingt zones d'étude, détaillées ci-dessous), de grandes tendances ressortent concernant l'impact du changement climatique sur la croissance des végétaux. On constate notamment que :

1. les cycles des cultures seront modifiés (impliquant la nécessité d'adapter la gestion et la récolte),
2. la variabilité interannuelle des rendements se maintient voire s'accentue (des années à forts rendements pourront être suivies d'années problématiques, impliquant la nécessité de pouvoir mobiliser des stocks si besoin), et
3. les rendements varient différemment sous l'effet du changement climatique selon les cultures (appelant à réfléchir au choix des variétés et espèces cultivées).

Étude de l'impact du changement climatique sur la pousse de l'herbe

L'étude de l'impact du changement climatique dans le futur sur la pousse de l'herbe montre une forte évolution de la répartition de l'herbe disponible au cours de l'année (voir l'exemple de l'Ille-et-Vilaine sur la figure ci-dessous).

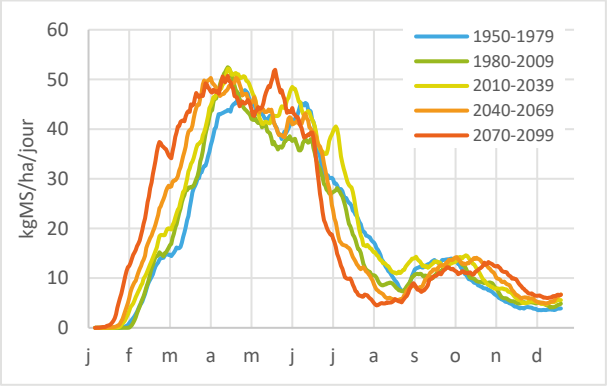


Figure 10 – Évolution de la pousse d'une prairie à base de graminées, en kg de MS/ha/j, selon la période de 30 ans simulée pour l'étude Climalait réalisée en Ille-et-Vilaine (selon le modèle Aladin dans le cadre du scénario RCP 8.5 du GIEC).

Source : programme Climalait.

En effet, la courbe annuelle de pousse de l'herbe est déformée dans le futur par rapport au passé avec notamment un démarrage en végétation des prairies de plus en plus précoce au printemps. Si l'on prend l'exemple de l'Ille-et-Villaine, dans la mesure où les calculs sur la pluviométrie démontrent qu'il n'y aura pas plus d'épisodes de fortes précipitations autour de la date théorique de mise à l'herbe, et donc potentiellement de bonnes conditions de portance, la mise à l'herbe pourrait être anticipée certaines années sur cette zone.

En été, en revanche, le ralentissement de la croissance de l'herbe serait plus précoce et plus marqué dans le futur, conduisant à la formation ou à l'amplification (selon la zone) d'un creux de production sur la période estivale.

Enfin, une reprise de la pousse plus tardive à l'automne et au début d'hiver s'accentuerait assez souvent dans le futur (comme c'est le cas pour l'Ille-et-Vilaine), amenant un rebond de disponibilité d'herbe à valoriser lorsque les conditions climatiques (portance) le permettent.

Au global, la quantité d'herbe disponible sur l'année serait en légère augmentation dans le futur, en grande partie du fait de la pousse de printemps plus abondante (voir l'exemple de l'Ille-et-Vilaine dans la figure ci-dessous).

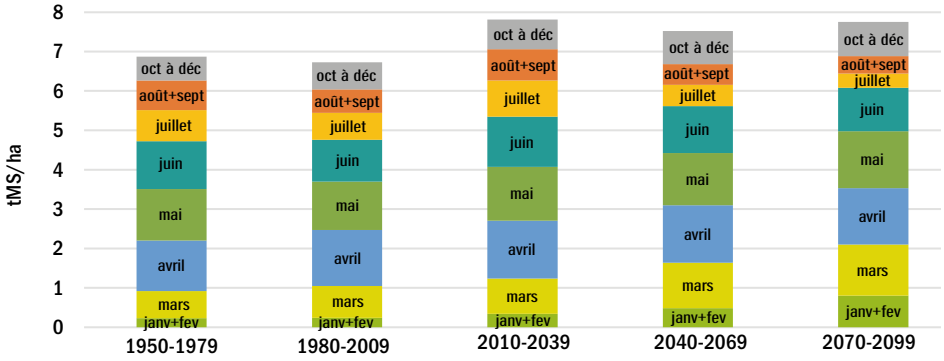


Figure 11 – Évolution du cumul d'herbe disponible par mois selon la période simulée pour l'étude Climalait réalisée en Ille-et-Vilaine (selon le modèle Aladin dans le cadre du scénario RCP 8.5 du GIEC).

Source : programme Climalait.

Il est à noter toutefois que la variabilité de la production d'une année à l'autre (et même à l'échelle de chaque saison) resterait forte dans le futur, voire aurait tendance à s'accentuer.

Étude de l'impact du changement climatique sur la culture de la luzerne

Selon les simulations réalisées, l'évolution des conditions de printemps permettrait un démarrage en végétation plus précoce et une avancée des dates de coupes. Par exemple, pour l'Ille-et-Vilaine, la première coupe interviendrait 10 jours plus tôt en moyenne sur la période 2010-2039 que par le passé, et ce phénomène s'accentuerait encore au fil du siècle (voir la figure ci-dessous).

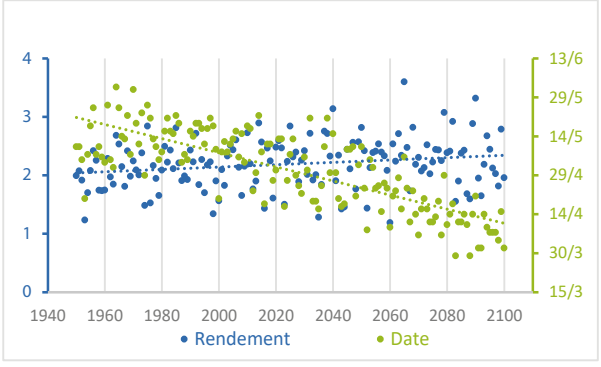


Figure 12 – Évolution des dates et des rendements de la première coupe de luzerne, en moyenne sur les deux sols utilisés, pour l'étude Climalait réalisée en Ille-et-Vilaine (selon le modèle Aladin dans le cadre du scénario RCP 8.5 du GIEC).

Source : programme Climalait.

Par ailleurs, l'augmentation des températures au printemps et en été permettrait d'accélérer la croissance des plantes. Réaliser une coupe supplémentaire avant la sécheresse estivale serait alors envisageable.

Différents itinéraires techniques ont été modélisés, démontrant tous des rendements cumulés assez proches mais avec des différences au niveau du temps de repousse entre deux coupes et donc de la qualité du fourrage récolté. Le temps de travail nécessaire serait lui aussi impacté.

L'ensemble des rendements moyens serait à la hausse, quel que soit le nombre de coupes visées ou réalisées (voir l'exemple de l'Ille-et-Vilaine sur le graphe ci-dessous). En revanche, la variabilité interannuelle resterait toujours très forte dans le futur.

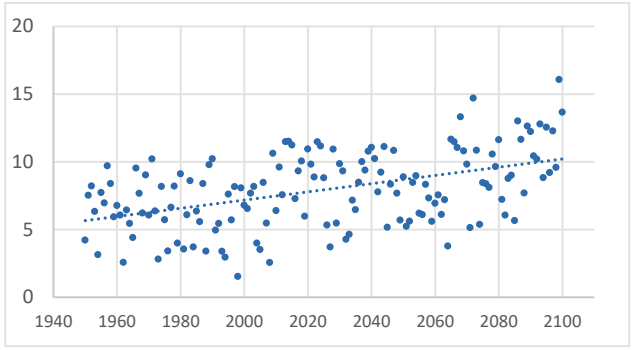


Figure 13 – Évolution des rendements cumulés moyens obtenus pour chacun des deux itinéraires techniques utilisés dans les simulations pour l'étude Climalait réalisée en Ille-et-Vilaine (selon le modèle Aladin dans le cadre du scénario RCP 8.5 du GIEC).

Source : programme Climalait.

Étude de l'impact du changement climatique sur la culture du maïs

Concernant la culture du maïs, les simulations nous indiquent que l'importante variabilité des rendements se poursuivrait dans le futur, voire aurait tendance à augmenter sur certaines zones.

D'autre part, il ressort que l'avancée des dates des stades de cultures serait nette, avec des dates de récolte et surtout de floraison plus précoces (voir la figure ci-dessous avec l'exemple de l'Ille-et-Vilaine).

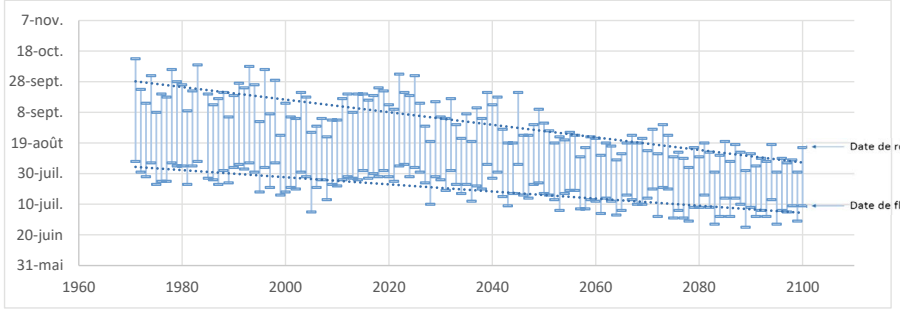


Figure 14 – Évolution de l'intervalle floraison-récolte pour une variété précoce de maïs semée le 25/04, pour l'étude Climalait réalisée en Ille-et-Vilaine (selon le modèle Aladin dans le cadre du scénario RCP 8.5 du GIEC).

Source : programme Climalait.

Des variétés plus tardives de maïs pourraient être semées sans risque à conditions que les ressources en eau soient suffisantes.

Dans le cas de l'Ille-et-Vilaine, il ressort que l'augmentation des températures au printemps permettrait d'envisager la culture d'une dérobée (culture qui s'intercale entre deux cultures principales et qui est récoltée pour être valorisée dans l'alimentation des animaux) avec un bon rendement, toujours avec une certaine variabilité. En revanche, la variabilité du rendement du maïs qui la suit serait accrue. En fin de siècle, la dérobée produirait même parfois autant, voire plus, que le maïs qui la suit, notamment lorsque l'eau est limitée.

Rami Fourrager : identification de leviers d'actions à l'échelle du système d'élevage

Dans chaque zone d'étude, une réunion a été organisée avec un groupe composé d'éleveurs et de conseillers afin de s'intéresser aux impacts du changement climatique à l'échelle du système et des pistes de solutions mobilisables pour s'adapter.

Les échanges se sont appuyés sur le Rami Fourrager®, dont l'INRA et l'Institut de l'élevage sont copropriétaires, un jeu de plateau associé à un module informatique qui reproduit les composantes d'un système d'élevage (ressources fourragères et troupeau).

Les ressources fourragères disponibles sur la ferme étudiée sont décrites sous la forme d'un panel de « baguettes fourrages ». Celles-ci décrivent pour chaque type de fourrage et pour chaque itinéraire technique les rendements obtenus dans la région au cours d'une ou plusieurs années choisies, tout en prenant en compte les climats, les sols et les pratiques locales.

En confrontant le système d'élevage étudié à des scénarios climatiques « problématiques » (par exemple forte sécheresse estivale), les participants sont amenés à identifier des leviers pour s'adapter et retrouver une situation « convenable ».

Dans le cadre de Climalait, les travaux se décomposaient sur chaque zone selon une méthodologie précise, découpée en quatre parties (décrites ci-dessous avec l'exemple de l'Ille-et-Vilaine en illustration).

Définition du système d'élevage laitier à étudier pour la zone

Les participants commencent par définir un système d'élevage propre à chaque zone d'étude autour duquel échanger. Le système étudié peut s'inspirer d'un cas-type, d'un cas concret, ou être construit à partir de l'expérience de chacun (cas consensuel). Les participants construisent alors le cas initial à traiter (assolement, allotement et rations), à partir des baguettes fourrages élaborées en référence au climat actuel (pour l'Ille-et-Vilaine, il s'agissait par exemple de la période de référence 1971-2000).

Dans l'étude réalisée en Ille-et-Vilaine dans la cadre de Climalait, les participants ont décidé de travailler sur le cas d'une ferme disposant de 88 hectares de surface agricole utile (SAU) dont 64 hectares de surface fourragère principale et de 65 vaches laitières à 8000 kilogrammes de lait produits.

À partir des données de projections climatiques et sur les cultures obtenues aux deux étapes précédentes (voir les sous-chapitres précédents), le système étudié est ensuite confronté à des climats différents (projection de climat dans le futur, puis année avec aléas définie par le groupe comme étant particulièrement problématique). Le module informatique permet de visualiser l'impact du nouveau climat sur le système fourrager et ses répercussions en termes de déficit alimentaire.

Confrontation du système au climat du futur

Le système est ensuite projeté dans le climat du futur, souvent aux alentours de 2050 (pour l'Ille-et-Vilaine sur la période 2070-2090), en mobilisant les versions des barrettes-fourrages conçues par rapport au futur moyen. Les participants adaptent le système, à l'aide du Rami Fourrager®, afin de rééquilibrer le système fourrager dans les nouvelles conditions climatiques.

Dans le cas de l'Ille-et-Vilaine, il ressort que les stocks produits par les prairies et le maïs augmenteraient (+ 30 tMS pour les prairies de graminées, + 12 tMS pour la luzerne et + 15 tMS pour le maïs). La répartition de la pousse de l'herbe serait modifiée (voir graphe ci-dessous), avec un excédent au printemps et un déficit d'herbe en septembre pour les génisses.

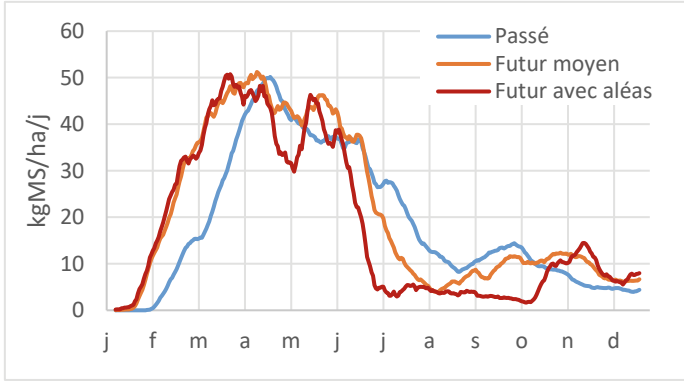


Figure 15 – Évolution de la pousse de l'herbe (en kg de MS/ha/j) dans le passé, dans le futur moyen (2070-2090) et dans le cas de l'année « avec aléas » pour l'étude Climalait réalisée en Ille-et-Vilaine (selon le modèle Aladin dans le cadre du scénario RCP 8.5 du GIEC).

Source : programme Climalait.

Face à ces évolutions, les surfaces et les rations ont été ajustées pour retrouver un équilibre. Les vaches sont mises à l'herbe plus tôt au printemps, et une partie du surplus d'herbe ensilée est utilisée pour compenser le déficit d'herbe disponible pour le pâturage des génisses en septembre.

Confrontation du système à un scénario climatique problématique

Enfin, le système (recalé sur le futur moyen) est confronté à un type d'année particulier « à problème », qui correspond souvent à un déroulement marqué par la sécheresse et/ou d'autres aléas. Dans le cas de l'étude en Ille-et-Vilaine, les participants ont choisi de s'intéresser à un climat caractérisé par une forte sécheresse au printemps et en été, qui se poursuit à l'automne, combinée à des températures élevées.

Le recalcul du système confronté à ce crash test climatique s'appuie alors sur les barrettes fourrages construites à partir des choix effectués préalablement par les éleveurs.

Dans l'étude en Ille-et-Vilaine, sans adaptation, le système devient déficitaire en maïs et en herbe conservée (- 50 tMS[1] d'ensilage de maïs, - 7 tMS d'ensilage de graminées et - 5 tMS d'ensilage de luzerne). La production d'herbe des prairies n'est pas suffisante pour couvrir les besoins des animaux au pâturage dès la mi-juin et jusqu'à fin octobre (voir courbe rouge sur le graphe ci-dessus). Le stock fourrager constitué au début du printemps va donc être consommé dans l'été.

Pour faire face à une telle année, les participants ont identifié différents leviers d'adaptation, au caractère durable ou conjoncturel :

- au niveau de la production fourragère : faire du sorgho grain ensilé à la place du maïs quand l'eau est contingentée, ensiler une partie des céréales pour reconstituer les stocks, utiliser de la paille dans la ration des génisses, cultiver du maïs à « double fin » (grain ou ensilage), implanter des légumineuses, implanter de la betterave, récolter les dérobées très tôt pour semer le maïs précocement, pratiquer le déprimage (exploitation précoce et rapide sous forme pâturée) des céréales…
- au niveau de la conduite du troupeau laitier : réduire la production les mauvaises années en anticipant les réformes…
- au niveau de l'exploitation : constituer un fort stock fourrager de sécurité, déléguer l'élevage de génisses…

Le module informatique associé au Rami Fourrager permet de visualiser « en direct » l'impact du nouveau climat sur le système fourrager et ses répercussions en termes de déficit alimentaire. Cela permet au groupe de participants de faire ressortir collectivement des leviers pour adapter le système au nouveau climat afin de retrouver un équilibre du système fourrager. Par ailleurs, cet exercice offre l'opportunité pour les participants d'échanger et de partager leurs expériences sur d'autres aspects (bâtiment, agroforesterie, gestion des stress thermiques des animaux…) que le système fourrager.

1. tMS = tonne de Masse de matière Sèche.

Des échanges ayant eu lieu sur les différentes zones, il ressort que les éleveurs laitiers se préoccupent principalement des aléas climatiques de forte ampleur (sécheresses, excès d'eau…) et des difficultés qu'ils créent, plus qu'ils ne s'inquiètent des évolutions tendancielles causées par le changement climatique.

Le changement climatique, en raison de la forte variabilité interannuelle des rendements et des aléas climatiques de forte ampleur qu'il implique, pose la question de la disponibilité des fourrages en quantité et en qualité suffisantes pour alimenter les animaux tout au long de l'année et tous les ans.

Au-delà de l'aspect fourrager, les échanges du groupe ont permis d'identifier le stress thermique des animaux comme un impact du changement climatique particulièrement préoccupant pour la production laitière.

Climalait : du projet de filière à la valorisation auprès des acteurs de la filière

Au niveau de chaque zone, l'appropriation des résultats par les acteurs a été très variable. En plus du groupe d'éleveurs, des conseillers locaux et les potentiels animateurs du groupe (par exemple animateur d'organisme de gestion d'appellations d'origine protégées laitières) étaient invités. Dans certaines zones, comme pour l'étude réalisée sur le plateau de Langres qui regroupait des éleveurs de l'AOP Époisses, les résultats ont nourri la réflexion collective de groupes. En effet, au sein de l'AOP Époisses, Climalait a participé à éclairer les éleveurs sur l'urgence de prendre en compte le changement climatique dans leurs pratiques et d'adapter leur cahier des charges de production pour le rendre compatible avec l'évolution des conditions agroclimatiques.

En parallèle de cette appropriation par les participants des groupes de travail des différentes zones d'étude, le Cniel a travaillé à la valorisation des résultats de Climalait auprès du plus grand nombre d'acteurs de la filière. Pour une large diffusion, le Cniel a pu s'appuyer sur les réseaux des trois collèges qu'il réunit, à savoir les producteurs de lait, les coopératives laitières et les industries laitières.

Les vingt fiches de synthèse issues des travaux de Climalait, correspondant aux vingt zones d'étude, sont partagées en ligne et disponibles librement sur les sites du Cniel et d'Idele notamment. Elles sont à destination des éleveurs, des conseillers et de tout acteur intéressé par les résultats et ont vocation à faciliter l'appropriation des enjeux par les acteurs du terrain.

Par ailleurs, à l'occasion du « One Planet Summit », le Cniel a organisé le 12 décembre 2017 une journée spécifique sur le sujet dans ses locaux, à la Maison du lait à Paris, à destination des acteurs de la filière. Celle-ci avait pour objectif de présenter les premiers résultats concrets pour que les éleveurs anticipent le changement climatique. Dans la continuité, le Cniel est resté à la disposition de la filière pour présenter à la demande le programme, au sein de nombreux groupes d'échange et réunions.

Le programme Climalait a été valorisé lors de nombreuses autres présentations, que ce soit par les partenaires au niveau local (notamment par des chambres d'agriculture), dans des conférences et événements nationaux (par le Cniel et Idele à Grand Angle Lait, par Idele lors des séminaires de lancement des RMT SPICEE sur la polyculture-élevage et ClimA sur l'adaptation au changement climatique), ainsi que dans la communauté scientifique (présentations par Idele au Conseil supérieur de la météo, aux journées de l'association Météo et Climat, aux journées de l'Association française pour la production fourragère).

Cette valorisation a contribué à la sensibilisation des acteurs de la filière à l'enjeu de l'adaptation au changement climatique (plus de 120 retombées presse recensées entre 2017 et 2020 mentionnant Climalait).

Au-delà de la visibilité et de la valorisation offertes par les différents partenaires du projet, Climalait est également mis en avant sur plusieurs ressources nationales relatives à la question de l'adaptation au changement climatique. En effet, Climalait est notamment recensé sur le Centre de ressources sur l'adaptation au changement climatique du ministère de la Transition écologique et sur le portail DRIAS de Météo-France, participant à la reconnaissance des travaux menés dans le cadre de ce projet.

Par la suite, le Cniel continuera à œuvrer pour l'adaptation de la production et de la filière laitière face au changement climatique, notamment en présentant et valorisant les résultats de Climalait pour la diffusion des leviers d'adaptation auprès du plus grand nombre d'acteurs.

- ***L'adaptation face au changement climatique : un enjeu toujours d'actualité pour la filière laitière***

Terminé en 2019, le programme Climalait continuera à voir ses résultats présentés et valorisés par le Cniel et les acteurs de la filière. Au-delà de cela, ce programme est également fondateur pour la suite des actions menées par l'interprofession pour œuvrer en faveur de l'adaptation de la filière face au changement climatique.

Anticiper les besoins de la filière et mener des programmes de recherche et développement

L'autre objectif de Climalait était d'identifier les questions de recherche qui se posaient pour appuyer l'adaptation de la production laitière face au changement climatique, afin d'anticiper les besoins de la filière.

Lors de la réalisation des sessions de Rami Fourrager, de nombreux éleveurs et conseillers ont partagé leurs questionnements quant aux solutions existantes pour limiter les situations de stress thermique des animaux, notamment en bâtiment. Plus largement, des questions sur l'adaptation des bâtiments et les solutions de ventilation remontent de toutes les régions, y compris dans les zones de piémont et de montagne.

Le Cniel a donc initié et financé entre 2018 et 2020 un important programme en faveur de l'adaptation des bâtiments d'élevage laitier face aux fortes chaleurs, en partenariat avec l'Institut de l'élevage, les chambres d'agriculture, le GIE Élevages de Bretagne, le BTPL, le GDS France, la FRGTV Pays de Loire, la MSA, l'ISA Lille et ADICE. Ce programme était consacré à l'acquisition de connaissances techniques pour l'amélioration du confort thermique des vaches laitières en bâtiment en période chaude et a permis :

- d'élaborer une méthode de diagnostic des conditions d'ambiance en période estivale, utilisant des indices de confort climatique (*Heat Loaded Index*) ;
- d'identifier les éléments clés pour atténuer l'impact du stress thermique ;
- de clarifier les messages sur la démarche à entreprendre pour limiter l'impact du stress thermique ;
- de donner des recommandations de mise en œuvre des solutions rafraîchissantes.

Ces travaux ont abouti à des recommandations et à un plan d'action pour l'adaptation des bâtiments[2] afin d'éviter les situations de stress thermique des vaches laitières. Les résultats et livrables issus de ces travaux ont été diffusés et valorisés, notamment lors de webinaires à l'attention de la filière organisés début 2021 (près de 400 conseillers ou éleveurs présents) et de campagnes de relations presse (plus de 70 parutions dans la presse sur les résultats des travaux).

Ces travaux se poursuivent désormais autour de deux objectifs, à savoir :

1. poursuivre et accélérer le transfert des connaissances acquises vers le terrain ;
2. poursuivre l'acquisition de données techniques et méthodes à destination de la filière sur le sujet.

Outre les programmes initiés par la filière pour l'adaptation des bâtiments, des travaux sont menés de front sur la voie génétique pour favoriser la thermotolérance des bovins laitiers. En ce sens, le Cniel finance et suit avec intérêt « CAICalor » (Caractérisation de l'Adaptation aux Impacts du stress Calorique chez les bovins[3]), programme de recherche débuté en 2020, financé par la structure APIS-GENE et porté par l'Institut de l'élevage avec ALLICE et INRAe. Le Cniel est un des actionnaires principaux d'APIS-GENE, structure fondée en 2003 qui appelle des fonds pour financer des programmes de recherche en génomique des ruminants, dont le programme CAICalor (le Work Package 1 est consacré aux vaches laitières). Ce programme est réalisé en lien avec un projet européen H2020 appelé RUMIGEN qui traite également de l'adaptation des ruminants au changement climatique et qui est porté par un consortium de 18 partenaires dont 5 français (INRAe, INRAe-Transfert, ALLICE, IDELE et VALOGENE).

2. https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10300437124921286199
3. https://idele.fr/detail-article/caicalor-etude-de-ladaptation-des-bovins-au-changement-climatique

Poursuivre le transfert de connaissances auprès des acteurs de la filière : coconstruction avec les CRIEL

Les résultats de Climalait vont continuer à être diffusés dans le futur, par exemple par le biais de programmes portés par les CRIEL, les sections régionales du Cniel qui prolongent l'action interprofessionnelle dans les régions (voir la répartition géographique des CRIEL sur la figure ci-dessous).

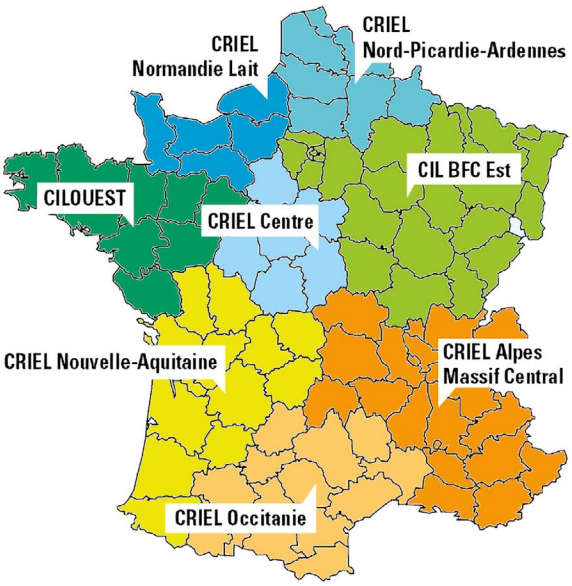


Figure 16 – Carte des CRIEL, sections régionales du Cniel.

Source : Cniel.

En effet, dans le prolongement de Climalait, le Cniel participe au financement et appuie les CRIEL volontaires pour la coconstruction de programmes sur l'adaptation des élevages laitiers au changement climatique sur leur zone. Ces programmes sont pilotés par les CRIEL. Selon les besoins et attentes identifiés par leurs acteurs (les CRIEL étant composés des collèges producteurs, coopératives et industriels), les CRIEL construisent des programmes spécifiques à leur zone.

L'objectif de ces programmes est de :

- valoriser les connaissances acquises à l'échelle nationale (résultats de Climalait, résultats des travaux sur l'adaptation des bâtiments, résultats d'autres travaux, etc.), par exemple par le biais de réunions d'information, de réunions en « bout de champs » ;
- créer des dynamiques à l'échelle des territoires pour faciliter l'échange et le partage d'expériences pour l'adaptation de la production laitière face au changement climatique ;
- appuyer la montée en compétences des acteurs de la filière de la zone sur le sujet, en s'appuyant sur les connaissances disponibles.

Construire et partager le plan d'action de la filière en lien avec les pouvoirs publics : l'opportunité du Varenne agricole de l'eau et de l'adaptation au changement climatique

Face au changement climatique et à ses impacts pour l'agriculture, la question de l'adaptation se pose pour l'ensemble des acteurs. Le 28 mai 2021, le ministère de l'agriculture et de l'alimentation et le ministère de la Transition écologique ont lancé le Varenne agricole de l'eau et de l'adaptation au changement climatique. Son objectif est d'aboutir à un plan d'action pour l'adaptation de l'agriculture française. Pour y parvenir, les ministères ont annoncé vouloir notamment s'appuyer sur les interprofessions, qui ont alors été appelées à faire remonter leur plan d'action pour l'adaptation de leur filière, de l'amont à l'aval. Le Cniel, interprofession laitière, a pu partager un plan d'action pour l'adaptation de la filière face au changement climatique, qui s'appuie fortement sur les résultats et enseignements du programme Climalait, avec des travaux thématiques sur les fourrages, les bâtiments et la génétique.

Pour aller plus loin :

Retrouvez les résultats de Climalait, programme multipartenarial initié et financé par le Cniel sur l'adaptation des élevages laitiers au changement climatique sur le site du Centre de ressources pour l'adaptation au changement climatique : https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/centre-ressources/climalait

Les liens vers les différentes fiches de synthèse par zone, les résultats des travaux du programme « Bâtiments d'élevage laitier de demain » et la présentation du programme CAICalor, sont disponibles sous la référence Cniel dans la section « Bibliographie et pour aller plus loin… »

La fabrique d'une stratégie nationale viti-vinicole d'adaptation au changement climatique

Article rédigé par l'équipe prospective de LACCAVE :
Patrick Aigrain, Benjamin Bois, Françoise Brugière, Éric Duchêne, Iñaki Garcia de Cortazar-Atauri, Jacques Gautier, Éric Giraud-Héraud, Hervé Hannin, Nathalie Ollat, Jean-Marc Touzard.

• *Introduction*

Le 26 août 2021, la filière viticole a présenté au ministre de l'agriculture et de l'alimentation sa stratégie d'adaptation au changement climatique.

Jérôme Despey, Christian Paly et Éric Paul, Bernard Angelras, présidents du Conseil spécialisé de FranceAgriMer, des comités nationaux AOP et IGP[a] de l'INAO, de l'Institut français de la vigne et du vin, ont présenté à Julien Denormandie, ministre de l'agriculture et de l'alimentation, la stratégie de la filière viticole pour son adaptation face au changement climatique.

Les travaux engagés en 2017 se sont appuyés sur le métaprogramme LACCAVE de l'INRAe, présenté par son président-directeur général Philippe Mauguin, et sur les contributions de plus de 600 acteurs de terrain représentant l'ensemble des bassins viticoles dans une démarche de « science participative ».

L'objectif est de permettre, grâce à l'innovation, de sauvegarder la valeur, la spécificité et la diversité des régions viticoles, des AOP et des IGP.

7 domaines avec 40 actions prioritaires ont été retenus :
– améliorer la connaissance des zones viticoles
– agir sur les conditions de production
– favoriser un matériel végétal adapté
– agir sur les pratiques œnologiques
– suivre les évolutions du marché et garantir la production
– renforcer la recherche, le développement, le transfert et la formation
– contribuer à l'atténuation du changement climatique.

Le ministre a salué le sens des responsabilités et la mobilisation collective des acteurs de la filière face à un enjeu majeur et insisté, comme les présidents, sur la nécessité que tous les outils disponibles (outils de la recherche fondamentale et appliquée, réglementaires et financiers) soient mobilisés dans la mise en œuvre de cette stratégie. Elle doit s'inscrire pleinement dans le cadre du Varenne agricole de l'eau et du changement climatique, lancé le 28 mai 2021.

a. Indication géographique protégée (IGP).

Dans cet article nous voulons revenir sur le cheminement qui a abouti au dépôt sur la table du ministre de l'agriculture de propositions d'actions pour adapter la filière vitivinicole au changement climatique et contribuer à son atténuation. Derrière une orientation consensuelle vers l'innovation et la définition de sept grands domaines d'action se cache en effet un long processus de construction associant scientifiques et acteurs de la filière autour d'un exercice de prospective, puis de différentes phases de concertation, d'analyse ou d'arbitrages entre échelles régionale et nationale, tenant compte des spécificités de cette filière.

La viticulture présente de fait des spécificités qui expliquent une prise de conscience et un engagement relativement précoces de ses acteurs sur les enjeux du changement climatique.

• La valeur de la production vinicole est fortement liée au territoire, avec 95 % du vignoble pouvant revendiquer une indication géographique[1]. Plante pérenne, la vigne est en place pour plusieurs décennies (les vignes plantées en 2021 seront toujours en place en 2050). Les pratiques sont codifiées depuis la plantation (autorisation de plantation, liste de variétés autorisées, modalité de plantation…), et les pratiques œnologiques, jusqu'à la présentation des vins et un étiquetage donnant obligatoirement le degré d'alcool et très souvent l'indication géographique, les cépages dont sont issus les raisins… Ainsi, les consommateurs peuvent être témoins des évolutions des conditions de production sous l'effet du changement climatique et de leurs conséquences sur les vins qu'ils boivent, comme l'augmentation du taux de sucre dans les baies et donc de l'alcool dans les vins ou le choix de variétés de vigne moins sujettes au stress hydrique.

• La vigne est particulièrement sensible au réchauffement du climat qui rend plus précoce son débourrement, sa floraison et la période de maturité des raisins. Les dates de ces stades phénologiques ont toujours varié d'une année à l'autre, pouvant faire douter à court terme de l'existence d'une tendance. Mais la viticulture est l'objet d'un enregistrement historique des dates de vendanges et plus récemment des autres stades phénologiques, et les constats sont sans appel : depuis la fin des années 80 dans l'ensemble des vignobles, les dates des vendanges ont avancé de 20 jours en moyenne en se décalant vers le milieu de l'été.

• Ces modifications de calendrier et leurs conséquences (exposition plus longue au gel de bourgeons précocement débourrés, récolte en situation de fortes températures…), les effets sur la composition des baies avec des incidences sur le goût du vin et son équilibre sucre/acidité mais aussi sur sa capacité de conservation et son aptitude au vieillissement sont autant d'expressions du changement climatique perçues par les viticulteurs et les scientifiques.

1. En incluant le vignoble cognaçais dans les vignobles susceptibles de produire des appellations d'origine protégée (AOP).

Ces spécificités ont favorisé observations et prises de conscience du changement climatique au sein de la filière et leur mise en commun aux niveaux régional et national, mais pour construire une stratégie climatique commune il a fallu la mise en œuvre d'une démarche de recherche en partenariat ciblée sur l'adaptation de la filière au changement climatique.

- *Pourquoi l'accent est-il mis sur l'adaptation ?*

L'atténuation est un axe déjà travaillé par les interprofessions et l'Institut français de la vigne et du vin (IFV)

En 2003, la filière champenoise est la première au monde à faire son bilan carbone et en 2013, elle pouvait mettre en avant une baisse de 7 % de son empreinte carbone globale et de 15 % par bouteille de champagne. Le Comité interprofessionnel des vins de Bordeaux lui emboîtait le pas en 2007 en publiant son premier bilan carbone, et affichait cinq ans plus tard une réduction de ses émissions de 9 %. En 2011, l'Institut français de la vigne et du vin publiait dans sa collection itinéraires « *Comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre : Application de la méthode Bilan Carbone® à la filière viti-vinicole* » élaboré en partenariat avec l'ADEME[2].

Ces bilans ont montré que, pour la filière vigne et vins, les principales variables d'ajustement sont les emballages, le transport des marchandises, l'énergie utilisée pour les engins agricoles et les équipements œnologiques et la conception des bâtiments.

La contribution aux émissions d'une culture qui couvre moins de 800 000 ha

Pour mémoire, l'agriculture a émis en 2019 19 % des émissions de gaz à effet de serre de la France, soit le deuxième poste d'émissions national[3]. S'agissant de la viticulture, qui représente moins de 3 % de la surface agricole métropolitaine, des efforts peuvent être réalisés au vignoble pour diminuer des fréquences de traitements élevées, générant des émissions directes de CO_2 par la consommation d'énergie fossile des tracteurs et des émissions indirectes liées à la fabrication des produits phytopharmaceutiques utilisés.

2. ADEME : Agence de la transition écologique.

3. D'après le ministère de la Transition écologique – Fiches thématiques – Les émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture : Les émissions sont composées de 38 $MtCO_2$ eq. de CH_4, de 36 $MtCO_2$ eq. de N_2O et 12 Mt de CO_2. La principale source d'émissions de CH_4 est l'élevage (fermentation entérique et déjections animales), les N2O proviennent des cultures arables (apports azotés sur les sols cultivés avec l'épandage de fertilisants minéraux et d'origine animale) et les émissions de CO2 résultent des consommations d'énergie fossile par les engins agricoles ou les bâtiments d'exploitation.

Les possibilités de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la filière viticole

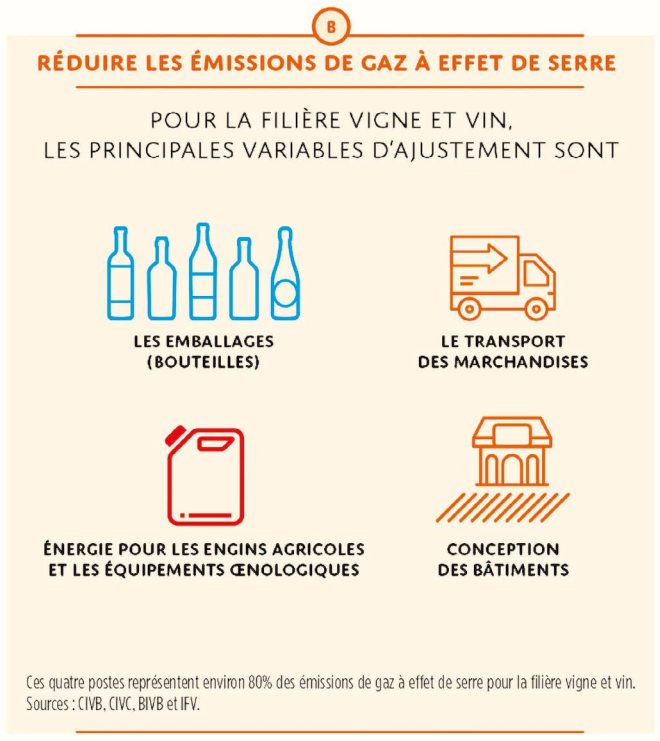


Figure 1 – La vigne, le vin et le changement climatique en France – Projet LACCAVE – Horizon 2050, 2020.

Source : Nathalie Ollat, Jean-Marc Touzard.

En parallèle à ces premières analyses et actions ciblées sur l'atténuation, les acteurs de la filière vont s'engager dans une réflexion sur l'adaptation.

- *Une stratégie coconstruite entre la recherche et les professionnels*

  La prospective pour croiser les résultats de différentes disciplines scientifiques dans l'élaboration des scénarios d'adaptation

En 2011, l'adaptation au changement climatique est retenue par l'INRA (aujourd'hui INRAe) comme un enjeu scientifique majeur pour l'agriculture et l'alimentation, justifiant le lancement du métaprogramme *Adaptation to Climate Change for Agrosystems and Forests* (ACCAF). Nathalie Ollat et Jean-Marc Touzard saisissent

cette opportunité pour proposer le projet intitulé LACCAVE[4] « *Long term impacts and adaptation to climate change for viticulture and œnology* » qui va fédérer un réseau scientifique de 24 laboratoires rattachés à l'INRAe, au CNRS, à des universités et grandes écoles, intégrant un large éventail de disciplines scientifiques, depuis la climatologie jusqu'aux sciences sociales et l'étude du comportement des consommateurs, en passant par la génétique, la physiologie, l'agronomie, l'œnologie et la pathologie. Ce réseau a travaillé à partir d'une vision systémique de l'adaptation qui doit se raisonner « à différentes échelles spatiales et temporelles en combinant des leviers techniques, mais aussi liés aux choix de localisation des vignobles, à l'organisation du secteur, aux modes de mise en valeur des vins et au corpus réglementaire »[5]. Dans un premier temps, l'écriture de scénarios prospectifs d'avenirs possibles du système vignes et vins dans un contexte multifactoriel soumis au changement climatique a été envisagé comme favorisant une démarche interdisciplinaire et collective, participant à l'animation du projet LACCAVE. L'utilisation des scénarios pour mobiliser les acteurs de la filière à des fins d'actions et de stratégie s'est formalisée par la suite en s'inspirant de l'expérience de restitutions participatives développée par la mission prospective de FranceAgriMer.

Qu'est-ce que la prospective ?

La prospective « science du monde à venir » selon Gaston Berger, apparaît comme un exercice d'écriture collective de scénarios d'avenir possibles valorisant des tendances lourdes et des signaux faibles en partant du principe que le futur à long terme n'est pas prédéterminé mais qu'il peut être en partie construit sur la base de la volonté des acteurs. Pour le prospectiviste, le futur est ouvert, objet de projet, d'intention et de volonté[a].

a. Sebillotte M., Aigrain P., Hannin H., Sebillotte C., 2003. « Prospective : Vignes et Vins. Scénarios et défis pour la recherche et les acteurs ». *Bilan et Prospectives*, Inra Éditions.

Cet exercice prospectif a été conduit par une « cellule d'animation » réunissant des chercheurs du projet LACCAVE et des spécialistes de l'INAO et de FranceAgriMer[6].

Après avoir proposé une représentation systémique du secteur vigne et vin et avoir choisi un scénario climatique médian en 2050, l'originalité de la méthode a consisté à prédéfinir quatre scénarios à partir des leviers d'adaptation identifiés dans les travaux de recherche, organisés selon deux axes principaux : un axe d'évolution de la localisation du vignoble et des entreprises et un axe d'évolution

4. Un compte rendu détaillé du projet et des infographies résumant les données les plus importantes concernant les évolutions climatiques passées et à venir ainsi que leurs principales conséquences sur la vigne et le vin peuvent être retrouvés sur le site du projet : https://www6.inra.fr/laccave

5. Nathalie Ollat *et al. À quoi pourrait ressembler la filière vigne et vin française en 2050 ? Une mobilisation concertée pour répondre à cet enjeu. – Rencontre de Clos Vougeot 2019.*

6. Aigrain P., Brugière F., Duchêne E., Garcia de Cortazar-Atauri I., Gautier J., Giraud-Héraud E., Hannin H., Ollat N., Touzard J.-M.

de l'innovation technologique. Des modifications de réglementation et d'organisation de la filière et les besoins en connaissance ont également été pris en compte en les considérant comme fortement corrélés aux deux axes précédents.

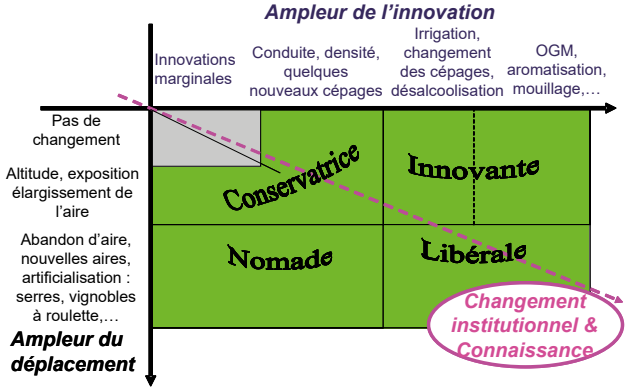


Figure 2 – Représentation des quatre scénarios d'adaptation prédéfinis.

Source : LACCAVE.
Une prospective pour le secteur vigne et vins dans le contexte du changement climatique.
Synthèse FranceAgriMer septembre 2016.

Pour construire des chemins menant à chacun de ces scénarios, un corpus d'hypothèses, sous forme de phrases simples exprimées en recto et en verso[7], a été constitué à partir des travaux des chercheurs de LACCAVE et des interviews de professionnels de plusieurs régions viticoles[8]. Mais le changement climatique n'agit pas seul sur le système vigne et vin. Différentes forces comme la préoccupation croissante pour les effets de l'alcool sur la santé de l'OMS, l'extension des échanges mondiaux à de nouveaux pays, les révisions de la PAC ou encore l'acceptabilité des OGM par les consommateurs et les producteurs s'exercent sur ce système et interfèrent avec le changement climatique. Le corpus d'hypothèses spécifiques a donc été complété par des hypothèses de contexte issues des travaux de prospectives antérieures sur la filière vigne et vin. Ensuite les liens d'influence/dépendance entre les hypothèses ont été établis pour décrire *in fine* quatre trajectoires favorisant chacune potentiellement le développement de l'un des quatre scénarios d'adaptation prédéfinis.

7. Exemple d'hypothèse : La teneur en alcool des vins devient un des attributs déterminants dans l'acte d'achat des consommateurs *versus* : Les consommateurs ne tiennent majoritairement pas compte de la teneur en alcool dans leurs actes d'achats de vin.

8. Interview réalisée dans le cadre du mémoire de fin d'études d'ingénieur de Julia Jouan.

Tableau 1 – Résumés des chemins conduisant préférentiellement aux quatre scénarios d'adaptation prédéfinis.

Conservatrice	Innovante
Face à la pression des autorités sanitaires sur les boissons contenant de l'alcool et à une gestion des terres et de l'eau donnant priorité aux cultures alimentaires, la filière, peu liée avec la recherche, perçoit le changement climatique comme une menace. La production est devenue plus aléatoire en quantité et en qualité, avec des profils aromatiques qui ont évolué, mais sans rejet des consommateurs. La viticulture s'est globalement rétractée, même si de nombreuses IGP ou AOP constituent des îlots de résistance. La valorisation du vin est restée associée à son contenu culturel et paysager.	Dans un contexte où les questions d'environnement et de santé sont plus contraignantes et où l'espace agricole est réglementé pour réserver les terres fertiles aux productions alimentaires, la recherche a été fortement sollicitée. L'introduction croissante d'innovations de la vigne à la cave a maintenu le vignoble autour de ses aires actuelles, avec des profils de vins plus diversifiés. La gouvernance de la filière s'est élargie à de nouvelles catégories d'acteurs.
Dans un contexte marqué par une politique restrictive en matière d'alcool et une recherche focalisée sur la réduction des intrants, la viticulture manque de connaissances pour se maintenir dans les mêmes aires et garantir la constance qualitative attendue par les consommateurs. Elle choisit de valoriser dans d'autres territoires la notoriété des vignobles d'appellations ou de descendre en plaine chercher de l'eau.	Dans un contexte moins réglementé et assez favorable au marché du vin, de nouveaux investisseurs, au niveau de la production et surtout du négoce, conduisent à un redéploiement de la viticulture entre des pôles irrigués, quelques terroirs de notoriété ancienne et de nouveaux vignobles bénéficiant du changement climatique. Des vins personnalisés ou de marques régionales se maintiennent, mais l'offre est surtout composée de vins technologiques contrôlés par quelques firmes qui mettent en œuvre une large panoplie d'innovations œnologiques. L'instabilité climatique, la concurrence entre vignobles, la dérégulation et la domination de l'aval finissent par fragiliser les entreprises viticoles traditionnelles qui ne peuvent bénéficier pleinement de la R&D.
Nomade	**Libérale**

En 2016, la méthode de construction et le texte des chemins vers les scénarios d'adaptation ont été publiés par FranceAgriMer[9].

La mise en débat des scénarios auprès d'acteurs de la filière se sentant d'ores et déjà concernés par le changement climatique, pour faire émerger des propositions d'actions

Lors de sept forums participatifs organisés de novembre 2016 à mars 2019, dans les principales régions viticoles françaises (Alsace, Bordeaux Charentes et Sud-Ouest, Bourgogne et Beaujolais, Champagne, Languedoc-Roussillon, allée du Rhône et Provence, Val de Loire), les quatre scénarios d'adaptation et les chemins qui y mènent ont été présentés et discutés avec plus de 500 acteurs professionnels de la filière vigne et vins dont près de 30 % issus de la production, 30 % de

9. FranceAgriMer, 2016. « Une prospective du secteur vigne et vin dans le contexte du changement climatique », *Les Synthèses de FranceAgriMer,* nº 40.

la R&D et du conseil et 30 % issus de l'administration, du négoce ou d'autres activités. Une même méthode a été suivie dans chaque région, associant quatre étapes : 1) présentation du contexte et des scénarios par les organisateurs, 2) appropriation de ces informations par les participants en discutant par groupe des enjeux et conséquences de chaque scénario, 3) vote individuel sur chacun des scénarios en choisissant parmi cinq attitudes stratégiques possibles : proactivité positive (agir dès maintenant pour favoriser l'advenue du scénario), proactivité négative (agir dès maintenant pour défavoriser l'advenue du scénario), réactivité anticipée pour s'y préparer, veille pour surveiller et voir venir ou indifférence, 4) enfin, proposition d'actions à mettre en œuvre afin de favoriser ou défavoriser ces différents scénarios.

Les résultats des votes sur les différents scénarios est convergent entre les sept régions, même si des spécificités régionales ont été notées puis analysées.

Tableau 2 – Les attitudes stratégiques choisies par les participants pour chaque stratégie *.

	Conservatrice	Innovante	Nomade	Libérale
Proactivité positive	21	73	3	5
Proactivité négative	30	3	39	59
Réactivité anticipée	30	22	29	16
Veille	16	1	27	18
Pas d'intérêt	3	1	2	2
Total	100	100	100	100

* Les chiffres du tableau sont exprimés en pourcentage des votes des participants aux sept forums.

Source : *Réflexion prospective et stratégique avec les acteurs de la vigne et du vin. Résultats des sept forums régionaux.* www6.inrae.fr/laccave

En synthèse nationale comme dans chaque vignoble, l'opinion majoritaire se porte sur l'idée d'emprunter le chemin innovant, mais avec quelles limites : « innover à tout prix » ou « innover pour rester ? » Ce chemin peut être vu comme un moyen pour maintenir une viticulture organisée et liée aux terroirs. « Innover pour rester » c'est préserver les investissements individuels et collectifs réalisés dans le territoire (patrimoine, image, autres activités, liens sociaux…) qui créent la valeur du vin…

Le vote le plus hétérogène porte sur le chemin conservateur, traduisant des perceptions variables sur la résilience des vignobles actuels, et dépend des régions (plus ou moins impactées et compétitives : Alsace et Champagne plus favorables), des catégories d'acteurs (viticulteurs plus favorables) et du niveau de satisfaction au regard de l'état actuel…

Le rejet du chemin nomade est motivé par la crainte d'un effacement des terroirs et paysages même si la typicité des vins devrait pouvoir être préservée grâce à la relocalisation des vignobles. Ce chemin vers le scénario nomade est certes rejeté mais surtout ce scénario interroge et doit être « surveillé » : de nouveaux vignobles peuvent-ils réellement se développer ailleurs ?

Le chemin libéral est plus clairement rejeté. Il est considéré comme une menace, conduisant à un bouleversement des repères et à une perte d'influence des viticulteurs, notamment sur la chaîne de valeur.

Enfin, chacun était invité à proposer des actions à mettre en œuvre afin de favoriser ou défavoriser ces chemins. Ainsi un corpus de 2 700 propositions d'actions a été collecté, structuré *a posteriori* en quatre grands domaines : la recherche et l'expérimentation, les évolutions réglementaires, le soutien aux solutions locales, la formation et la communication. L'analyse de ces contributions révèle qu'il n'existe pas de « solution unique », par exemple « tout cépage » ou « tout irrigation », concernant les innovations techniques, les évolutions des organismes institutionnels, les actions individuelles et collectives. Le rôle prépondérant de la recherche et développement (R&D) d'une part et de l'information à diffuser auprès des acteurs de la filière d'autre part est fortement mis en avant. Des options variables pour les différents modèles viticoles existent avec le maintien de leur coexistence, par exemple une viticulture en IGP très technologique et bénéficiant largement de l'irrigation, une viticulture en AOC innovante, régionale et locale avec un fort développement de l'agroécologie et de l'agriculture biologique. Des variations apparaissent selon les régions, du fait d'impacts différenciés du changement climatique, de l'orientation produit ou de l'organisation régionale. Des liens sont établis avec d'autres enjeux : l'environnement, les attentes sociétales… Certaines questions demeurent peu abordées par les participants : les liens aux consommateurs, les mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre, la gestion des risques…

Le passage de relais aux organisations professionnelles et à leurs enceintes délibératives et décisionnelles pour aboutir à un consensus

Parallèlement à l'organisation de ces débats dans les régions viticoles, le passage de relais aux responsables professionnels nationaux s'organisait. À Bento Gonçalves (Brésil), en marge du congrès de l'OIV[10] de 2016 au cours duquel ces travaux avaient fait l'objet de deux communications[11], une première rencontre entre les pilotes de la prospective et les responsables nationaux de la filière française a eu lieu et a conduit à la mise en place d'un groupe de travail national sous l'égide de FranceAgriMer et de l'INAO. Ce groupe s'est réuni six fois entre décembre 2016 et fin 2018 pour prendre connaissance du travail et contribuer à la hiérarchisation des 2 700 propositions issues des forums régionaux selon, à la fois, leur caractère urgent et leur importance. En novembre 2018, les représentants des principales organisations nationales de la filière, réunis au sein d'un « groupe de

10. Organisation internationale de la vigne et du vin, l'OIV est une organisation intergouvernementale à caractère scientifique et technique de compétence reconnue dans le domaine de la vigne, du vin, des boissons à base de vin, des raisins de table, des raisins secs et des autres produits issus de la vigne.

11. Aigrain P., Brugière F., Duchêne E., Garcia de Cortazar-Atauri I., Gautier J., Giraud-Héraud E., Hannin H., Ollat N., Touzard J-M., 2016. « Adaptation au changement climatique : intérêt d'une démarche prospective ». *BIO Web of Conferences*, https://pdfs.semanticscholar.org/fcb9/c1b55ae3e4cc884d5dd0533bf5febafdbe02.pdf Aigrain P., Brugière F., Duchêne E., Garcia De Cortazar Atauri I., Gautier J., Giraud-Heraud E., Hannin H., Ollat N., Touzard J.-M., 2016. « Travaux de prospective sur l'adaptation de la viticulture au changement climatique : quelles séries d'événements pourraient favoriser différentes stratégies d'adaptation ? », BIO Web of Conferences, https://www.sciencegate.app/document/10.1051/bioconf/20160703016

pilotage politique », ont ensuite précisé les objectifs d'une stratégie nationale : favoriser l'advenue du scénario innovant ; développer les actions à conduire pour éviter la réalisation du scénario nomade et du scénario libéral ; prendre en compte les différents votes sur le scénario conservateur ; s'appuyer pour cela sur tous les leviers disponibles : aspects réglementaires, communication et marketing, actions collectives, R&D et transfert vers les exploitations. Ces orientations ont été validées par les instances représentatives de la filière (comités nationaux AOC et IGP à l'INAO et conseil spécialisé vin à FranceAgriMer). Il était attendu que la démarche d'élaboration de la stratégie veille à la cohérence d'ensemble entre le niveau national et la prise en compte des attentes et des spécificités régionales telles qu'elles ressortent des travaux de l'exercice LACCAVE. Cette stratégie devait viser avant tout à permettre à la filière d'être plus réactive et plus efficace collectivement mais également à fournir un cadre explicatif argumenté à l'appui des différentes demandes d'évolution relatives aux aspects techniques, socio-économiques et réglementaires. Par ailleurs, elle visait à informer la Commission européenne et les autres États membres sur la stratégie française, afin de favoriser leur compréhension de la démarche et de faciliter l'évolution de la réglementation dans la future PAC. Elle devait permettre en outre une meilleure prise en compte du secteur viticole dans le plan national d'adaptation au changement climatique en cours d'élaboration par le ministère de l'agriculture [12].

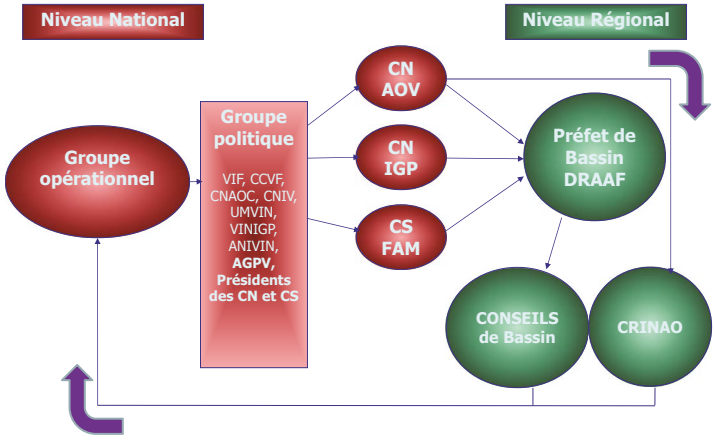


Figure 3 – Définition d'une gouvernance spécifique de la stratégie changement climatique.

Source : Jérome Despey, conseil d'orientation FranceAgriMer, 5 février 2020.

12. Comité national des appellations d'origine relatives aux vins et aux boissons alcoolisées, et des boissons spiritueuses – 15 novembre 2018.

Un projet de stratégie nationale, fondée sur une reprise synthétique des propositions d'action précédemment collectées, structurée autour de huit thèmes prioritaires pour agir, a été présenté aux structures représentatives régionales (conseils de bassins viticoles et comités régionaux de l'INAO) en fin d'année 2019. Il s'est agi de recueillir leurs réactions mais également de recenser d'autres actions envisagées ou déjà mises en œuvre en région. Il importait effectivement d'enrôler plus officiellement les organisations viticoles régionales, de prendre en compte les démarches déjà engagées ou imaginées dans les territoires et d'envisager les adaptations régionales à intégrer en priorité dans le projet de stratégie nationale, compte tenu notamment des différentes expressions géographiques du changement climatique. Les retours de cette consultation ont été analysés par les chercheurs de LACCAVE[13] qui ont pu les mettre en regard des travaux de recherche menés dans les différents laboratoires. Ces retours ont également nourri le document de stratégie finalement remis au ministre de l'agriculture par les représentants nationaux de la filière.

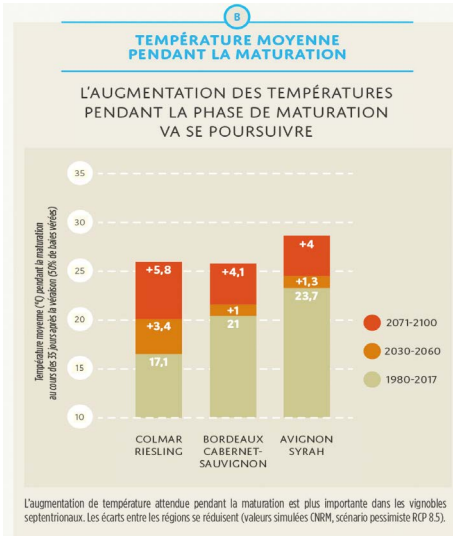
- *Une stratégie nationale qui prend ses racines dans les vignobles*

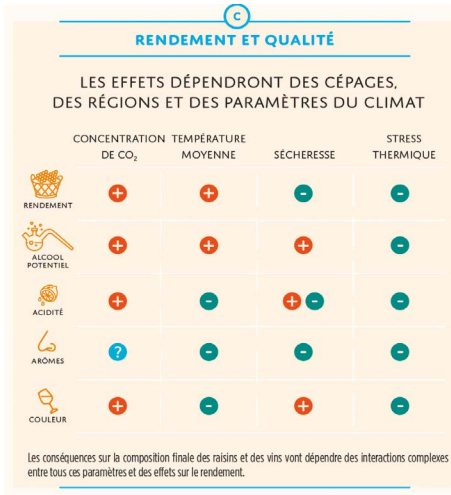
Des impacts différenciés du changement climatique sur le territoire national

L'utilisation de modèles (travaux réalisés dans le cadre des projets ANR CLIMATOR et ACCAF LACCAVE) permet de simuler les impacts du climat futur sur la vigne et le vin :

- l'avancée de la phénologie devrait se poursuivre, voire s'accélérer dans certaines régions ;
- la typicité des vins pourrait changer dans la plupart des régions du fait des nouvelles conditions climatiques durant la période de maturité ;
- la modification du régime des pluies accentuerait les périodes de forte contrainte hydrique dans certaines régions, en particulier pour la partie sud de la France ;
- la production (rendement et composition des raisins) pourrait être affectée de manière très contrastée selon les régions ;
- une possible augmentation de la pression de maladies cryptogamiques est à envisager, notamment dans les vignobles septentrionaux.

13. Aigrain P., Bois B., Brugière F., Duchêne E., Garcia de Cortazar-Atauri I., Gautier J., Hannin H., Ollat N., Touzard J.-M., « Quelles actions pour la filière vigne et vin face au changement climatique ? Sélection de propositions issues d'une démarche participative et de la consultation d'instances professionnelles viticoles », doi : 10.15454/ahd9-e468





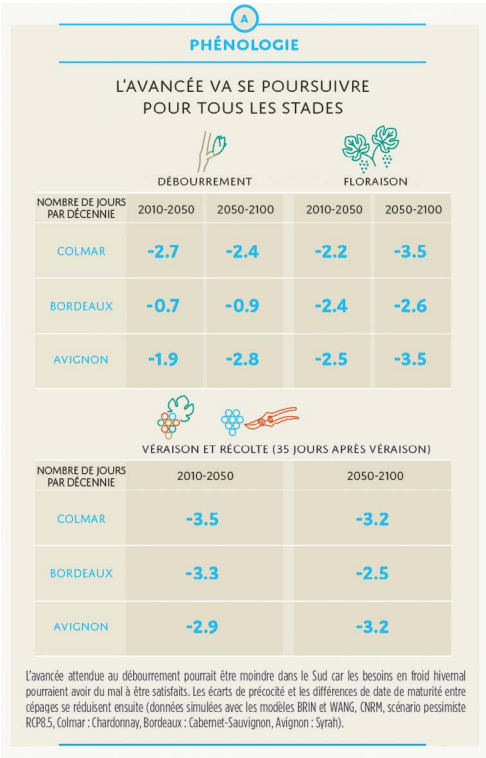
Figures 4 et 5 – Effets attendus du changement climatique sur la vigne.

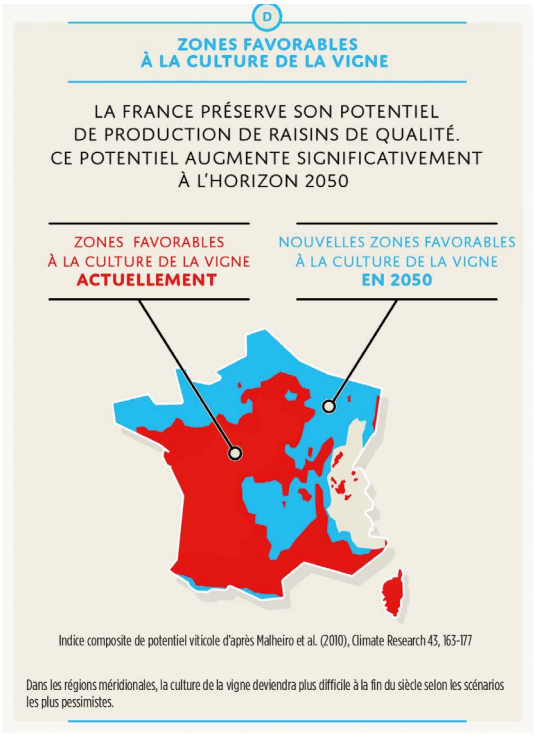
Source : Nathalie Ollat, Jean-Marc Touzard. La vigne, le vin et le changement climatique en France – Projet LACCAVE – Horizon 2050, 2020.

Pour réduire la complexité du système et de ses évolutions, la cellule d'animation de la prospective a retenu un seul scénario climatique pour 2050 et fixé certaines tendances du contexte socio-économique. Le choix s'est porté sur un scénario climatique « médian » en termes de températures à l'horizon 2050 : entre + 1,5 et + 2 °C d'augmentation de la température moyenne (par rapport à l'ère pré-industrielle). Cela correspond à une prolongation des tendances récentes, un peu amorties, associées à une augmentation globale de la fréquence d'événements climatiques extrêmes.

Les effets de ce scénario climatique sont variables selon les régions, avec grossièrement un gradient nord-sud :

- dans le nord, si maturité et productivité sont le plus souvent favorisées (au moins dans un premier temps), le problème réside soit dans l'arrivée de nouveaux bio-agresseurs, soit dans l'accroissement de virulence de bio-agresseurs connus, ce qui complexifie l'obtention d'une production assez stable quantitativement et de qualité aromatique satisfaisante ;
- dans le sud, sécheresse et manque de fraîcheur constituent les principaux handicaps, en impactant la régularité du rendement et la viabilité économique. De plus, les vins présentant un degré alcoolique élevé (naturellement obtenu combiné avec une baisse de leur acidité) se révèlent de moins en moins compatibles avec les attentes de nombreux consommateurs et des autorités de santé publique.





Figures 6 et 7 – Effets attendus du changement climatique sur la vigne.

Commentaire de la carte : à l'horizon 2050, la culture de la vigne est devenue plus difficile dans les régions méridionales du fait de la succession probable des sécheresses mais reste possible et dans le même temps elle devient envisageable dans la moitié nord et plus en altitude.

Source : Nathalie Ollat, Jean-Marc Touzard. La vigne, le vin, et le changement climatique en France – Projet LACCAVE – Horizon 2050, 2020.

Cette variabilité des effets du changement climatique à venir est déjà ressentie dans les régions et a pu s'exprimer dans les enjeux et conséquences perçus des chemins vers les scénarios d'adaptation. En effet, si tous les participants étaient convaincus de l'enjeu que représente le changement climatique, le caractère d'urgence et de menace est plus marqué dans les zones méridionales. Cela a pu conduire à une plus faible distinction entre scénarios et à une vision pessimiste quel que soit le futur envisagé. Dans une région méridionale fortement structurée autour des AOP (comme la Vallée du Rhône), le désarroi est encore plus manifeste, alors que l'exploration de solutions nouvelles est ressortie comme une opportunité pour les vignobles occitans où les modèles économiques et techniques sont plus diversifiés. En Champagne, où la filière est très organisée autour d'une AOC et d'une interprofession, est ressortie la crainte de la remise en cause de cette spécificité particulièrement performante sur le plan technique et économique. En Bourgogne et Beaujolais, c'est la tension sur le foncier qui est apparue comme la préoccupation majeure. À Bordeaux et dans le Sud-Ouest, des aspects positifs

du changement climatique ont été identifiés pour tous les scénarios et l'accent a été mis sur l'importance du négoce et l'évolution de la qualité des vins. En Alsace, l'attachement au modèle sociotechnique actuel s'est avéré marquant, avec la motivation de modifier les pratiques dans le cadre autorisé et actuel pour préserver ce modèle. En Val de Loire, le climat semble durablement propice à la vigne, ce qui pourrait conduire à l'accroissement (à contrôler) de la taille du vignoble en jouant également sur la mixité AOP/IGP pour intégrer les innovations nécessaires.

À partir des scénarios d'adaptation, des attitudes stratégiques et des propositions d'action régionalisées

Ces disparités dans la perception du changement climatique et l'anticipation de ses impacts à venir se sont traduites dans l'expression des votes des attitudes stratégiques. Dans tous les forums, peu de votes ont été exprimés pour favoriser le chemin vers le scénario nomade ou libéral ou pour défavoriser le chemin vers l'innovation. Le désir d'innovation est particulièrement marqué en Languedoc-Roussillon, Bourgogne et Bordeaux-Cognac. C'est en Alsace et en Champagne que l'on trouve le plus de votes pour emprunter le chemin conservateur, alors que la volonté d'empêcher l'option nomade y est significativement plus forte. On peut tenter une explication : en effet, les vins d'Alsace sont identifiés en grande partie par le cépage et les marques structurent fortement l'offre de Champagne. Dans ces deux régions, les producteurs peuvent plus facilement imaginer le risque du nomadisme qui consisterait à implanter ailleurs les mêmes cépages ou les mêmes marques. D'où un rejet plus fortement marqué de la stratégie nomade dans ces régions.

Enfin, si la recherche de solutions d'adaptation par la recherche et développement est plébiscitée partout, l'analyse des propositions d'actions révèle également des spécificités régionales :

En Alsace, les actions proposées sont plus en lien avec le terroir, les cépages, les caractéristiques du vin, l'environnement (agriculture biologique, bilan carbone…) et moins sur la gouvernance.

Pour **Bordeaux-Cognac,** les actions à mettre en œuvre sont davantage en lien avec les caractéristiques du vin, les consommateurs (ouverture de la gouvernance, implication des consommateurs) et les problématiques environnementales.

En **Bourgogne-Beaujolais,** plus d'actions portent sur la gouvernance (plus réactive…) et moins sur le changement technique, les cépages, l'irrigation mais avec un axe innovation collaborative.

En **Champagne,** très peu de propositions concernent des actions en lien avec terroirs, consommateurs, cépages, irrigation…

Les participants du **Languedoc-Roussillon** pensent pouvoir s'adapter à la future donne climatique avec l'accès à l'irrigation, de nouvelles variétés et des changements techniques (maîtrise de l'alcool…).

L'irrigation se retrouve dans les actions à mettre en œuvre en **Rhône-Provence** mais aussi la recherche de nouveaux terroirs. Enfin, en **Val de Loire,** les actions en lien avec l'environnement sont davantage mises en avant.

Ces résultats sont à prendre avec précaution compte tenu des différences dans la composition des assemblées de participants dans chaque forum (faible présence de l'aval de la filière partout, présence plus ou moins significative du conseil technique et de la recherche…). Mais ils illustrent des situations et lignes stratégiques cohérentes pour faire face à des problèmes identifiés.

Des majorités régionales transformées en consensus national

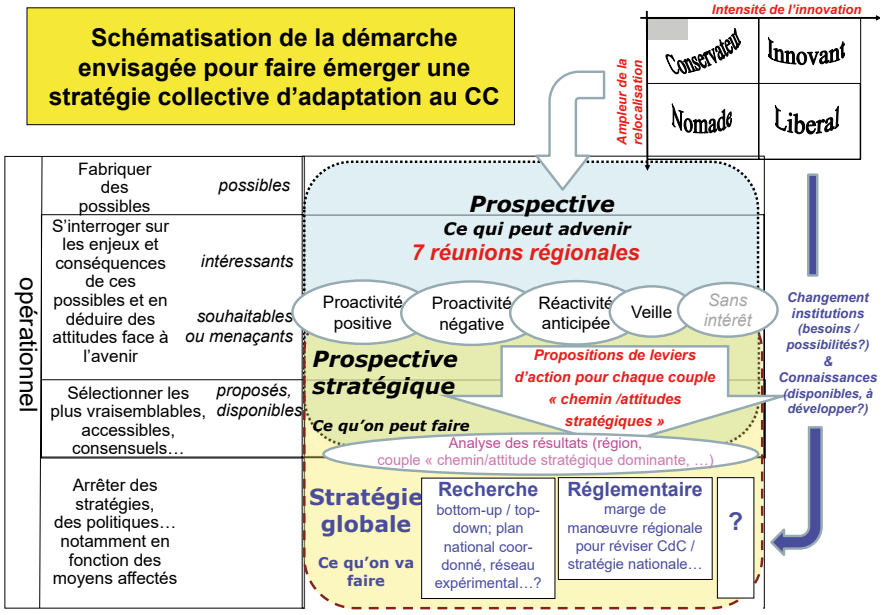


Figure 8 – Des scénarios à l'émergence d'une stratégie.

Source P. Aigrain groupe de travail FAM INAO 9 octobre 2018.

La démarche d'élaboration de la stratégie nationale de la filière viticole face au changement climatique a pris soin de favoriser l'expression locale, en recueillant l'avis des acteurs plus précocement impliqués lors des forums de mise en débat des scénarios d'adaptation, puis celui des plus engagés dans les structures institutionnelles lors des travaux menés avec les conseils de bassins et les comités régionaux de l'INAO. La diversité des impacts du changement climatique ressentis et anticipés et celle des priorités socio-économiques liées aux modes d'organisation et de valorisation des produits viti-vinicoles n'ont pas empêché l'émergence d'une orientation stratégique nettement majoritaire, « innover pour rester », accompagnée de propositions à la fois consensuelles et potentiellement opérationnelles.

- *En guise de conclusion, des avancées…*

Si la contribution de ces travaux à l'émergence d'une stratégie nationale pour la filière vigne-vin demeure un des livrables les plus remarquables, bon nombre d'autres retombées continuent de se manifester et de susciter l'intérêt, y compris de la part d'autres filières (filières des indications géographiques laitières, de la forêt…) sur les possibilités d'engager des démarches analogues.

Dans la filière vigne-vin, d'autres actions ont été engagées à des échelles plus petites comme des ateliers dans la région du Ventoux ou un « Climathon » dans un village viticole languedocien.

Au plan international, les travaux sur le changement climatique inscrits dans le plan stratégique de l'Organisation internationale du vin (OIV) ont bénéficié des contributions des membres du groupe « prospective » impliqués dans ses instances pour tenter de construire un cadre international.

En France, depuis 2012, le projet LACCAVE a créé indubitablement une dynamique scientifique nationale. La contribution de son volet « prospective » à la stratégie nationale constitue une étape-clé pour l'adaptation au changement climatique ; plus largement il représente aussi un modèle pour mieux affronter l'ensemble des défis par des innovations scientifiques, un engagement fort de la profession, une implication des autres acteurs des territoires viticoles et le soutien de politiques publiques.

- *… mais aussi quelques questions en suspens*

Pour y répondre et agir face aux enjeux induits par le changement climatique, la publication d'une stratégie viti-vinicole professionnelle, coconstruite avec l'appui de la recherche, synthétisée et arrêtée à l'échelle nationale, visant principalement à s'adapter à ces changements en « innovant pour rester », constitue une étape importante. Concrètement, « innover pour rester » signifie favoriser les évolutions techniques et réglementaires en viticulture comme en œnologie permettant, sans remettre en cause la définition OIV du vin[14], de continuer à produire des vins conservant les profils actuels (ou évoluant progressivement sans rupture organoleptique brutale pour les consommateurs), tout en demeurant dans le contexte géo-pédologique des AOP-IGP actuelles.

Il est logique, au plan économique, qu'une filière structurée à plus de 90 % autour des indications géographiques adopte au plan national une stratégie d'adaptation au changement climatique qui s'attache à préserver l'investissement patrimonial accumulé dans les aires de production existantes et reconnues et dès lors non substituables.

La mise en œuvre de la stratégie d'adaptation de la filière très majoritairement retenue va donc nécessiter, pour permettre une adaptation à des conditions locales différenciées, de vérifier que des innovations techniques et/ou réglementaires

14. Le vin est exclusivement la boisson résultant de la fermentation alcoolique complète ou partielle du raisin frais, foulé ou non, ou du moût de raisin.

permettent effectivement de « rester sur place » tout en ne remettant pas en cause la définition OIV du vin. De fait, cette contrainte vise à limiter les techniques applicables dans les exploitations viticoles, notamment les pratiques œnologiques, dans des conditions socio-économiques considérées comme majoritairement acceptables au sein de chaque AOC, évitant ainsi que soit rendu obligatoire le fait de « passer par » un transformateur distinct du producteur de raisins pour produire le vin voulu.

Ainsi, pour s'adapter à des conditions locales différenciées et donc innover de manière adaptée à ces différentes évolutions, se posera la question de quel « juge de paix » (instance de gouvernance, de contrôle, corpus réglementaire…) au niveau national évaluera les propositions variées des différentes ODGs[15] pour demeurer dans la définition OIV du vin, définition elle-même appelée à évoluer sous l'influence des autres pays membres de l'Organisation.

Par ailleurs, le changement climatique va potentiellement rendre certains territoires, qui jusque-là ne l'étaient pas, propices à la culture de la vigne pour la production de vins qualitatifs. Ainsi certains investisseurs, nouveaux dans le secteur ou cherchant à compléter leur gamme par de nouveaux produits, seront intéressés par le développement de nouveaux vignobles dans de nouveaux territoires ; et ce, même si les structures organisées de la filière viti-vinicole nationale ont collectivement rejeté sans ambiguïté la stratégie d'adaptation « nomade », tout en demeurant cependant majoritairement dans l'expectative à son égard (parts de « réactivité anticipée » et de « veille » conséquentes parmi les attitudes stratégiques des participants aux réunions régionales).

Dans le cadre d'une stratégie nomade, il n'est pas nécessaire de modifier les pratiques techniques actuelles pour produire le vin voulu, puisque le déplacement dans un nouveau territoire adapté permet de ne pas être contraint d'« innover pour rester ». Dans un contexte où une part croissante de la clientèle rechercherait des vins avec le moins possible d'utilisation d'intrants et se référant autant que faire se peut à un savoir-faire technique traditionnel, pourrait apparaître alors un paradoxe en termes de positionnement marketing : les nouveaux vins issus de nouveaux vignobles dans de nouveaux territoires revendiquant d'être des vins n'ayant pas besoin d'innovation pour produire des produits « au savoir-faire technique traditionnel », alors que les vins issus des zones viticoles traditionnelles devraient quant à eux se défendre d'une utilisation, jugée possiblement par certains comme laxiste, d'une innovation considérée comme trop technologique.

Le pari de la filière viti-vinicole nationale est que le risque de ce « front renversé » est, au moins à court terme, négligeable, ce que les coûts d'implantation d'un vignoble et de son écosystème ainsi que la durée de sa pleine production semblent conforter.

15. Un organisme de défense et de gestion (ODG) est constitué à l'initiative d'un ensemble de producteurs et/ou transformateurs assurant une même production qui s'associent au sein d'une structure pour porter la démarche de reconnaissance d'un signe de qualité, de l'élaboration du cahier des charges à la protection et la valorisation du produit. Les ODG viticoles ne sont constitués que de producteurs.

Les prospectives d'adaptation et la mobilisation des acteurs de la forêt : l'atout du RMT AFORCE

Éric Sevrin,
CNPF-IDF, coordinateur du RMT AFORCE

Remerciements à Céline Perrier,
François Clauce et Philippe Riou Nivert (CNPF),
Guy Landmann (GIP-Ecofor) pour leur relecture.

• *Introduction*

Pourquoi s'être posé la question de l'adaptation si tôt?

La question de l'impact du changement climatique sur la forêt remonte aux années 1980, avec les travaux sur les pluies acides dans l'est de la France : les chercheurs de l'INRA Champenoux (Meurthe-et-Moselle) avaient alors observé que, contrairement à ce qui était attendu, les espèces étudiées voyaient leur croissance augmenter. Ils en avaient conclu que cela pouvait être dû, entre autres, à l'augmentation de la concentration du CO_2 dans l'atmosphère. À l'inverse de cet effet positif, des dépérissements initiés par les sécheresses furent observés de façon croissante, particulièrement au cours des vingt dernières années. La productivité de certaines espèces forestières semble à présent montrer un fléchissement.

Des premières alertes furent visibles dès 1976, dans des peuplements de chêne, essence emblématique de la forêt française, en forêt de Tronçais (Allier). Les symptômes observés ont rapidement inquiété les acteurs de l'amont de la filière car la caractéristique principale de nos arbres est de pousser sur un temps long. L'anticipation est donc nécessaire pour répondre aux questions posées.

Ces observations et les informations évaluées au niveau mondial par le GIEC ont convaincu la communauté scientifique et recherche et développement qu'il fallait unir ses efforts pour apporter le plus rapidement possible des pistes d'adaptation dans cet univers d'incertitudes. La forêt englobe de nombreuses thématiques scientifiques, ce qui complexifie les solutions proposées dans le cadre d'une gestion multifonctionnelle. Les travaux de recherche et les expérimentations prennent un temps important, ce qui nécessite de s'organiser tôt pour apporter des réponses aux observations de terrain.

L'intérêt du grand public pour la forêt est plus récent mais doit être intégré. C'est une motivation supplémentaire pour adapter au mieux les forêts.

Le Réseau mixte technologique (RMT) AFORCE Adaptation des FORêts au Changement Climatique[1] existe depuis plus de 12 ans. Il est constitué des principaux partenaires de la recherche, de la recherche et développement (R&D), des gestionnaires et de l'enseignement. Ce réseau est coordonné par l'Institut pour le développement

1. Site RMT AFORCE : https://www.reseau-aforce.fr

forestier (IDF) qui est le service de R&D du Centre national de la propriété forestière (CNPF). Il fonctionne grâce à un appui financier du ministère de l'agriculture et de l'alimentation (MAA), de l'interprofession France Bois Forêt (FBF). D'autres financeurs interviennent de façon plus ponctuelle (ADEME, LABEX Arbres…).

Les forces du RMT AFORCE résident dans la mobilisation d'un grand nombre d'acteurs de la recherche et du développement pour répondre aux questions des gestionnaires et des propriétaires, qu'ils soient publics ou privés. La compétence de ses membres est un point fort et il est reconnu et écouté par les pouvoirs publics. De nombreuses réunions ou travaux en commun permettent d'échanger et de déterminer les actions à mener à court ou moyen terme et de construire des projets opérationnels, validés par les experts.

Le RMT AFORCE a contribué à mettre au point divers produits ou outils (Biljou, BioClimSol, IKS, ClimEssence…) à l'attention des gestionnaires forestiers pour faciliter l'adaptation des forêts au changement climatique.

- *Les outils prospectifs d'aide à la décision*

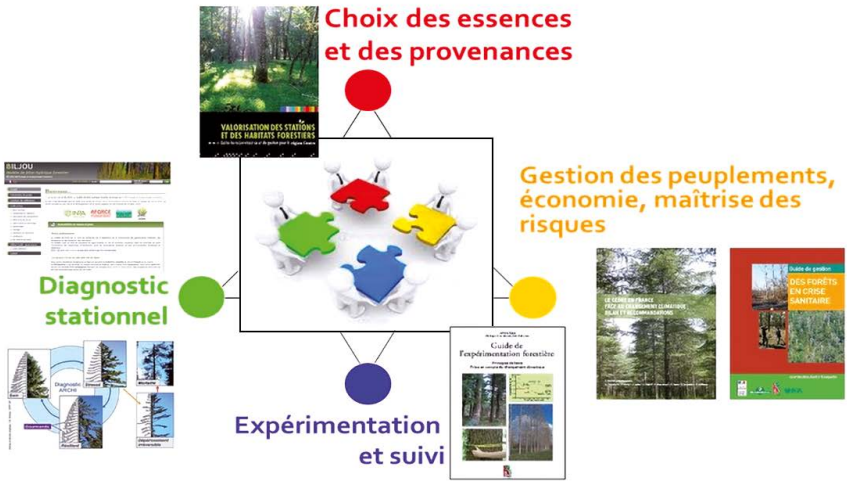


Figure 1 – Les produits phares du RMT AFORCE.

Source : RMT AFORCE.

Le choix des essences et provenances

Les premiers travaux d'AFORCE (2008-2011) ont porté sur la vitalité des forêts.

L'appréciation de la vulnérabilité des peuplements est un critère déterminant. Pour hiérarchiser les zones géographiques les plus vulnérables, nous avons croisé leur importance économique et leur sensibilité aux évolutions climatiques afin notamment

de choisir judicieusement la localisation des essais de nouvelles essences ou provenances. Ces « zones à enjeu » ont été définies avec l'aide de l'IGN.

Les méthodes de renouvellement des peuplements forestiers sont en question : faut-il régénérer naturellement ou par plantation (en introduisant, au besoin, du matériel génétique plus performant, une nouvelle essence…) en fonction des essences en place, du sol et des évolutions climatiques ? Dans tous les cas, la plantation fait partie des outils d'adaptation des forêts. Sa réussite nécessite souvent une préparation locale du sol pour lutter contre la végétation spontanée fortement concurrente pour l'eau et pour améliorer la prospection racinaire.

Des outils prospectifs pour répondre au choix des essences

Une question a fortement mobilisé les partenaires du réseau au cours de ces dernières années : quelle sera la composition en essences de nos forêts dans un futur proche et lointain ?

Deux approches complémentaires sont proposées au sein de l'outil sylvoclimatique ClimEssences[2] : des fiches espèces et des modélisations cartographiques de la compatibilité climatique des essences à l'aide du modèle IKS.

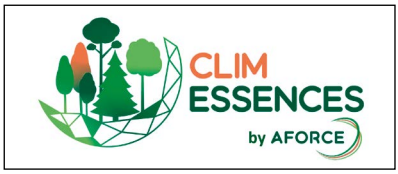


Figure 2 – Logo Climessences.

Source : https://climessences.fr

Une liste de 150 essences (enrichie en permanence) est proposée. Chacune est décrite par son aire d'origine et 37 critères couvrant les facteurs limitants climatiques et édaphiques, la diversité génétique, la croissance, les services écosystémiques (effet sur la qualité de l'eau, biodiversité…), la disponibilité des graines et plants, la gestion, la vulnérabilité aux risques biotiques et abiotiques.

Le modèle IKS[3], développé par l'ONF dans le cadre des projets[4] IKSMAP1 et IKSMAP2, décrit le climat à l'aide de trois facteurs limitants : le manque d'eau, l'excès de froid et le manque de chaleur. Il utilise des données météorologiques à l'échelle européenne afin d'avoir une vision d'ensemble de l'aire de répartition de l'essence étudiée et les modèles climatiques de la base de données climatique CHELSA. Deux scénarios climatiques du GIEC ont été retenus (RCP 4.5 – rester sous les 2 °C en 2100 – et 8.5 – scénario tendanciel) à deux horizons temporels (2050 et 2070). Les cartes produites pour chacune des essences étudiées permettent un diagnostic de sa présence actuelle et future.

2. https://climessences.fr
3. https://climessences.fr/modele-iks/presentation/presentation-du-modele-iks
4. https://www.reseau-aforce.fr/n/iksmaps/n:3407

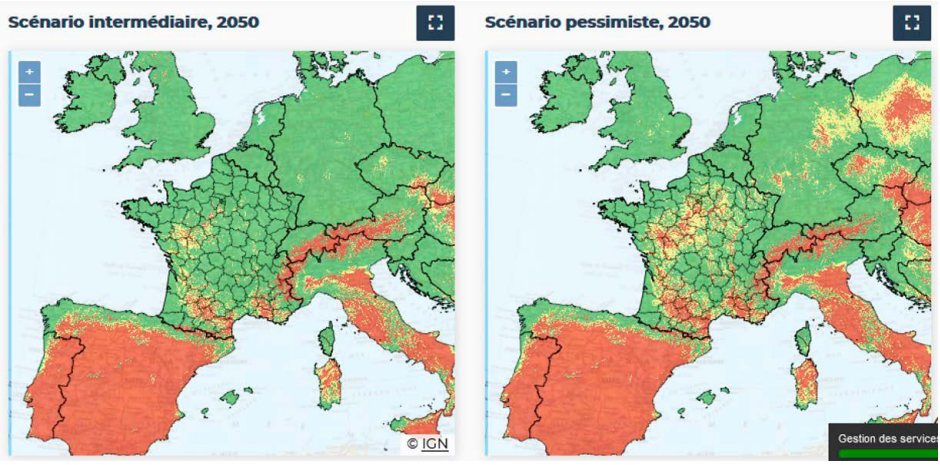


Figure 3 – Évolution de l'aire de répartition du chêne pédonculé à l'horizon 2050.

Source : RMT AFORCE.

Le réseau AFORCE a ensuite concentré ses efforts sur le test des essences à planter dans le cadre du réseau multipartenaire Esperense, même si planter pour récolter dans 40 à 150 ans peut paraître une gageure dans un climat incertain. Des protocoles communs, portant sur le test de nouvelles essences ou provenances, ont été établis afin de traiter les résultats à partir de l'ensemble des dispositifs installés et une organisation pour la fourniture du matériel végétal a été mise au point.

La gestion de l'eau dans la sylviculture des peuplements existants

Pendant la seconde programmation (2012-2017) du RMT AFORCE, un groupe de travail réunissant scientifiques et développeurs a fait le point sur les principales questions concernant la gestion de l'eau dans les peuplements pour répondre aux interrogations des gestionnaires mais aussi pour poser des questions de recherche (voir le guide Bilan hydrique plus loin).

L'eau est indispensable à la vie et à la bonne santé de nos forêts qui est impactée par les fortes sécheresses printanières ou estivales. Mieux qualifier le réservoir en eau des sols accessibles aux arbres, mesurer le bilan hydrique des peuplements par un indice simple doivent permettre de proposer des solutions de sylviculture économe en eau.

Parmi les projets d'AFORCE en lien avec ce sujet extrêmement important pour l'adaptation des forêts, on peut citer en premier lieu l'amélioration de l'outil BILJOU d'INRAe qui permet de proposer un calcul du bilan hydrique à l'échelle du peuplement et de former des utilisateurs pour intégrer le fonctionnement hydrique des peuplements dans les raisonnements sylvicoles. Le second outil, BioClimSol, développé par le CNPF, diagnostique la vulnérabilité d'un peuplement au regard du risque de dépérissement dans un contexte de climat présent

(données Météo-France) ou futur (+ 1 °C ou + 2 °C). Il combine le tempérament de l'essence, les données climatiques, les facteurs aggravants du sol, la topographie et la disponibilité en eau. Disponible sous trois formats d'usage, une version de recherche, une version cartographique (QGIS) et une application sous Android appelée FORECCAsT by BioClimSol, il propose :

- un indice de risque de dépérissement ;
- un choix d'essences envisageables dans son module boisement ;
- des recommandations sylvicoles de gestion ;
- des cartes de vigilance climatique par essence.

Les guides publiés

Comment réagir face aux crises sanitaires en forêt ?

L'adaptation doit permettre de limiter les crises mais il est clair que tous les risques ne pourront être évités : parasites invasifs venant de l'étranger, pullulations des scolytes tels que nous sommes en train de le vivre dans toute l'Europe centrale, maladie de l'encre des châtaigniers… Il nous faut donc mettre en place des moyens d'alerte efficaces, en y associant tous les acteurs de la filière. Les acquis des crises récentes en forêt ont été rassemblés au sein d'un ouvrage « Guide de gestion des forêts en crise sanitaire » dès 2010. Ce guide définit ce qu'est une crise et son déroulement, traite des aspects techniques mais aussi organisationnels ou humains. Il rappelle l'importance du réseau de surveillance des forêts coordonné par le Département santé des forêts (DSF) du ministère de l'agriculture, qui s'appuie sur un réseau de personnels de terrain qui repère et alerte en cas de problème. Le guide s'appuie sur des exemples concrets, analyse ce qui a fonctionné et ce qui peut être amélioré. Il vient d'être réédité en 2021 en y intégrant de nouveaux risques (chalarose, nématode du pin…).



Figure 4 – Pessière touchée par une épidémie de scolytes.

© Sylvain Gaudin, CNPF.

Le bilan hydrique des peuplements forestiers

Un guide « Le bilan hydrique des peuplements forestiers » présente les résultats des travaux de recherche (utilisation de l'outil Biljou, les facteurs de variation de l'indice foliaire, bilan hydrique d'un peuplement mélangé, d'un peuplement irrégulier…) et fait le point sur les connaissances actuelles pour permettre aux gestionnaires d'orienter au mieux leurs modes de gestion par rapport à ces questions : comment faire varier l'indice foliaire d'un peuplement régulier ? Quel est l'effet de l'intensité des éclaircies sur le bilan hydrique des peuplements réguliers ?

C'est une réponse importante apportée aux attentes des gestionnaires et des propriétaires qui se demandent comment gérer les peuplements dans un contexte nouveau.

Comment mettre en place des expérimentations en contexte de changement climatique ?

Les expérimentations en forêt sont particulièrement délicates du fait du long terme de la croissance des arbres. Les échecs enregistrés sont nombreux, liés à un manque de précautions lors de l'installation ou à un manque de suivi. La relance des essais notamment pour tester les essences et provenances face aux évolutions climatiques nécessitait d'en repréciser les principes. Ce fut fait par un groupe d'experts au travers du « guide de l'expérimentation forestière ».

- ***Les outils financiers utilisés pour la mise en œuvre de la dernière période (2020-2025)***

Aujourd'hui, tout en valorisant le travail déjà réalisé sur les premiers outils d'aide à la décision, il faut poursuivre les efforts de réflexion sur la forêt de demain.

France Relance

Le rapport de la députée Anne-Laure Cattelot a insisté sur l'effort de plantation sans précédent à réaliser au cours des 30 prochaines années et qui doit s'anticiper en préparant les plants du futur. Le MAA a saisi l'occasion du plan de relance 2020 pour permettre aux propriétaires forestiers privés et publics de planter : une somme de 150 M€ a été débloquée à cet effet sur deux ans. Les protocoles développés dans le cadre du projet Esperense peuvent être déployés par les propriétaires et les gestionnaires, en lien avec un organisme de recherche et développement.

Le RMT AFORCE a également produit à cette occasion une note de recommandations signée par l'ensemble de ses membres permettant de rappeler les avancées réalisées dans le cadre de l'adaptation des forêts face au changement climatique. Elle rappelle les bonnes pratiques à mettre en œuvre et les outils disponibles.

Les ressources génétiques sont un point central de l'adaptation. Plusieurs hypothèses sont envisagées : pour certains experts, les arbres ont un potentiel génétique important et vont s'adapter alors que pour d'autres le changement climatique est trop rapide par rapport au potentiel de migration des essences et aux délais nécessités par la sélection naturelle, il faut donc aider la forêt à s'adapter. Le RMT AFORCE vise à faciliter la mise en œuvre des recommandations issues de ses outils de prospective en mettant en place des essais avec de nouvelles essences

ou provenances (programme Esperense). Mais cela ne suffit pas, il faut également pouvoir fournir les pépiniéristes en plants et en graines pour répondre à la demande future. Après des années qui voyaient la vente de plants (hors pin maritime) s'effondrer, l'appui massif apporté par France relance aux plantations risque d'entraîner des problèmes d'approvisionnement. Certains membres du RMT AFORCE ont engagé des efforts pour repérer les sources de graines intéressantes en France ou à l'étranger. Une politique sur le long terme permettra de lisser la demande dans le temps.

Life Artisan

La forêt est prise en compte dans le projet « Life intégré Artisan », traitant de l'adaptation au changement climatique en France s'appuyant sur des solutions fondées sur la nature. Il s'agit de :

- mobiliser et sensibiliser les acteurs du monde forestier dans les territoires les plus vulnérables au changement climatique ;
- renforcer les capacités des parties prenantes en partageant les méthodes et les outils et en les appliquant avec une perspective de trajectoire d'adaptation à court, moyen et long terme ; l'objectif est de faciliter la transition vers des systèmes durables et adaptés, en démontrant la cohérence des stratégies nationales d'adaptation, la bioéconomie et la biodiversité ;
- produire un retour d'expérience technique, organisationnel et financier utile au niveau national.

Pour la bioéconomie, l'adaptation au changement climatique à l'aide de solutions fondées sur la nature présente plusieurs avantages connexes :

- produire des matériaux et de l'énergie ;
- préserver la biodiversité ;
- améliorer les possibilités d'emploi et créer des actifs dans les industries ;
- lutter contre le changement climatique, en augmentant le piégeage du carbone dans les sols et la biomasse et en promouvant les produits à faible empreinte carbone.

L'approche s'appuiera sur l'expertise et les outils développés par le CNPF et les partenaires du RMT AFORCE. Ces derniers se situent à deux niveaux :

- le diagnostic, avec l'utilisation des outils d'aide à la décision mis au point (Biljou, BioClimSol, Climessences…) à partir des zones à enjeux définis dans Esperense[5] ;
- la mise au point de scénarios d'adaptation qui seront proposés aux acteurs locaux des forêts concernées.

L'animation sera assurée en association avec les membres des réseaux locaux existants et avec l'appui méthodologique de FranceAgriMer sur trois sites choisis dans des zones à enjeux, la Déodatie (88), la forêt de Chantilly (60) et la communauté de communes du bassin d'Aubenas (07).

5. https://www.reseau-aforce.fr/n/esperense/n:3657

Des ateliers et des discussions seront organisés dans les régions sélectionnées avec un groupe de participants composé de représentants des parties prenantes. Leur objectif est de construire des stratégies d'adaptation à la lueur des diagnostics locaux et des scénarios proposés.

- *La difficile appropriation des travaux prospectifs par les acteurs du terrain*

Tous ces points ne peuvent se mettre en place que progressivement et doivent s'appuyer sur une bonne connaissance de l'état d'esprit des acteurs de terrain qui mettront en œuvre les actions d'adaptation. Leur vision du changement climatique, les pièces du puzzle qui leur manquent et qu'ils attendent pour agir doivent être pris en compte dès le départ. Lever les freins et l'anxiété face aux à-coups qui affaiblissent les arbres, apporter une information au plus près de leurs préoccupations, tels sont les enjeux de demain. L'avis des acteurs de terrain a été recueilli avec le projet sur la « prise en compte des Mesures d'Adaptation au Changement Climatique par les Forestiers » (MACCLIF piloté par le GIP ECOFOR, 2016). Cette étude a confirmé la sensibilisation des gestionnaires forestiers (coopératives, experts indépendants, techniciens), des agents de l'Office national des forêts (ONF) et du Centre national de la propriété forestière (CNPF) au changement climatique : 93% d'entre eux voient le climat changer et 89% pensent que les impacts seront importants sur la forêt. 78% ont déjà modifié leurs pratiques de gestion… L'évolution est notable car les enquêtes précédentes auprès des propriétaires révélaient qu'un nombre important d'entre eux étaient réservés sur l'évolution du climat. Cette nouvelle enquête a également permis de relever les principaux freins sur lesquels il est nécessaire de travailler : attente de l'arrivée d'outils de diagnostic, manque d'informations ou informations contradictoires, moyens financiers insuffisants, incertitudes sur le climat futur…

Le temps passé pour convaincre est donc révolu et l'étude a conforté l'attente sur les travaux menés par le RMT AFORCE, par exemple sur la meilleure connaissance des essences, de leurs potentialités en fonction du sol et du climat actuel et de son évolution. La programmation actuelle (2020-2025) en a tiré les conclusions et a ainsi évolué pour aller vers une phase de diffusion des connaissances plus importante. Celle-ci ne doit pas se faire uniquement par des événements nationaux ou sur le site du RMT, puisque cette étude montre que les travaux effectués ne sont pas toujours connus des professionnels, mais en se situant au plus près des territoires. D'autres partenaires, impliqués dans les travaux et réflexions du réseau, sont également visés tels que les pépiniéristes, les exploitants forestiers, ou encore les propriétaires… Cela nécessite de diffuser les résultats de nos travaux au niveau régional.

Si le RMT AFORCE s'adressait jusqu'alors aux agents des services de R&D pour qu'ils rendent accessible aux décideurs de terrain la matière apportée par les scientifiques, il a maintenant pour objectif une diffusion renforcée des acquis vers les conseillers forestiers, le monde de l'enseignement et les services de l'État.

Le réseau souhaite accélérer la mise à disposition de résultats de recherche et veut encourager leur transfert. Il fait valider par l'ensemble de ses membres l'élaboration de stratégies d'adaptation issues des éléments scientifiques et techniques mis à sa disposition. Tout cela passe par :

- la vie du réseau avec une animation renforcée depuis fin 2020, l'ouverture récente à de nouveaux partenaires (coopératives et experts forestiers), des rencontres… ;
- des appels à projets pour valoriser et conforter les connaissances, réaliser des synthèses et apporter des briques qui permettent de raisonner la décision ; six ont été réalisés, un septième sera lancé en 2022 ;
- des manifestations d'envergure : sept colloques ont déjà été organisés, ainsi que des ateliers thématiques à l'échelle nationale ou régionale pour favoriser les échanges ;
- la production de formations et d'informations (lettre interne, notes thématiques, ouvrages, site www.reseau-aforce.fr) pour communiquer en interne et auprès des pouvoirs publics et des propriétaires forestiers.

Conclusion

Le réseau RMT AFORCE est de plus en plus fréquemment sollicité et il lui est difficile de répondre à toutes les demandes. L'analyse des résultats des projets financés au sein du réseau et leur diffusion sur son site s'affine peu à peu. L'arrivée des gestionnaires au sein du RMT AFORCE devrait rendre le réseau plus visible auprès des personnes qui accompagnent les propriétaires forestiers privés. De nouvelles approches (économie, social…) doivent être abordées et un effort doit être entrepris dans le domaine de la formation.

Le RMT AFORCE a déjà mis en place de nombreux outils, tels que les outils de prospective décrits plus haut, pour répondre aux attentes des forestiers de terrain. Des résultats sont déjà utilisables et doivent maintenant être plus largement diffusés, notamment au niveau des régions. Ils doivent permettre d'accompagner les gestionnaires et les propriétaires dans les nécessaires prises de décision pour préparer les forêts futures. Cette action doit être raisonnée : les outils mis à disposition sont perfectibles mais apportent des réponses qui doivent être confrontées à l'expérience de l'utilisateur. Ce sont aussi des outils à faire connaître dans les enseignements scolaires pour que le forestier de demain soit au plus près de la réalité.

De nouvelles pièces du puzzle sont en cours d'élaboration dans de nouveaux domaines. L'adaptation des forêts face au changement climatique est bien lancée. C'est un défi important qui nécessite une mobilisation de l'ensemble des partenaires du réseau.

La période actuelle de programmation du RMT AFORCE, labellisé en 2020 pour une durée de cinq ans, marque une volonté d'accompagner de manière plus forte des décideurs, conscients de la nécessité d'agir mais souvent démunis ; de croiser les échelles européenne, nationale et régionale ; d'être plus présent autour de sujets à enjeux forts et insuffisamment pris en compte dans le réseau : carbone, biodiversité-résilience, travail-sécurité, consensus social-contrats citoyens.

Enjeux socio-économiques et prospectives d'adaptation de l'immobilier

Sakina Pen Point,
Observatoire de l'immobilier durable (OID)
avec l'appui de Joséphine Brune et Henri Chapoutier,
Immobilière Caisse des dépôts (ICADE), et Thierry Laquitaine, AEW

Introduction

Le changement climatique est l'un des plus grands défis auxquels doivent faire face les acteurs de l'immobilier. Afin d'atteindre la neutralité carbone, le secteur devra donc effectuer une transition présentant des risques économiques, dits de transition, pour le secteur.

En parallèle, le secteur doit, et devra encore davantage dans le futur, également faire face aux risques physiques liés au dérèglement climatique : stress thermique, tempêtes et vents violents, inondations, submersions marines et érosions côtières, mouvements de terrains, sécheresses et feux de forêts. Ces événements climatiques aigus ou chroniques, engendrent, de manière croissante, des pertes de confort voire des destructions qui sont à l'origine de perte de valeur des biens immobiliers.

Le secteur de l'immobilier a la possibilité de recourir à des solutions pour lier réduction d'émissions de gaz à effet de serre et amoindrissement de sa vulnérabilité face au changement climatique. Les investissements socio-économiques à réaliser pour atteindre cet objectif commun liant adaptation et atténuation sont à l'étude afin d'en tirer des apprentissages concernant les leviers à activer.

Les études prospectives sur les coûts des mesures à mettre en place face au changement climatique sont formelles : le coût de l'inaction est toujours supérieur au coût de l'action. Cependant, les études prospectives comparant les investissements qui répondent aux objectifs communs d'atténuation et d'adaptation et ceux qui ne répondent qu'à un seul des deux objectifs sont inexistantes, ou peu mises en avant dans le secteur. L'étude des investissements socio-économiques à réaliser pour atteindre cet objectif commun liant adaptation et atténuation pourrait mettre en avant les actions à entreprendre dans le cadre de la réhabilitation, au détriment de celles entreprises dans le cadre de la construction. Ces études pourraient ainsi permettre de mettre l'accent sur le développement du marché de la réhabilitation.

L'Observatoire de l'immobilier durable sur la base des besoins identifiés en concertation avec les acteurs de l'immobilier, a mis en place des outils et identifiés des leviers. La première partie de cet article permet de comprendre l'état du secteur et de l'accompagnement de l'Observatoire de l'immobilier durable (OID) vers une adaptation au changement climatique. En seconde partie, deux cas d'études sur les démarches des acteurs économiques permettront de conclure sur les besoins d'outils pour l'adaptation des acteurs de l'immobilier.

- *Travaux de l'OID*

Les leviers de l'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'immobilier

Des étapes pour une stratégie d'adaptation complète

Pour un acteur de l'immobilier, les étapes d'intégration des risques physiques et de développement d'une stratégie d'adaptation sont les suivantes :

En amont, une analyse prospective est essentielle : elle permet de réfléchir, définir et communiquer aux parties prenantes les raisons pour lesquelles la stratégie est initiée. Cette étape de cadrage et définition des enjeux est primordiale, car elle va orienter le reste de la stratégie par la suite selon la perception et représentation du problème parmi les acteurs impliqués. Une première phase de sensibilisation en interne peut permettre d'informer les parties prenantes de l'initiation de la démarche.

À la suite de cela, une phase de réflexion doit aboutir à la définition du périmètre sur lequel la stratégie d'adaptation doit être appliquée. Il peut s'agir d'un périmètre de travail, variant de quelques actifs ou projets pilotes à l'intégralité de l'activité, et/ou d'un périmètre d'action, selon les choix politiques effectués préalablement (exemple : aléas prioritaires aux yeux des décisionnaires, ampleur des finances à engager, etc.). Pour ce faire, consulter les parties prenantes et notamment les équipes techniques en charge de la gestion des actifs pour d'ores et déjà les impliquer dans la démarche peut être une solution.

Vient ensuite l'étape de diagnostic, composée de deux étapes : l'analyse de risque et le diagnostic de maturité. L'analyse de risque est une évaluation globale du parc qui permet l'identification des menaces. Elle se base d'abord sur une cartographie des risques climatiques, puis sur une analyse des sensibilités des bâtiments. Ces résultats seront croisés pour obtenir une analyse de vulnérabilité globale. Pour cette étape, il est possible de s'appuyer sur un bureau d'étude spécialisé, qui devra effectuer une analyse sur le périmètre défini.

Lors de ce diagnostic, il est indispensable de tenir compte de l'ensemble des éléments susceptibles d'affecter la résilience des bâtiments : leurs caractéristiques intrinsèques, mais aussi la criticité de leurs activités, la vulnérabilité des réseaux desquels dépend le bâtiment, les caractéristiques territoriales, etc. La collecte des données pour alimenter le diagnostic de vulnérabilité peut constituer un défi important, ce pour quoi cette étape ne doit pas être négligée.

Armé de cette analyse de risque, vient ensuite l'étape de l'analyse de la maturité, en termes de degré d'adaptation, du parc immobilier. Il s'agit d'identifier les bâtiments pour lesquels une marge de progression est encore possible. En effet, pour deux bâtiments à niveaux de vulnérabilité équivalente, il sera plus efficace, techniquement et financièrement, d'orienter les actions vers le bâtiment qui possède une marge de progression plus importante.

Une fois qu'une liste des actifs à adapter en priorité a pu être dressée, il faut veiller à effectuer des audits sur les bâtiments pour vérifier la validité des données qui ont alimenté le diagnostic de risque, ainsi que les informations récoltées sur les caractéristiques. Il arrive qu'une solution qui paraît adéquate à première vue ne puisse être mise en place ou n'en vaille pas la peine, du fait de contraintes techniques non répertoriées au moment de la collecte des données. Les actions envisagées pourront aussi l'être en fonction des plans d'investissements déjà prévus, afin de réaliser une feuille de route cohérente avec les autres travaux à réaliser.

C'est sur la base de ces diagnostics qu'il convient ensuite de commencer à élaborer un plan d'adaptation qui répondra réellement aux enjeux des actifs observés. Les résultats vont en effet permettre de prioriser les actions adaptatives à réaliser dans le cadre d'une stratégie multirisques, c'est-à-dire en s'appuyant sur des actions qui peuvent remédier à plusieurs aléas en même temps. Pour cette étape de priorisation, les acteurs de l'immobilier s'appuient sur des analyses économiques ou des analyses multicritères qui permettront de tenir compte des contraintes financières, humaines ou physiques. Une étape de vérification d'absence de mal-adaptation ou de boucles de rétroaction négatives est essentielle afin d'éviter les dommages collatéraux, ou les mesures en opposition avec l'atténuation du changement climatique.

Le plan d'adaptation et la stratégie de transformation se dessinent, appuyés sur des actions d'adaptation déterminées. Dès lors, pour assurer le succès de la stratégie, comme pour tout projet, il est indispensable d'assurer un suivi régulier, à l'aide d'indicateurs définis, et de former et apporter un soutien aux équipes opérationnelles qui gèrent la mise en place des actions. Ainsi, l'évolution des températures à l'intérieur d'un bâtiment pour la mise en place d'une solution de rafraîchissement passif, ou bien le débit de fuite d'eaux pluviales à l'exutoire de la parcelle peuvent permettre de suivre la contribution de l'action à la réduction du risque climatique sur le bâtiment et son environnement. Ces indicateurs doivent permettre d'alimenter un tableau de bord de la résilience, sur lequel devront être déterminés des objectifs mesurables et atteignables, avec de préférence une déclinaison des objectifs à moyen et long terme.

Un suivi efficace doit aussi passer par l'identification d'une personne, ou d'un service, en interne, qui soit responsable du pilotage de la stratégie. Ses responsabilités incluent les alertes aux collaborateurs s'ils s'éloignent du plan de route fixé et, parfois, les ajustements des objectifs en fonction de l'évolution des ambitions, des connaissances climatiques, ou encore des nouveautés techniques. La mise en place des mesures relatives à l'adaptation continue peut également faire partie de son champ d'action.

Au bout de quelques années, il peut également être recommandé de conduire à nouveau un diagnostic de risque, afin d'étudier l'évolution de la résilience des actifs. En aval de ce nouveau diagnostic, une étude critique de la stratégie peut être menée, au regard de l'innovation de l'adaptation, qui permettra l'évaluation et la réintégration des connaissances générales relatives aux actions adaptatives.

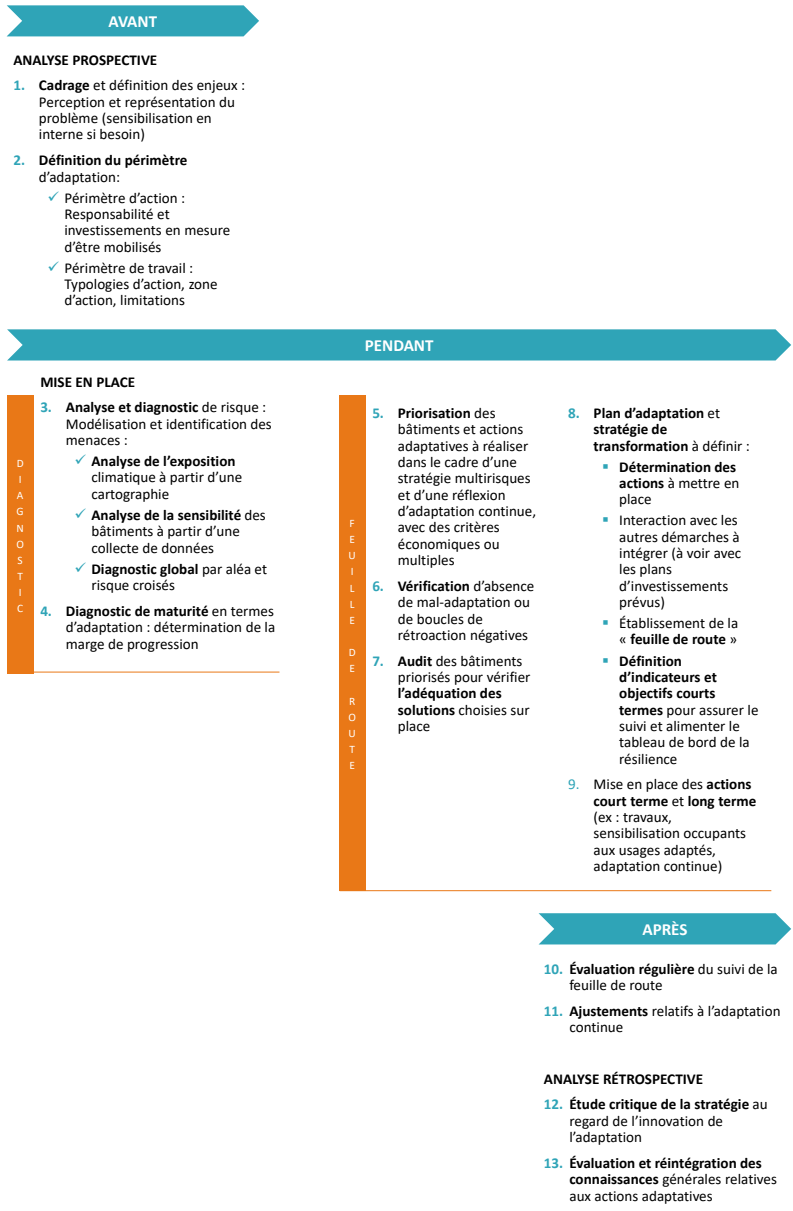


Figure 1 – Schéma des étapes de la stratégie d'adaptation.

Source : OID.

Les solutions pour s'adapter au changement climatique

Les solutions d'adaptation dans le secteur de l'immobilier reposent sur des combinaisons de méthodes organisationnelles ou matérielles :

Solutions organisationnelles

L'information et la sensibilisation des acteurs est l'un des leviers. Il repose à la fois sur l'ensemble des acteurs économiques du milieu de l'immobilier, mais aussi sur l'ensemble des parties prenantes, dont les usagers, les prestataires. Un important travail est à réaliser pour permettre une montée en compétence de l'ensemble des acteurs de cette chaîne. Couplé à la sensibilisation, le développement des systèmes d'observation et d'alerte est un véritable moyen d'éviter des constructions dans des zones à risques, et de prévenir des dégâts importants si les alertes sont lancées au sein de communautés formées à la mise à l'abri ou aux gestes permettant de sauver les infrastructures à risques. Le développement de la culture du risque, grâce à des exercices et préparations préventives, permet d'éviter des dégâts humains et matériels.

Solutions d'adaptation fondées sur la nature

Pour les territoires comme pour les bâtiments et leurs habitants, un levier important de la résilience réside dans les solutions d'adaptation fondées sur la nature (SaFN). Via des actions de protection, gestion durable ou encore de restauration d'écosystèmes, elles visent à intégrer la biodiversité au cœur des projets d'aménagement pour assurer le bien-être humain et le développement durable des territoires. La protection et restauration des zones humides, trames vertes et bleues permet d'augmenter la résilience face à des aléas majeurs, notamment dans les villes, tels que les vagues de chaleur et les inondations. La végétalisation des toitures, des façades et des abords des bâtiments, la plantation de jardins de pluies (visant une meilleure infiltration de l'eau) et la restauration de zones humides constituent quelques exemples de solutions fondées sur la nature pour réduire la vulnérabilité des territoires et des bâtiments. Les acteurs institutionnels ont la main sur les outils réglementaires, comme les plans locaux d'urbanisme, avec notamment des outils tels que les zonages pluviaux qui définissent des règles d'infiltration d'eau sur les parcelles des bâtiments. S'inscrire dans ces stratégies de planification territoriale est également possible pour les acteurs de l'immobilier qui ont la possibilité de désimperméabiliser certaines de leurs parcelles.

Solutions matérielles en construction ou réhabilitation

L'évolution des méthodes de construction ou réhabilitation des infrastructures physiques permet également une adaptation du bâti, des mesures structurelles, et une amélioration de la résilience des réseaux. Les innovations technologiques peuvent entrer en jeu dans cette partie des solutions, pour peu qu'elles n'entrent pas en conflit avec les processus d'atténuation au changement climatique, ou qu'elles ne participent pas à l'augmentation de la vulnérabilité au changement climatique d'un autre système.

Des outils d'adaptation pour le secteur de l'immobilier

Outil d'analyse de risque climatique

Un outil d'analyse de risques physiques climatiques, nommé Bat-ADAPT, a été mis à disposition des acteurs de l'immobilier membres de l'OID. Cet outil a été développé à la suite de l'identification du besoin des acteurs pour une analyse basée sur le scénario RCP 8.5 du GIEC et pour les aléas climatiques suivants : vagues de chaleur et sécheresses. Pour les aléas climatiques inondations et submersions marines, des données historiques ont été utilisées. L'analyse de risque physique est couplée à une analyse de sensibilité des bâtiments, qui permet une première identification des bâtiments les plus à risques.

L'outil d'analyse de risques climatiques va être perfectionné, avec la prise en compte de multiples scénarios climatiques (et socio-économiques) du GIEC, de plus d'aléas, et des caractéristiques territoriales qui viennent perturber la réponse climatique face aux aléas. Le passage de l'échelle nationale à l'échelle européenne permet aussi aux acteurs d'assurer une comparaison des risques en cas de patrimoine réparti sur l'Europe. La particularité de cet outil d'analyse est la mise à disposition d'un référentiel permettant de retrouver l'intégralité des calculs réalisés afin de garantir une transparence aux acteurs de l'immobilier. Un module supplémentaire est prévu afin d'intégrer les coûts de mise en place des actions et ceux liés à l'inaction. Tous ces indicateurs ont vocation à fournir des indicateurs d'évaluation et de suivi facilement intégrables dans les processus de gestion/acquisition des acteurs de l'immobilier.

Guides des actions adaptatives

Un guide d'accompagnement des acteurs, répertoriant des solutions d'adaptation a aussi été mis à disposition, pour une montée en compétence des acteurs du bâtiment. Ce guide est illustré par des retours d'expérience d'acteurs qui ont mis en place des actions adaptatives et il sera complété par une partie consacrée aux solutions d'adaptation fondées sur la nature.

- ***Cas d'étude***

ICADE (Immobilière Caisse des Dépôts)

Présentation d'ICADE

Icade est un acteur majeur de l'immobilier en France et en Europe et fait partie du groupe Caisse des dépôts et consignations (CDC), son principal actionnaire.

Foncière de bureaux et de santé, promoteur logement/tertiaire/équipement public, Icade conçoit, construit, gère et investit dans des villes, des quartiers, des immeubles qui sont des lieux innovants, des lieux de mixité, des lieux inclusifs, des lieux connectés et à l'empreinte carbone réduite.

En lien avec ses parties prenantes, Icade fait du bas carbone une priorité stratégique pour réinventer l'immobilier et contribuer à une ville plus saine, douce et accueillante.

Contexte économique, social et réglementaire

Les produits qui sont gérés par les acteurs de l'immobilier sont parmi ceux qui durent le plus dans le temps : le métier de gestionnaire de bâtiments implique des investissements à rentabiliser et donc à protéger sur des durées de 30 ans minimum. Cette durée constitue l'un des leviers majeurs pour mettre en place une stratégie d'adaptation dans le secteur de l'immobilier.

L'une des motivations importantes de la mise en place d'une stratégie d'adaptation est le maintien du confort, un besoin de plus en plus mis en avant depuis la Covid-19. Ce confort se traduit dans des demandes des usagers des bâtiments, liées au confort thermique, mais aussi à la sécurité face aux événements climatiques permettant le maintien de la productivité et des activités des entreprises ou des collectivités. Les demandes sont formulées sur un niveau de maturité variable face au problème global du changement climatique : certains acteurs, des grands groupes majoritairement, se questionneront davantage sur les risques climatiques avec des demandes relatives à la fois sur le bien-être de leurs collaborateurs et à la fois sur la qualité intrinsèque du bâtiment au travers des certifications environnementales existantes, tandis que des acteurs tels que les petites ou moyennes entreprises questionneront davantage le confort vis-à-vis de leurs collaborateurs. Les collectivités, elles, ont un regard plus aiguisé sur les problématiques d'échelle liées à la gestion des eaux pluviales, les exigences relatives au PLU, l'importance de la présence de nature, de pleine terre, d'îlots de fraîcheur ou de zones refuges.

L'aspect réglementaire est aussi un levier majeur pour les acteurs de l'immobilier : la RE2020, incluant des nouvelles exigences pour améliorer le confort en été des bâtiments, apporte des réponses au stade la conception des bâtiments. La taxinomie et la loi Énergie-Climat de 2019 viennent également renforcer les exigences en termes de transparence sur les risques physiques des actifs. Ces réglementations concernent les acteurs de l'immobilier au-delà d'une certaine taille, et les investisseurs. Ces derniers ajoutent une contrainte de transparence sur les acteurs en gestion immobilière, indépendamment de leur taille. Cette analyse sur le patrimoine est souvent une première étape menant à la mise en place d'une stratégie d'adaptation.

Un dernier levier devient de plus en plus prégnant : le moteur sociétal. Comme le démontre la taille des équipes RSE (Responsabilité sociétale des entreprises) qui ne cesse d'augmenter chez ICADE, la volonté de rejoindre la raison d'être[1] de l'entreprise est un levier qui permet à l'entreprise d'investir sur des thématiques en lien avec les thèmes sociétaux. La prise de conscience générale au niveau de la population, qui se reflète au sein des équipes, pèse également dans la balance. La question majeure qui subsiste au sein des équipes est la question du « comment ? » L'une des méthodes pour lever les freins sur ces questions a été de réunir la direction, les actionnaires, les experts et le comité d'orientation stratégique de l'entreprise afin de lancer les premières actions et communications en interne et en externe sur le sujet des risques physiques et de l'adaptation au

1. Raison d'être d'ICADE : concevoir, construire, gérer et investir dans des villes, des quartiers, des immeubles qui soient des lieux innovants, des lieux de mixité, des lieux inclusifs, des lieux connectés et à l'empreinte carbone réduite. Des lieux où il fait bon vivre, habiter, travailler.

changement climatique. Les travaux prospectifs sur les risques climatiques ont participé à dépasser les freins à l'action. Les messages sont toujours très bien reçus dans les sphères opérationnelles et sur le plan personnel, cependant, l'ajout de nouvelles contraintes, coûts, besoins de nouvelles compétences, nécessite des actions nouvelles, majoritairement des formations.

Le développement prospectif et les étapes de mise en œuvre de la stratégie d'adaptation

Icade a entamé une réflexion sur la stratégie d'adaptation à mener sur son patrimoine en 2016, avec sa première cartographie des risques climatiques physiques sur son patrimoine tertiaire en exploitation. Cette dernière a été complétée et précisée jusqu'en 2020, en y incluant notamment le patrimoine Français d'Icade Santé.

La première étape a consisté à identifier le risque dit « brut ». Le risque brut croise le niveau d'exposition à un aléa climatique basé sur la localisation géographique du bien, et le niveau de vulnérabilité du bien face à ces aléas sur la base des spécificités constructives. Cela inclut par exemple la typologie, l'âge, le type de façade ou encore la quantité d'espaces verts.

Cette cartographie du risque brut a permis de mettre en évidence les principaux aléas climatiques auxquels le patrimoine Icade est soumis, notamment : les vagues de chaleur, la sécheresse, l'augmentation des températures moyennes et les inondations. Un des objectifs essentiels mis en évidence par suite de cette analyse est la nécessité de maintenir le confort des occupants, en particulier durant les mois d'été.

Afin de préciser cette cartographie, Icade a procédé à l'analyse du risque dit « net ». Ce dernier prend en compte des spécificités du site (équipements, protections solaires, plans de prévention, travaux…) qui participent à la réduction ou la maîtrise du risque identifié. Ainsi, une liste limitée et précise des bâtiments pour lesquels il y a un risque avéré a été obtenue pour y appliquer une ou plusieurs actions d'adaptation.

Icade a ainsi fait évoluer certaines pratiques d'exploitation pour prendre en compte les risques identifiés. Un travail a été mené concernant les choix de végétation (adaptée à l'évolution future du climat et favorisant l'évapotranspiration), l'inertie du bâtiment, l'amélioration du brassage de l'air, les procédures de gestion ou encore le mix énergétique. Une nouvelle offre de logements, lancée en 2021, inclut des solutions de végétalisation, de récupération des eaux de pluie, de mixité d'usage et d'évolutivité qui améliorent la résilience des projets.

La suite de la démarche consiste à conforter une stratégie d'adaptation en intégrant la résilience et les actions d'adaptation dans l'ensemble des process opérationnels des métiers afin d'anticiper les besoins d'adaptation dès la conception ou l'acquisition de nouveaux actifs. Des indicateurs pour piloter et suivre l'ensemble des actions seront également définis et un accompagnement de la montée en compétences des collaborateurs est prévu. Ces indicateurs doivent davantage faire ressortir la diminution de sensibilité des bâtiments, via la mise en place d'actions adaptatives, faisant ainsi apparaître la marge de manœuvre des acteurs de l'immobilier.

Les besoins identifiés

Les outils de mesure d'impact sur les projets mis en œuvre manquent afin de percevoir l'amélioration mise en œuvre. Une base scientifique de mesure de l'information avec des indicateurs permettant de mettre en avant la diminution du risque ou les cobénéfices réalisés seraient un levier majeur pour mettre davantage de projets en place.

Les outils d'accompagnement, tels que les guides ou formation en ligne, et les contraintes réglementaires sont des leviers importants qui améliorent les délais de prise en compte du risque climatique.

AEW

Présentation d'AEW

AEW est un des leaders mondiaux du conseil en investissement et de la gestion d'actifs immobiliers. L'entreprise représente la plateforme d'asset management immobilier de Natixis Investment Managers, l'un des leaders de la gestion d'actifs dans le monde.

Elle a plus de 35 ans d'expérience en conseil en investissement et gérait en Europe au 30 juin 2021 36,6 Mds d'euros d'actifs.

AEW compte plus de 440 collaborateurs répartis dans neuf bureaux en Europe et offre à ses clients une large gamme de produits d'investissement immobiliers incluant des fonds sectoriels, des mandats, des valeurs immobilières cotées au travers d'une vaste palette de stratégies d'investissement.

Contexte économique, social et réglementaire

Le risque sur la valeur des actifs remet en cause la pertinence financière des investissements. Or, le temps d'occurrence du changement climatique est significatif par rapport au temps d'investissements immobiliers puisque la détention des actifs a lieu sur un temps long lié à la durée de vie des actifs. Le risque climatique est en conséquence un paramètre incontournable pour évaluer la pertinence financière des investissements et l'anticipation devient une nécessité. L'intégration du risque au moment de l'acquisition est plus aisée car l'intégration sur les investissements neufs évite des déconvenues. En effet, en intégrant le risque au moment de l'acquisition, la valeur du bien est définie en connaissance des risques. Si ces risques sont inclus par la suite, les valeurs des biens peuvent être amenées à décroitre du fait de ces risques, et impliquer des pertes financières. L'étape d'acquisition étant propice à la mise en place de processus d'adaptation, l'adaptation des stratégies d'investissement est une étape cruciale.

Le contexte réglementaire, avec la Loi relative à la transition énergétique et la croissance erte (LTE) (article 173) a permis de contraindre à une identification des risques physiques pour les investisseurs institutionnels. La question qui se pose dans le secteur économique est donc maintenant la suivante : une fois le constat de

présence de risques climatiques effectué, comment aller plus loin ? Cette question se précise avec des questionnements liés aux coûts et aux besoins de protection.

Le développement prospectif et les étapes de mise en œuvre de la stratégie d'adaptation

En 2017, en réponse à cette loi, AEW a évalué le risque physique de son portefeuille institutionnel de plus de 800 bâtiments. Rapidement, en interne, est apparu évident qu'un rapport annuel ne suffisait pas à améliorer la résilience du parc immobilier. S'est donc engagée en 2017 une réflexion sur le développement d'une stratégie d'adaptation plus poussée. Les différentes étapes pour mettre en place cette stratégie ont été les suivantes :

L'identification de fournisseurs de données climatiques

En première phase, la première difficulté a été la confrontation au besoin de connaître le risque, et donc d'identifier des fournisseurs de données climatiques exploitables, c'est-à-dire avec les caractéristiques scientifiques des risques, la complétude des aléas, les échelles de temps pertinentes et une précision suffisante des données. Ces bases de données sont nécessaires pour se projeter dans le futur climat selon les projections du GIEC.

Définition d'un audit résilience

En deuxième phase, il a fallu, à l'aide d'un bureau d'études techniques, réaliser un audit résilience permettant :

1. d'évaluer l'impact des aléas sur le bâtiment ;
2. proposer des mesures d'adaptation.

Réalisation de pilotes

La réalisation de missions pilotes dans lesquelles les recommandations effectuées sont appliquées a été initiée en 2019 sur une liste représentative d'immeubles en fonction de leur typologie, représentation et âge.

Analyse du ratio coûts/bénéfices

La dernière phase de mise en place de la stratégie réside dans l'analyse des coûts et bénéfices induits par celle-ci, à l'aide d'un expert immobilier. Deux scénarios ont servi d'appui dans cette étude d'impact : le scénario « Business as usual » et le scénario d'application des recommandations. À l'issue de la comparaison des coûts, la conclusion montre un clair avantage à la mise en place de la stratégie d'adaptation avec un rapport de 1 sur 4.

À la suite de ce processus, il est nécessaire de :

1. faire valider la prise en compte du risque climat par les directions en interne,
2. modifier les process d'acquisition des immeubles,
3. organiser des formations pour justifier ces changements d'organisation. Il est également nécessaire d'obtenir la validation des investisseurs au préalable en leur présentant les résultats des études.

La mise en place d'une stratégie d'adaptation nécessite une action à plusieurs niveaux : business[2] et corporate[3]. Pour cela, des groupes de travail ont été organisés, réunissant les différentes directions, plusieurs formations et sensibilisation ont été organisées pour permettre l'appropriation des sujets par les équipes.

Parmi les étapes restantes à mettre en œuvre, sont identifiés :

- la création des outils et méthodologies qui fonctionnent sur les travaux prospectifs sur neuf sites pilotes identifiés ;
- l'exploitation des résultats pour donner suite à la mise en place de ces outils ;
- le déploiement à grande échelle, sur la base des outils en création. Cette étape nécessite une phase de communication pour convaincre les investisseurs, et une phase de travaux en commun avec les prestataires afin de permettre une appropriation des nouvelles méthodes et indicateurs pour l'adaptation des stratégies d'acquisition.

Les besoins identifiés

Les difficultés rencontrées dans la mise en place d'une stratégie sont la complexité du fait de la pluri– et transdisciplinarité ainsi que de la diversité des enjeux : économiques, sociaux et humains. L'exigence de durabilité des processus d'adaptation leur impose d'être modulables face aux aléas techniques, climatiques et réglementaires.

La montée en compétence des investisseurs est un facteur clé dans le succès de la mise en place d'une démarche d'intégration des risques physiques climatiques dans les processus d'acquisition. Par ailleurs, l'évolution des connaissances et la disponibilité de données et compétences se révèlent être un réel défi :

- les données climatiques précises, avec des descentes d'échelle permettant l'appropriation des risques à l'échelle du bâtiment et des 30 ans à venir, ne sont pas encore disponibles pour l'ensemble des aléas climatiques à observer dans le secteur de l'immobilier ;
- les audits de résilience, qui nécessitent notamment une démarche pragmatique et progressive et des tests itératifs des processus, méthodes et outils, ne sont pas encore communs et uniformisés.

Dernier point, la réduction de la vulnérabilité implique de travailler à différentes échelles et pas uniquement au niveau du bâtiment, ce qui nécessite une collaboration entre les acteurs à l'échelle des quartiers, des villes, des territoires et des pays.

2. Correspond à des opportunités financières (ou diminution des pertes financières potentielles associées aux risques).

3. Correspond à des opportunités de ne pas s'exposer à des risques réputationnels.

Une première évaluation de l'impact du changement climatique sur les institutions financières : caractéristiques et enseignements de l'exercice pilote de l'ACPR sur le risque physique

Laurent Clerc,
Autorité de contrôle prudentielle et de résolution (ACPR)

L'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution (ACPR) est en charge de la supervision des banques et des assurances en France. Elle a conduit, entre juillet 2020 et avril 2021, un exercice ambitieux, et inédit dans le monde, d'évaluation de l'impact du changement climatique sur ces institutions financières. Les principaux risques étudiés, souvent regroupés sous le terme de « risque climat » ou « risques climatiques », portaient, d'une part, sur le risque de transition, qui résulte d'une modification du comportement des agents économiques et financiers en réponse à la mise en place de politiques énergétiques (ex. fiscalité carbone, taxes sur les carburants…), de changements technologiques ou d'un ajustement spontané des marchés financiers, et sur le risque physique, qui résulte de l'impact direct du changement climatique sur les personnes et les biens (sécheresse, inondations, épisodes climatiques extrêmes…), d'autre part. Les résultats présentés dans cet article portent uniquement sur l'impact du risque physique[1].

On présente dans une première partie l'approche de l'Autorité de contrôle prudentielle et de résolution pour sensibiliser les acteurs financiers au risque climatique. Les principales caractéristiques et hypothèses retenues dans le cadre de l'exercice pilote de stress test climatique de l'ACPR font l'objet de la deuxième partie. La troisième partie présente les principaux résultats et les limites de cet exercice prospectif.

• *Les travaux de l'ACPR sur le risque climatique*

Les travaux de l'ACPR sur le risque climatique (*cf.* Figure 1) ont débuté en 2015 avec la mise en œuvre de la Loi sur la transition énergétique et la croissance verte (LTCEV) et son article 173, qui a introduit un cadre innovant de publication d'informations extrafinancières consacrées au risque climatique et aux stratégies mises en œuvre par les institutions financières pour y remédier. Les institutions assujetties à cet article étaient pour l'essentiel les investisseurs institutionnels, principalement les gestionnaires d'actifs et les assureurs. La disposition V de l'article 173 visait cependant également les banques, en demandant, d'une part, la remise d'un rapport du gouvernement[2] sur leurs expositions au risque climatique et en posant le principe de l'évaluation régulière de ce risque via des exercices de stress tests, d'autre part.

1. Voir ACPR (2021) pour une présentation d'ensemble des résultats.

2. Ce rapport a été publié par la Direction générale du Trésor en février 2017, avec les contributions de la Banque de France et de l'ACPR, laquelle avait pour l'occasion effectué une première mesure des expositions des banques et des assurances françaises au risque climatique.

L'exploitation des remises des assureurs assujettis à l'article 173 et les résultats d'enquêtes *ad hoc* conduites auprès des établissements bancaires et des organismes d'assurance en 2018, et publiées en avril 2019 (*cf.* ACPR, 2019a et 2019b), ont cependant montré qu'en ce qui concernait le risque physique des progrès modestes avaient été accomplis depuis 2015. On notait en particulier que, si les organismes d'assurance avaient bien développé, pour les besoins de leur métier, des mesures très fines de localisation des personnes et des biens assurés, leurs analyses de l'impact du changement climatique et des risques liés à l'augmentation de la fréquence et du coût des événements climatiques extrêmes paraissaient peu développées, en particulier s'agissant de leurs conséquences en termes de tarification des polices d'assurance et d'assurabilité de certains risques. S'agissant des banques, au-delà des risques opérationnels pesant sur leur réseau d'agences et leur capital immobilier, le risque physique semblait insuffisamment pris en compte, les banques considérant que ce dernier était pour l'essentiel couvert par les assureurs.

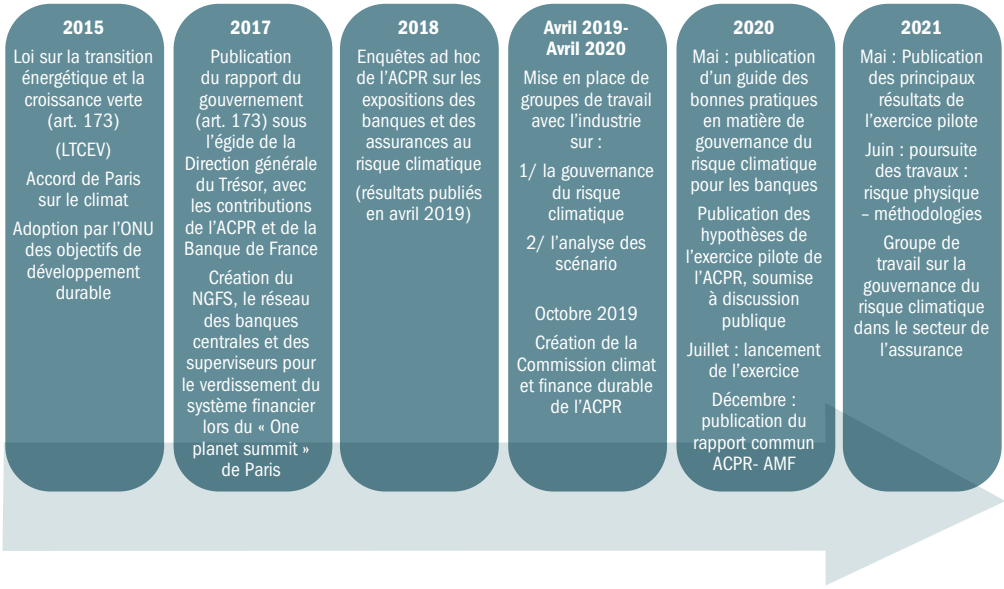


Figure 1 – Principaux travaux conduits par l'ACPR sur le risque climatique.

Source : ACPR.

Les données collectées par les banques apparaissaient également insuffisamment granulaires, en particulier s'agissant de la localisation géographique de leurs expositions. En outre, les conséquences potentielles du risque physique sur les coûts de financement, transitant notamment par la hausse des primes de risque et du taux de défaut sur certains crédits ou contreparties, la dévalorisation des biens immobiliers portés en garanties de certains prêts ou encore l'impact du changement climatique sur le risque souverain étaient assez largement ignorées.

Ces publications ont donc conduit l'ACPR à mettre en place des groupes de travail avec l'industrie financière consacrés à deux thèmes principaux : la gouvernance du risque climatique, aboutissant à la publication d'un guide des bonnes pratiques pour les banques (ACPR 2020a)[3], et l'analyse des scénarios climatiques. L'objectif de ce second groupe était de sensibiliser les institutions financières, en les incitant notamment à mieux intégrer le risque climatique dans leur cadre de gestion des risques financiers. Il visait également à préparer un exercice de stress test permettant d'évaluer l'impact du changement climatique sur les acteurs financiers. Ce travail préparatoire a duré près d'une année, de mai 2019 à mars 2020. Les hypothèses de l'exercice ont été publiées en avril 2020 et soumises à consultation publique pour une durée de trois mois. L'exercice a été lancé en juillet 2020 et ses résultats publiés en mai 2021.

- *Les principales caractéristiques et hypothèses de l'exercice pilote de l'ACPR*

Un exercice de stress test climatique présente de nombreuses spécificités et des difficultés supplémentaires par rapport aux exercices de stress test auxquels les établissements financiers sont très fréquemment soumis (tous les deux ans dans le cadre européen pour les banques et les assurances). L'objet des stress tests est d'évaluer la capacité des établissements et des organismes à absorber des chocs extrêmes mais plausibles, sous différents scénarios adverses.

Quelques spécificités d'un stress test climatique

Le Tableau 1 suivant présente les principales spécificités des stress tests climatiques par rapport aux exercices standards de supervision financière.

S'agissant plus particulièrement du risque physique, les stress tests climatiques doivent tout d'abord intégrer un horizon de temps suffisamment long pour permettre sa matérialisation, soit au minimum 30 ans, tout en tenant compte de la difficulté pour les acteurs à se projeter au-delà de leur horizon stratégique (de l'ordre de cinq ans) ou de leur horizon de décision, généralement borné par la maturité de leurs expositions.

La réalisation de ce type d'exercice suppose ensuite l'utilisation de données ou d'informations relatives au progrès technique et aux changements technologiques qui accompagneront la transition vers une économie bas carbone, dont certains

3. Un travail similaire est en cours avec les assureurs.

sont inconnus à ce jour, ainsi que des données granulaires fines et prospectives sur les différents types d'aléas climatiques. Ces données ne sont cependant pas nécessairement disponibles, voire n'existent pas car contingentes aux scénarios. Elles ne sont en outre généralement pas mobilisées par les établissements financiers, notamment les banques, hormis par quelques assureurs et réassureurs qui disposent de modèles de catastrophes naturelles.

Tableau 1 – Quelques spécificités des stress tests climatiques.

Caractéristiques	Stress tests standards	Stress tests climatiques	
		Risque de transition (y compris risque de responsabilité)	Risque physique
Horizon	Court à moyen terme	Court, moyen et long terme	Court, moyen et long terme
Types de variables utilisées	Économiques et financières	Politiques climatiques et progrès technique	Politiques et données climatiques, progrès technique
Calibrage des chocs	Sur la base des chocs passés	Peu, voire pas, d'historique de chocs	Peu, voire pas, d'historique de chocs
Granularité	Nationale	Sectorielle et géographique	Sectorielle et géographique
Effets de rétroaction	En cours d'intégration (ex. amplification financière)	En cours d'intégration (interaction entre choix politiques et changement climatique)	Interaction climat – économie (largement à faire)
Taux d'actualisation	Peu utilisé (hormis pour l'assurance)	Important pour l'analyse des choix économiques à long terme	Important pour l'analyse des choix économiques à long terme

Source : Clerc (2020).

L'utilisation des données passées est peu pertinente pour évaluer les conséquences futures du changement climatique, les scientifiques insistant notamment sur les incertitudes et les non-linéarités dans les trajectoires possibles du climat et la présence de points de bascule (*tipping points*) et de phénomènes d'irréversibilité.

Enfin, il est important de croiser les dimensions géographique et sectorielle à des niveaux relativement fins, l'impact du changement climatique étant très hétérogène selon les régions du monde et les secteurs d'activités.

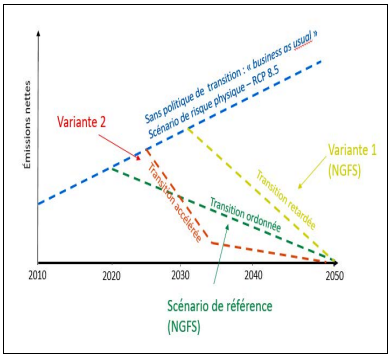
La préparation de l'exercice pilote a donc nécessité l'organisation de nombreuses réunions et d'ateliers de travail avec des climatologues et des économistes du climat. Elle a aussi bénéficié de nombreux échanges et des travaux conduits sous l'égide du réseau des banques centrales et des superviseurs pour le verdissement du système financier, créé à l'initiative de la Banque de France, le NGFS[4].

4. NGFS : *Network for Greening the Financial System.*

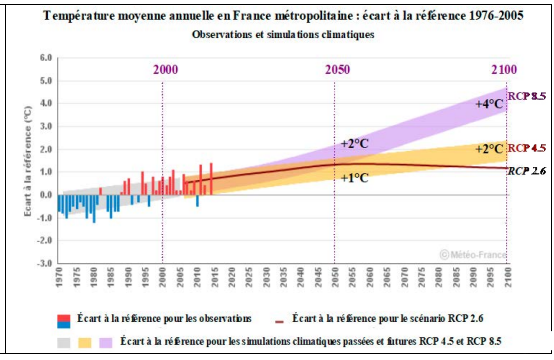
Ce dernier a notamment développé un certain nombre de scénarios de transition climatique avec plusieurs instituts ayant contribué aux travaux du GIEC, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. L'ACPR s'est enfin appuyée sur des partenaires externes pour développer les hypothèses relatives au risque physique, en particulier la Caisse centrale de réassurance, et au risque santé, avec AON, un courtier en réassurance.

Les scénarios retenus

Pour pallier l'absence de données et d'information et prendre en compte les incertitudes relatives au changement climatique, l'ACPR a développé, en lien avec les équipes de la Banque de France, différents scénarios présentés dans les Figures 2 et 3 ci-dessous, dont certains correspondent à des scénarios publiés par le NGFS en juin 2020. Les scénarios considérés comprennent tout d'abord deux scénarios opposés : l'un, optimiste, de transition ordonnée, calibré sur la Stratégie nationale bas carbone élaborée par le gouvernement. Ce scénario sert de scénario de référence. L'autre, très pessimiste, suppose l'absence de mesures correctrices nouvelles de la part des États signataires de l'Accord de Paris. Il correspond au pire scénario du GIEC (dit RCP 8.5) et conduit à une élévation des températures supérieure ou égale à 4 °C à l'horizon 2100. Entre ces deux scénarios opposés, deux scénarios de transition désordonnée ont également été évalués : un scénario de transition retardée, dans lequel les autorités politiques réagissent très tardivement (2030) et un scénario de transition accélérée, dans lequel les autorités réagissent, dès 2025, par une très forte hausse de la fiscalité carbone. Pour accroître le degré d'adversité de ce scénario, on neutralise en outre les hypothèses favorables de changement technologique, nécessaires pour assurer une transition ordonnée à la neutralité carbone à l'horizon 2050 (*cf.* Figure 2).



Source : ACPR (2021).



Source : application Climat HD.

Figures 2 et 3 – Les scénarios de l'exercice pilote de l'ACPR.

Le scénario de risque physique retenu dans le cadre de cet exercice, et présenté dans la figure 3, correspond au scénario RCP 8.5 du GIEC. À l'horizon 2050, qui est celui qui a été retenu par l'ACPR en concertation avec les établissements bancaires et les organismes d'assurance, ce scénario se distingue encore assez

peu, en termes de réchauffement, des autres scénarios plus optimistes du GIEC. L'hypothèse supplémentaire retenue dans le cadre de l'exercice de l'ACPR est que les mesures qui pourraient être prises entre aujourd'hui et 2050 auraient un impact très limité, sinon nul, sur le risque physique à l'horizon 2050. Ce dernier dépend en effet des gaz à effet de serre accumulés dans l'atmosphère. En revanche, ce sont bien ces mesures qui conditionneront l'évolution des trajectoires climatiques, d'où l'intérêt d'étudier le comportement des acteurs sur cette période. Le choix de ce scénario permet donc de retenir des hypothèses de stress fortes en termes de risque physique au sein de trajectoires socio-économiques dites « *middle of the road* » (SSP2) dans les travaux du GIEC. Ce scénario, très pessimiste mais probable, repose sur une hypothèse de prolongation des émissions actuelles (scénario dit du « *business as usual* ») et se traduit par une augmentation des températures comprise entre 1,4 °C et 2,6 °C à l'horizon 2050 (+4 °C à l'horizon 2100).

Dans le cadre de l'exercice pilote de l'ACPR, et en s'appuyant sur les constats dressés dans les rapports publiés en 2019, le risque physique est supposé avoir un impact direct sur le secteur de l'assurance, via les activités « Dommages aux biens », d'une part, et « Santé et vie », d'autre part. En revanche, on a supposé qu'il impactait indirectement le secteur bancaire par une augmentation du risque de crédit ou de contrepartie sur les ménages ou les entreprises, du fait d'une moindre couverture en assurance et en réassurance, résultant soit d'une réduction de l'offre d'assurance soit d'une réduction de la demande du fait d'une trop forte augmentation des tarifs.

S'agissant du secteur de l'assurance tout d'abord, l'impact de l'évolution des catastrophes naturelles climatiques sur l'activité « dommages aux biens » (particuliers, entreprises y compris agricoles, et automobile) a été évalué avec le concours de la Caisse centrale de réassurance (CCR). Quatre types d'aléas climatiques ont été pris en compte : les inondations, les submersions marines, la sécheresse (phénomène de retrait-gonflement des sols argileux) pour la France métropolitaine et la Corse, et les risques cycloniques pour les Antilles et La Réunion.

Les hypothèses retenues avec la CCR s'appuient sur les projections de Météo-France, qui a généré, avec son modèle Arpège Climat, 400 années possibles à climat actuel (année 2000) et 400 autres années à climat 2050. Pour le compte de la CCR, Météo-France a par ailleurs mis en œuvre son modèle hydrométéorologique SAFRAN-ISBA-MODCOU (SIM2) sur la France métropolitaine et la Corse. Ce modèle local est alimenté par une dizaine de paramètres météorologiques, issus des simulations climatiques et interpolés à la résolution de 8 km. Les sorties de ce modèle comprennent l'indice d'humidité des sols (SWI), nécessaire à l'étude du risque de sécheresse, ainsi que divers paramètres d'état des sols et de débit des cours d'eau. L'indice d'humidité des sols, calculé avec une configuration de SIM2 à concentration des sols en argile sur la France uniforme, a alimenté le modèle CCR sécheresse géotechnique, affectant les bâtiments (*cf.* Figure 4 ci-après).

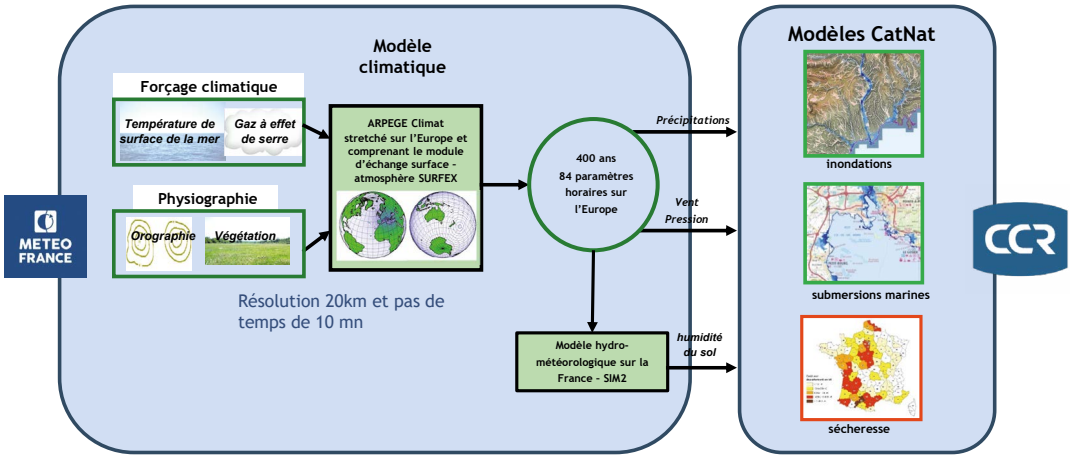


Figure 4 – Chaîne de modélisation du climat mise en œuvre par Météo-France et son intégration par la CCR.

Source : CCR – Conséquences du changement climatique sur le coût des catastrophes naturelles à horizon 2050.

L'impact des cyclones sur les Antilles et La Réunion a, quant à lui, été évalué à l'aide de simulations climatiques réalisées selon le même principe (400 années fictives à « climat constant » pour le climat actuel (année 2000) et le climat 2050 RCP 8.5) et le même modèle (ARPEGE-Climat), mais utilisé à résolution plus grossière (50 km). Toutefois, des descentes d'échelle de ces simulations ont été réalisées avec le modèle régional et plus détaillé ALADIN-Climat. L'utilisation de ce dernier a permis l'élaboration de cyclones fictifs, à résolution 12 km, correspondant aux événements cycloniques majeurs (parmi chaque base de données de 400 ans de simulation) touchant les Antilles françaises ou La Réunion.

Les scénarios de projections démographiques de l'INSEE ont été utilisés pour estimer le nombre de risques de particuliers (*i. e.* les habitations) en 2050. Le scénario central décline, à l'échelle des départements, les tendances nationales observées pour le solde migratoire, la fécondité et le gain de l'espérance de vie. Les données départementales ont permis de déterminer un taux de croissance annuel moyen, qui a ensuite été appliqué à l'échelle communale. Pour les risques professionnels (*i. e.* industries, services, exploitations agricoles), l'évolution de la population active calculée à partir des projections démographiques a été prise en compte ainsi que les mutations économiques observées.

Pour estimer les dommages subis sur la période 2020-2050, les assureurs étaient invités à s'appuyer sur les simulations réalisées par la CCR. Ils devaient pour cela remettre à cette dernière le nombre de risques assurés par commune (avec une ventilation particuliers/professionnels ou, à défaut, nombre de risques total). En retour, la CCR leur restituait l'évolution du montant des dommages à couvrir au niveau départemental, par type de péril. Les organismes avaient la possibilité d'intégrer leurs décisions éventuelles de gestion, conformément à l'hypothèse de bilan dynamique, en faisant évoluer le montant des primes et/ou la couverture des risques.

À défaut, une hypothèse de fixité des parts de marché au niveau communal ou départemental était retenue et l'évolution des primes était indexée sur l'inflation.

Les organismes d'assurance qui ne souhaitaient pas s'appuyer sur la CCR pouvaient recourir à leurs propres estimations. Enfin, pour les expositions internationales, les assureurs étaient invités à utiliser les bases de données mises à disposition par le NGFS et relatives au scénario RCP 8.5[5].

Par ailleurs, l'exercice comprenait des hypothèses supplémentaires relatives à l'évolution de la réglementation en matière d'indemnisation des catastrophes naturelles, système créé par la Loi du 13 juillet 1982. Ce système repose sur les principes de solidarité et de responsabilité. La solidarité se traduit par l'unicité des taux de prime additionnelle d'assurance (fixés par l'État). Ces taux sont actuellement de 12% de la prime afférente aux garanties dommages du contrat de base pour les biens autres que les véhicules à moteur et de 6% des primes vol et incendie (ou, à défaut, 0,50% de la prime dommage) pour les véhicules terrestres à moteur. Ce principe de solidarité est donc matérialisé, dans le régime Catastrophes naturelles français, par un tarif lissé, quelle que soit l'exposition aux risques, garantissant à chacun le bénéfice de la garantie pour un prix modéré, étant précisé que la garantie des catastrophes naturelles est obligatoire dans tous les contrats d'assurance dommages. Les hypothèses supplémentaires portaient sur l'évolution des taux de surprimes pour la garantie de catastrophes naturelles, nécessaires pour assurer l'équilibre du régime sur la période couverte par l'exercice (la dernière révision du taux est intervenue au début des années 2000), toutes autres choses égales par ailleurs. Ainsi, à l'horizon 2050, le taux de la prime afférente aux garanties dommages du contrat de base pour les biens autres que les véhicules à moteur était supposé passer de 12% à 18% en 2050, de façon linéaire, le taux s'appliquant aux primes « vol et incendie » évoluant en parallèle.

Le risque santé a également été pris en compte. En effet, le changement climatique a des effets observables sur le développement de maladies exotiques ou l'aggravation de pathologies chroniques du fait de l'exposition aux fortes chaleurs ou aux particules présentes dans l'air.

Outre la modification des tables de mortalité, des hypothèses sur l'évolution des frais de santé associée au scénario RCP 8.5 ont été élaborées par le courtier en réassurance AON. Ont ainsi été retenues :

- l'hypothèse d'une augmentation de la probabilité d'occurrence de la transmission des pathogènes (virus, bactéries, parasites…) : cette probabilité varie en fonction du lieu de vie des populations assurées et de leurs vulnérabilités aux maladies vectorielles. À titre d'illustration, la Figure 5 ci-après montre l'évolution par département de l'implantation du moustique tigre (*Aedes albopictus*), porteur de dengue, depuis 2004 ;
- l'hypothèse d'un développement des pathologies liées à la dégradation de la qualité de l'air dans les zones urbaines ou à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité de vagues de chaleur.

5. Ces données sont accessibles sur le portail suivant : http://climate-impact-explorer.climateanalytics.org

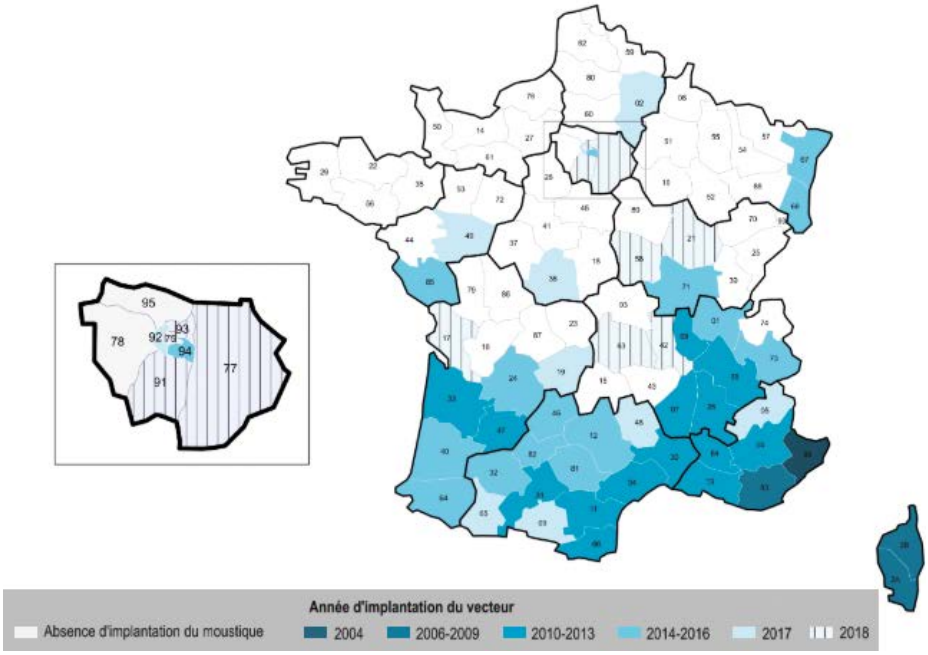


Figure 5 – Implantation du vecteur Aedes albopictus (moustique tigre) en France métropolitaine depuis 2004 [6].

Source : Santé Publique France.

- *Les principaux résultats et enseignements de l'exercice*

L'impact direct du risque physique sur le secteur de l'assurance

L'exercice pilote montre que les vulnérabilités associées au risque physique sont loin d'être négligeables à l'horizon 2050. Ainsi, sur la base des éléments remis par les assureurs, le coût des sinistres pourrait être multiplié par cinq à six dans certains départements français entre 2020 et 2050.

Dommages aux biens

La Figure 6 page suivante montre, pour chaque département français, le niveau de sinistralité par habitant en 2019 (représenté par un montant en euros) et la variation en pourcentage de la sinistralité des périls modélisés dans l'exercice selon le scénario RCP 8.5 du GIEC. La variation de la sinistralité cumule la matérialisation des risques suivants : augmentation de la fréquence et de l'intensité de catastrophes naturelles de type sécheresse, inondations, submersions marines et tempêtes tropicales (pour les seules Antilles et La Réunion). L'estimation de la sinistralité dépend également de la concentration de la population et des activités économiques, en se fondant sur les projections démographiques de l'INSEE à l'horizon 2050 et tenant compte de l'augmentation de la taille de la population.

6. https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-a-transmission-vectorielle/dengue

Ainsi, dans le cadre des hypothèses de cet exercice, outre l'effet de l'augmentation des valeurs assurées, la répartition géographique de la population et des activités économiques présente de fortes disparités régionales.

Cette représentation apporte des éclairages importants sur la prévision du risque physique. Pour certains périls, comme la sécheresse (*cf.* Figure 7), un effet de rattrapage est observé : les départements dans lesquels la sinistralité augmente le plus dans les scénarios (rouge foncé) sont souvent ceux dont les montants de sinistres sont aujourd'hui les plus faibles (nombre superposé faible), montrant une généralisation progressive du phénomène sur le territoire. Les départements où se situent les grandes villes ne sont donc pas plus touchés que le reste de la France métropolitaine, malgré la valeur globale élevée des biens assurés.

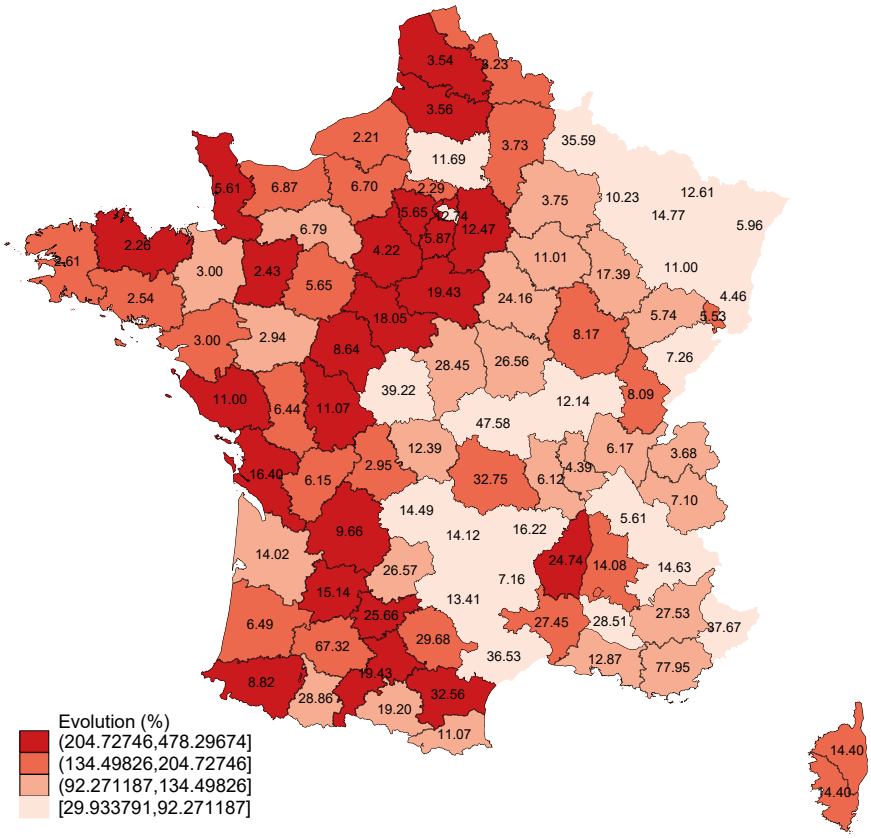


Figure 6 – Sinistralité Tous Périls (2019–2050).

Aide à la lecture : en Gironde, les sinistres d'assurance s'élevaient à 14,02 euros par habitant en 2019. Ils augmentent sur la période 2020-2050 dans une fourchette comprise entre 92% et 134%.

Source : ACPR (2021).

Le péril pour lequel la double dimension intensité démographique/intensité de l'impact du phénomène climatique est la mieux illustrée reste certainement les submersions marines. Les Alpes-Maritimes – une zone très construite et très peuplée – apparaissent comme le seul département avec à la fois un niveau initial important de sinistres et une forte évolution dans le temps. L'évolution de la sinistralité à l'horizon 2050 est principalement due à l'élévation du niveau de la mer. La topographie est donc le principal facteur qui explique cette évolution, avec de nombreuses zones basses en Méditerranée, encore peu exposées à l'heure actuelle, mais qui le seront davantage en 2050.

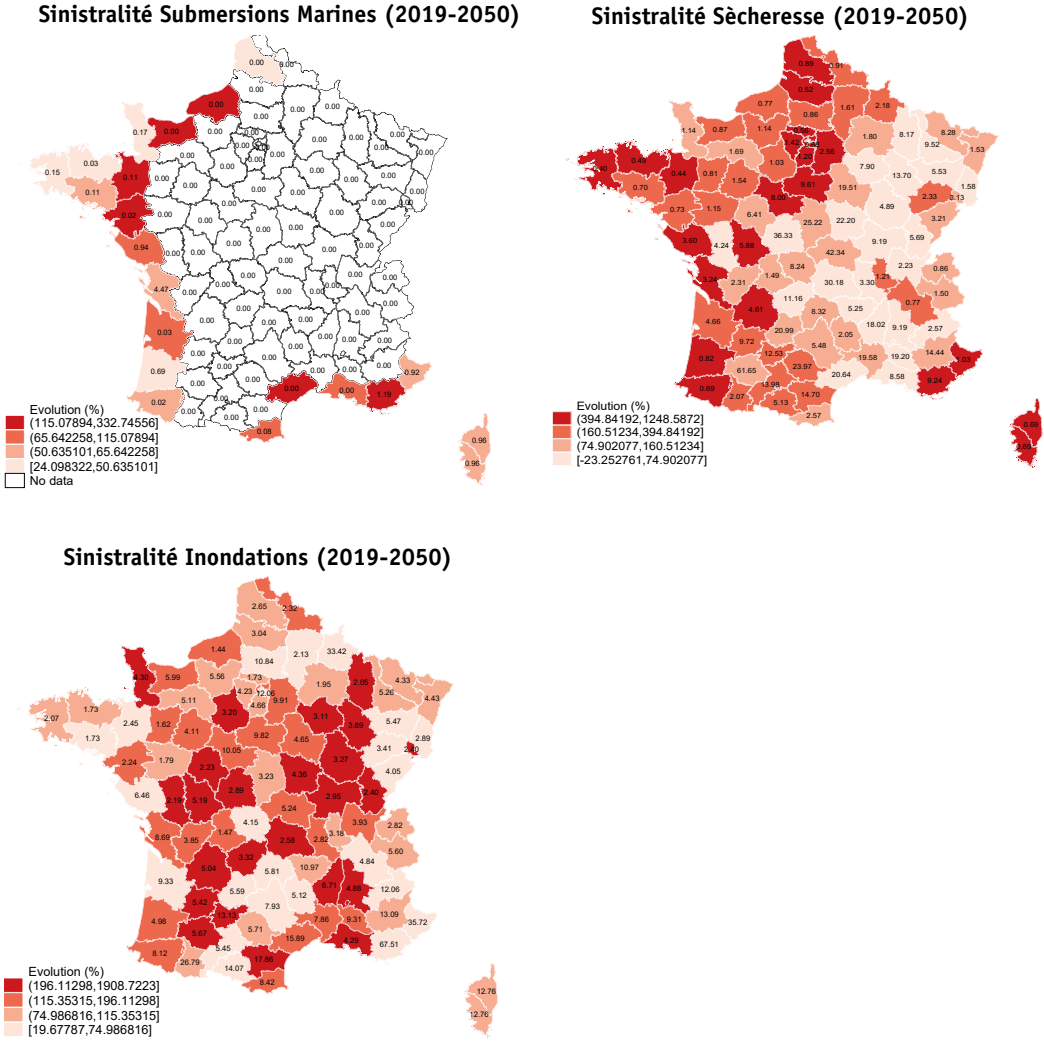


Figure 7 – Sinistralité Submersions marines, sécheresse et inondation (2019-2050).

Source : ACPR (2021).

Enfin, une augmentation des tempêtes cycloniques a été modélisée, uniquement pour les Antilles et La Réunion. En effet, il s'agit, au stade actuel des connaissances, du seul endroit du territoire français où un lien de causalité peut être établi avec le réchauffement climatique. Les résultats reçus ont été très hétérogènes en fonction de la technique de modélisation utilisée par les assureurs : l'évolution du coût des sinistres allant de + 20 % au cours de la période à plus de + 1 000 % lorsque peu d'événements étaient enregistrés au cours de l'année de référence. La sinistralité projetée pour la Martinique, la Guadeloupe et La Réunion dépasse très largement la moyenne « tous périls » de la France métropolitaine. Par conséquent, une exposition dans ces régions peut présenter un risque élevé pour certains organismes selon la structure de leur activité non-vie.

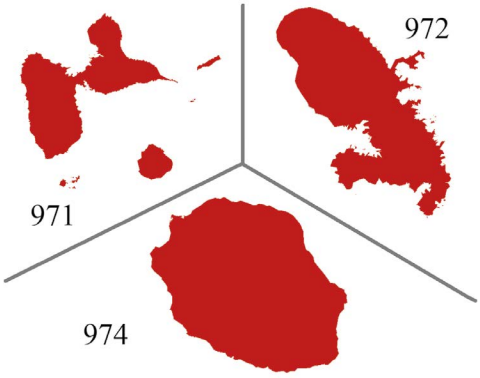


Figure 8 – Sinistralités Tous Périls (évolution en %, 2019-2050) – Martinique, Guadeloupe, La Réunion.

Source : ACPR (2021).

À partir de 2025, l'hypothèse de bilan dynamique s'applique : les assureurs avaient la possibilité de revoir leur politique de souscription en fonction de l'évolution de la sinistralité : premièrement, en envisageant une réallocation géographique de leur portefeuille ou en réduisant leur offre de protection ; deuxièmement, en augmentant le montant des primes pour compenser le coût croissant des sinistres ; troisièmement, en révisant leurs programmes de réassurance ; enfin, en adaptant les produits offerts pour diminuer les risques supportés par les assurés.

Dans leurs simulations, les assureurs ont principalement opté pour un maintien du ratio Sinistres sur Primes (S/P) tout au long de la projection. Par conséquent, les primes augmentent fortement, entre 130 et 200 % sur 30 ans selon la catégorie de risque, soit une hausse des primes d'assurance comprise entre 2,8 % et 3,7 % en moyenne par an. Une telle progression dépasse largement celle de l'inflation (1,7 % en moyenne par an sur l'exercice) ou encore celle du Produit intérieur brut (PIB) nominal (2,9 % en moyenne par an, avec une hypothèse de progression du PIB en volume de 1,2 % par an dans le scénario de référence). Une progression des primes de l'ordre de 4 % en moyenne par an paraît donc difficilement soutenable et acceptable pour les assurés.

De plus, sur le territoire français pris dans son ensemble, la sinistralité des branches entrant dans le calcul de la contribution au régime CATNAT augmenterait de 174 % entre 2019 et 2050. Cette augmentation prend également en compte l'hypothèse d'un passage de 12 % à 18 % du financement du système public de réassurance CATNAT. Compte tenu du choix des assureurs de maintenir constant le ratio S/P dans le temps, les primes brutes augmenteraient quant à elles de 172 %.

Des hypothèses supplémentaires sur le comportement des assurés seraient donc nécessaires pour analyser la soutenabilité d'une telle progression des primes et pour pouvoir analyser plus précisément l'évolution de l'écart de protection[7]. Par ailleurs, les assureurs n'ont pas exploité la possibilité de modifier leur stratégie de souscription, notamment via une réallocation de leur portefeuille, pour sortir des zones géographiques les plus impactées par une augmentation de la sinistralité ou un refus d'assurer les zones les plus exposées au changement climatique.

Santé et vie

Le changement climatique peut avoir des conséquences sur la santé humaine, via l'augmentation de la transmission des virus diffusés par les moustiques et des effets de la pollution de l'air. L'évaluation de ce risque a été réalisée sur la base des travaux de Drif, Roche et Valade[8], qui quantifient les conséquences du réchauffement climatique sur le risque d'épidémies de virus transmis par le moustique *Aedes Albopictus* en France métropolitaine. Ce moustique, notamment vecteur des virus de la Dengue, du chikungunya et du zika, est arrivé sur le territoire métropolitain en 2004. Il s'étend désormais à tout l'Hexagone et son extension est favorisée par le réchauffement climatique.

Sur la base de ces hypothèses, la sinistralité observée (*cf.* Figure 9) augmenterait fortement dans les régions du sud, en Corse et en Bretagne. Ces tendances sont directement liées à l'évolution du taux moyen de personnes infectées par région en France métropolitaine entre 2019 et 2050.

7. Il s'agit de l'écart entre les pertes économiques totales dues à l'impact du changement climatique et les pertes couvertes par les assureurs.

8. https://www.researchgate.net/publication/345670664_Consequences_du_changement_climatique_pour_les_maladies_a_transmission_vectorielle_et_impact_en_assurance_de_personnes.

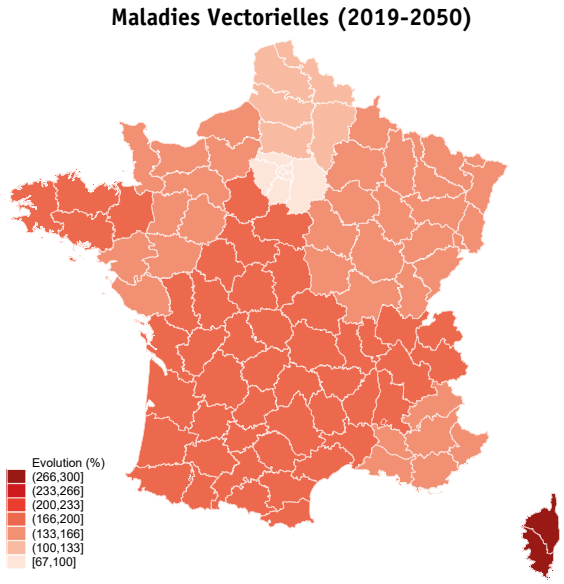


Figure 9 – Sinistralités Maladies Vectorielles (2019-2050).

Source : ACPR (2021).

L'augmentation de la température moyenne et la reproduction des moustiques, vecteurs de maladies, qui en découle entraînent également une augmentation des frais de soins et des arrêts de travail dans ces régions.

La sinistralité causée par les maladies vectorielles varie fortement d'une région à l'autre (*cf.* Figure 10). Son évolution semble plus faible dans la région Île-de-France. Cette tendance peut s'expliquer par une forte sinistralité en 2019 par rapport aux autres régions de métropole. Il en résulterait une diminution du ratio sinistres sur primes sur l'ensemble de la période pour cette région, alors qu'il augmente partout ailleurs en France (*cf.* Figure 11).

À l'inverse, la sinistralité augmenterait fortement en Corse, de 352 % entre 2019 et 2050, alors que les primes n'augmenteraient que de 159 % entre 2019 et 2050, d'où une forte dégradation du ratio sinistres sur primes. Pour autant, en montant, la Corse reste la région où la sinistralité est la plus faible de France métropolitaine entre 2019 et 2050.

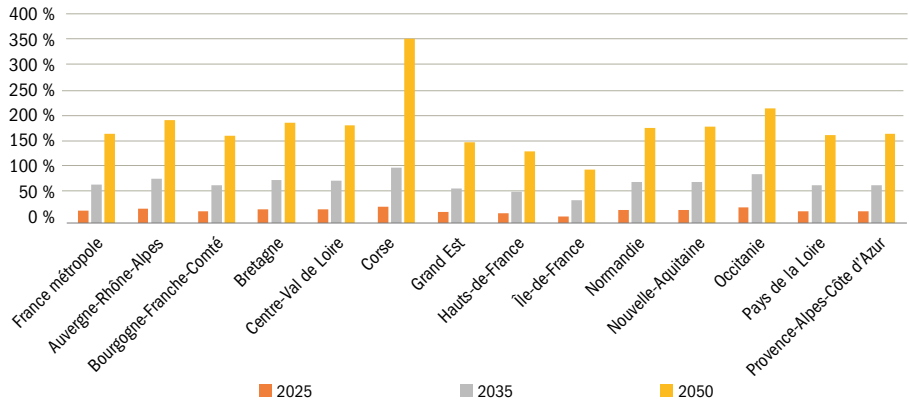


Figure 10 – Maladies vectorielles : sinistralité (évolution par rapport à 2019).

Source : ACPR (2021).

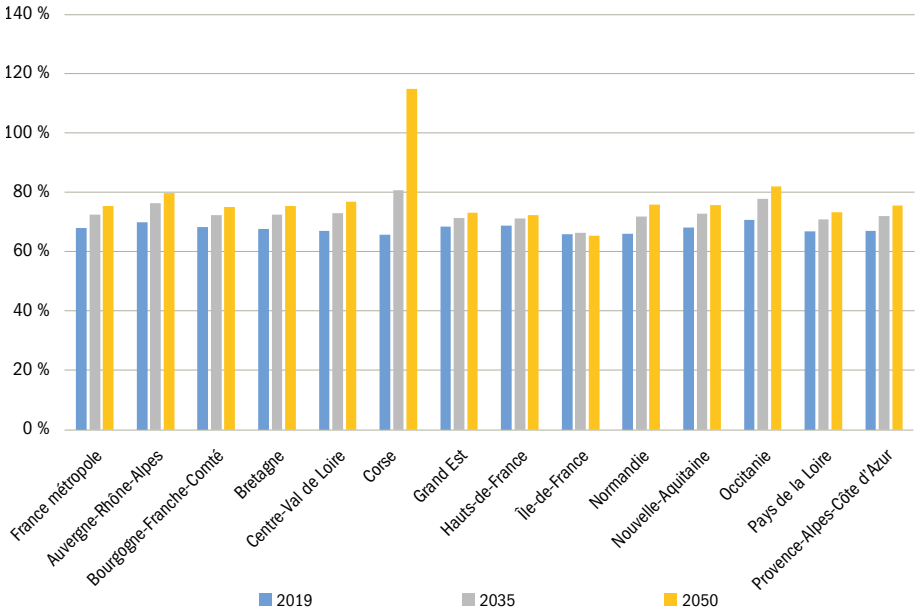


Figure 11 – Maladies vectorielles : ratio Sinistres/Primes à l'horizon 2050.

Source : ACPR (2021).

À l'inverse de la stratégie retenue par les assureurs sur les branches catastrophes naturelles, certains participants à l'exercice pilote n'ont pas reporté l'intégralité de la hausse des sinistres sur les primes à payer par les assurés. Il s'ensuit donc une légère dégradation du ratio S/P en moyenne et un resserement de la distribution au sein du marché sur l'horizon de l'exercice (Figure 12).

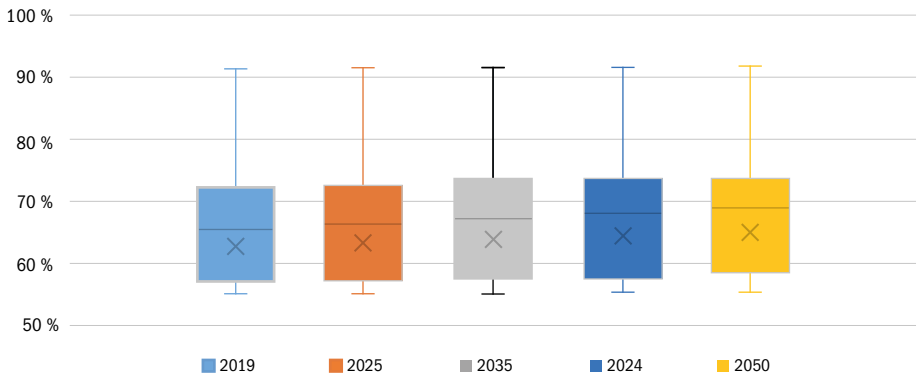


Figure 12 – Maladies Vectorielles : évolution des ratios Sinistres/Primes.

Note : le ratio sinistres/primes permet de mesurer la capacité des assureurs non-vie à couvrir les sinistres payés sur une période donnée avec les primes perçues sur cette même période. Aide à la lecture : en 2050, le ratio S/P médian de l'échantillon est de 68%, la moyenne s'élevant à 65%. Le ratio minimal est de 55% et maximal de 92%. Le ratio S/P du premier quartile s'élève à 59% et celui du troisième quartile à 74%

Source : ACPR (2021).

Les scénarios développés dans le cadre de l'exercice pilote ont également cherché à quantifier les conséquences d'une augmentation des températures sur la pollution de l'air et son impact sur les garanties en cas de décès, les garanties portant sur les frais de soins, ainsi que les garanties d'arrêts de travail, selon le scénario pessimiste du GIEC. La sinistralité associée à ces risques augmenterait de 119% entre 2019 et 2050 en France métropolitaine et ses conséquences seraient marquées sur les grandes métropoles.

Un premier bilan pour l'assurance

Pour évaluer l'impact d'une catastrophe naturelle, les assureurs disposent d'informations très granulaires sur la localisation des biens assurés. Ils ont besoin pour cela de connaître les coordonnées géographiques de l'événement climatique. L'exercice imposait cependant une approche différente, reposant sur l'hypothèse d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des catastrophes naturelles d'origine climatique devant être simulées en fonction d'une trajectoire de température. Comme évoqué précédemment, le réassureur public CCR a joué un rôle d'intermédiaire très important en appliquant le modèle climatique de Météo-France aux expositions des assureurs à une maille géographique très granulaire, garantissant également une comparabilité des résultats. Pour les rares organismes ne souhaitant pas passer par la CCR, l'ACPR, en collaboration avec le NGFS, avait mis à disposition une base de données projetant les principales variables climatiques au niveau mondial selon différents scénarios climatiques du GIEC, dont le RCP 8.5. Ces organismes ont éprouvé une grande difficulté à utiliser ces données pour en déduire les impacts en matière d'augmentation des sinistres sur leurs portefeuilles, en raison notamment de l'incompatibilité des données fournies avec les modèles utilisés et les hypothèses développées en interne. Ils ne sont pas non plus parvenus à projeter leur bilan à l'horizon 2050. Le travail portant sur la

nature et la granularité des données nécessaires pour conduire ce type d'exercice doit donc être poursuivi avec les organismes.

Au passif, en l'absence de décisions stratégiques de réallocations géographiques du portefeuille des assureurs, l'exercice pilote n'a pas pu mettre en évidence l'émergence d'un risque d'assurabilité. Les assureurs ont en effet considéré qu'ils pourraient continuer à couvrir toutes les régions indépendamment de l'impact hétérogène du risque climatique, en supposant par ailleurs que leurs clients seraient capables d'absorber financièrement l'augmentation des primes. Ainsi, les assureurs ont généralement choisi de maintenir leur ratio sinistres/primes stable, conservant essentiellement un bilan statique en augmentant les primes proportionnellement aux sinistres. Les assureurs semblent également être restés insensibles à l'hypothèse d'une réforme du régime CATNAT, intégrée dans l'exercice afin d'assurer l'équilibre du régime. Ainsi, aucun participant n'a modifié sa stratégie de réassurance.

Le choix de décisions de gestion plus élaborées, telles que la réallocation de portefeuilles ou une modification des programmes de réassurance, nécessiterait l'implication des instances dirigeantes des groupes d'assurance, qui n'a semble-t-il pas été effectuée dans le cadre de cet exercice exploratoire, contrairement à ce qui a pu être observé dans le cas des établissements bancaires. Des réflexions supplémentaires apparaissent donc nécessaires pour faire émerger des méthodes permettant d'évaluer l'impact des scénarios sur la pratique des assureurs, afin notamment de mieux mesurer le risque d'assurabilité inhérent au changement climatique.

L'impact indirect du risque physique sur le secteur bancaire

L'exercice pilote visait également à évaluer l'impact indirect du risque physique sur le secteur bancaire par des effets de deuxième tour, en s'appuyant sur les réponses des organismes d'assurance, afin d'évaluer l'impact d'une modification de la couverture assurancielle sur le risque de crédit. Toutefois, en l'absence de véritables décisions de gestion de la part des assureurs, cette évaluation a été effectuée à partir d'hypothèses *ad hoc* sur l'évolution de l'écart de protection, qui mesure l'écart entre les pertes économiques totales dues aux scénarios de changement climatique et les pertes couvertes par les assurances.

Les hypothèses utilisées pour calibrer l'évolution de l'écart de protection découlent, d'une part, d'hypothèses *ad hoc* sur l'évolution des sinistres au niveau mondial à l'horizon 2050, établies sur la base de données externes et, d'autre part, s'agissant de la France, de l'évolution de sinistralité (sécheresse, inondations, submersion marine) à l'horizon 2050, sur la base du scénario RCP 8.5 du GIEC, des simulations de Météo-France et de la CCR.

Hypothèses d'évolution de l'écart de protection en assurance au niveau mondial

Les hypothèses retenues reposaient sur les données publiées par le Réassureur Swiss-Re. Il était en particulier supposé un prolongement des tendances antérieures, soit :

- un triplement des pertes totales dues aux catastrophes naturelles entre 2014 et 2054, à l'instar de ce qui a été observé sur les quatre décennies précédentes ; cette hypothèse se traduit par une évolution exponentielle des pertes visant à refléter l'impact non linéaire du changement climatique en termes de fréquence et de coût des événements climatiques extrêmes ;
- un prolongement de la tendance observée sur les quatre dernières décennies de l'évolution des montants assurés.

L'écart de protection en assurance est mesuré par la différence entre les deux (*cf.* Figure 13 ci-dessous).

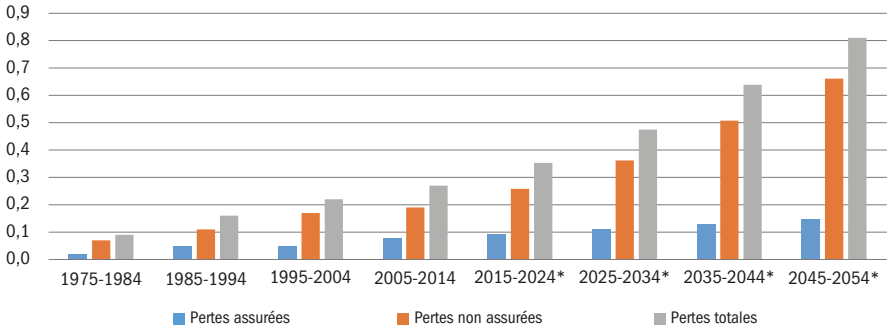


Figure 13 – Écart de protection en assurance (en % du PIB mondial).

Source : Swiss Re, ACPR (2021).

Sur la base de ces hypothèses et des écarts de protection observés par grandes zones géographiques, le scénario suivant d'augmentation de l'écart de protection a été retenu :

Tableau 2 – Variation du ratio des pertes non assurées sur les pertes économiques totales dues à des catastrophes naturelles entre 2019 et 2050.

Zone géographique	Variation de l'écart de protection à 2050
États-Unis	+ 3 pts
Amérique latine	+ 5 pts
Europe	+ 4 pts
Afrique	+ 5 pts
Asie	+ 5 pts
Océanie	+ 2 pts

Hypothèses d'évolution de l'écart de protection en assurance en France

S'agissant de la France, dont le ratio des pertes non couvertes sur le total des pertes économiques est actuellement proche de la moyenne européenne, on a supposé qu'il augmenterait également de près de 4 points de 2019 à 2050. Les pertes couvertes incluent le recours au régime de catastrophe naturelle.

On a supposé que l'évolution de cet écart de protection par département était fonction de la dynamique relative des sinistres par rapport à la moyenne nationale, fondée sur le scénario RCP 8.5 du GIEC et l'exercice réalisé par la Caisse Centrale de Réassurance en 2018.

La répartition entre ménages et entreprises est établie sur la base des données de 2018, les pertes agricoles ayant été réallouées au secteur des ménages. Cette répartition est supposée constante dans le temps.

Les hypothèses de variation de l'écart de protection en assurance par département, entre 2019 et 2050, sont données dans le Figure 14 ci-dessous. Cette variation correspond à la différence du ratio des pertes non couvertes sur le total des pertes économiques entre 2019 et 2050.

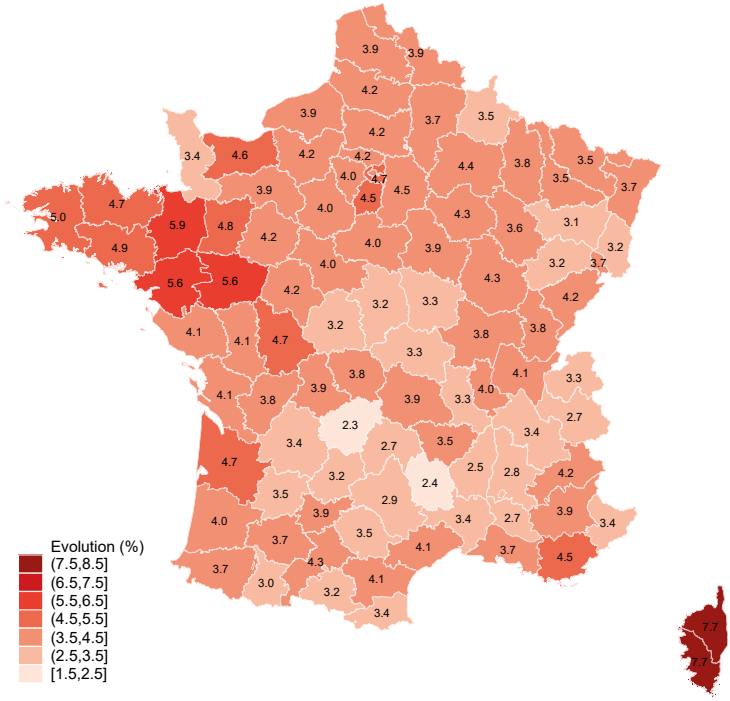


Figure 14 – Hypothèses ad hoc d'évolution de l'écart de protection assurantielle (2019-2050) en points de pourcentage.

Source : ACPR (2021).

Seuls deux groupes bancaires sur les neuf ayant participé à l'exercice de l'ACPR ont été en mesure de fournir une évaluation de l'impact de l'augmentation de l'écart de protection sur leurs paramètres de risque de crédit (impact sur les pertes en cas de défaut et les probabilités de défaut). Il ressortait que cette évaluation était en outre fondée sur l'exploitation d'informations conduisant à localiser les contreparties (entreprises) à l'aide de l'adresse de leur siège social. Les banques ne disposent pas, dans leur système d'information centralisé, des informations leur permettant de localiser précisément leurs expositions et de mesurer ainsi leur exposition au risque physique.

Des travaux complémentaires apparaissent donc nécessaires pour permettre une évaluation du risque physique portant sur les expositions relatives au financement ou à la garantie d'un bien immobilier et celles des portefeuilles *corporate* des établissements bancaires. Une première étape consiste pour ces derniers à intégrer, dans leur système d'information, la localisation géographique de leurs expositions. La seconde consiste à identifier, pour ces entreprises, la localisation des fournisseurs et clients-clés afin d'identifier les potentielles vulnérabilités résultant d'une rupture durable des chaînes d'approvisionnement causée par des événements climatiques.

- *Conclusion*

Si l'exercice pilote a bien atteint ses objectifs de mobilisation et de sensibilisation de l'industrie bancaire et de l'assurance aux risques induits par le changement climatique, il a aussi montré que de nombreux progrès restent à accomplir en matière de prise en compte du risque physique. L'absence ou le caractère lacunaire des informations publiées et dont disposent les entreprises financières en est une des causes principales. Cette difficulté pourrait être en partie progressivement levée avec les exigences futures (*a minima* au niveau européen) en matière de publications des informations extrafinancières. Il revient également aux établissements bancaires et aux organismes d'assurance de collecter ces informations, notamment au moment de la souscription d'un prêt ou d'un contrat d'assurance, ainsi que dans le cadre du suivi de la relation client. Pour le secteur de l'assurance, la question de la frontière d'assurabilité mérite également des travaux complémentaires, en tenant compte en particulier du comportement des individus face à une progression très rapide des primes d'assurance.

Modélisation à horizon 2050 de l'impact du changement climatique sur les pertes de récoltes pour informer leur assurabilité

Dorothée Kapsambelis, David Moncoulon,
Caisse centrale de réassurance (CCR)

Jean Cordier,
Agrocampus Ouest

Au cours des 20 dernières années, la France a été traversée par de nombreux événements climatiques qui ont engendré des pertes agricoles importantes. Les aléas qui causent le plus de dommages à une échelle nationale sont les sécheresses, le gel d'hiver et de printemps et les excès d'eau et, à une échelle très locale, les orages de grêle.

Très récemment, une partie importante du territoire français est impactée chaque année par une sécheresse de grande ampleur. Celle-ci engendre des pertes de récoltes importantes que l'on peut estimer à partir des données AGRESTE[1]. Par exemple, les sécheresses de 2015 et 2018 ont causé environ 15 % de pertes de rendements sur les prairies à l'échelle nationale. La sécheresse la plus importante observée sur l'historique 1989-2018 est celle de 2003, engendrant des pertes nationales dépassant 30 % pour les prairies et 15 % pour le blé tendre d'hiver. Les excès d'eau de mai et juin 2016 ont quant à eux conduit à des records de pertes de récoltes sur les grandes cultures, avec en particulier un taux de 28 % pour la culture de blé tendre d'hiver à l'échelle nationale.

Ces événements extrêmes fragilisent l'économie agricole et posent la question de la résilience des exploitations aujourd'hui et à moyen terme. En conséquence, ils doivent être pris en compte dans les démarches de prospective d'évolution du secteur agricole. Depuis plusieurs années, les experts du climat alertent sur le risque accru des territoires face aux événements extrêmes de sécheresses et de pluies intenses liés au dérèglement climatique (IMFREX 2002 ; IPCC 2012). Une meilleure connaissance du profil de ces risques en termes de fréquence et d'intensité à climat actuel (année 2000, valeurs extrêmes) et dans le futur (horizon 2050), de la vulnérabilité par type de récoltes et des dommages causés par les aléas climatiques permet de simuler des données chiffrées à l'échelle de la ferme France (ensemble des surfaces cultivées en France) et pour différentes catégories de cultures. Ces éléments alimentent la réflexion sur la stratégie de gestion des risques à l'échelle nationale et permettent d'analyser la répartition des charges de sinistres entre les différents acteurs (agriculteurs, assureurs, fonds publics). Ces outils servent également à mesurer l'impact de mesures de préventions en termes de dommages évités sur une filière végétale ou à l'échelle de l'exploitation agricole.

1. http://agreste.agriculture.gouv.fr

CCR, réassureur public en France, propose, avec la garantie d'État, une couverture qualifiée d'illimitée pour les principaux périls (inondations, sécheresses géotechniques, tremblements de terre, cyclones) dans le cadre du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles. CCR développe des outils de modélisation dans le but d'apporter une connaissance fine de l'exposition aux risques des territoires, des impacts des phénomènes sur les dommages assurés et du rôle de la prévention. Dans le domaine agricole, CCR est en charge de la gestion comptable du Fonds national de gestion des risques en agriculture. Dans le cadre d'une convention avec le ministère de l'agriculture et de l'alimentation, CCR est également responsable de la gestion de la base de données et du suivi de l'assurance récolte. Dans le domaine de la recherche, CCR codirige une thèse de doctorat en partenariat avec Agro-Campus Ouest, Météo-France et l'INRAe, dont l'objectif est la modélisation à horizon 2050 des événements extrêmes de sécheresses et d'excès d'eau liés au dérèglement climatique sur les productions végétales en France.

Cet article vise à donner des premiers éléments sur l'évolution de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes de sécheresses et d'excès d'eau à horizon 2050 et leur impact sur les céréales à pailles (blé tendre et orge) et sur les prairies fourragères. Ces catégories de cultures ont été retenues en premier lieu pour la qualité des données disponibles et leur poids dans la surface agricole utile (SAU) en France. Les céréales et les surfaces toujours en herbe représentent 63 % de la SAU. La France est ainsi le principal producteur de céréales dans l'Union européenne (26 % de la production totale) et le deuxième pays producteur bovin laitier (24,5 MT de lait) (ministère de l'agriculture et de l'alimentation 2020).

- *La modélisation des pertes de récoltes historiques*

Les productions végétales étudiées ici sont les céréales à paille (blé tendre d'hiver et orge d'hiver) et les prairies fourragères. Les pertes de production agricole sont calculées en utilisant la moyenne olympique de rendement sur cinq ans[2] comme rendement de référence. Cette méthode est notamment utilisée pour calculer le rendement de référence pour les contrats d'assurance multirisques climatiques. Les pertes de récoltes sont calculées à l'échelle départementale avec les données AGRESTE. À titre d'exemple, la Figure 1 présente les pertes de récoltes annuelles moyennes les plus importantes enregistrées sur la période 2000-2016 pour les cultures de blé tendre d'hiver, orge d'hiver et prairies.

2. Il s'agit d'une moyenne sur cinq ans en supprimant la plus haute et la plus basse valeur de rendement.

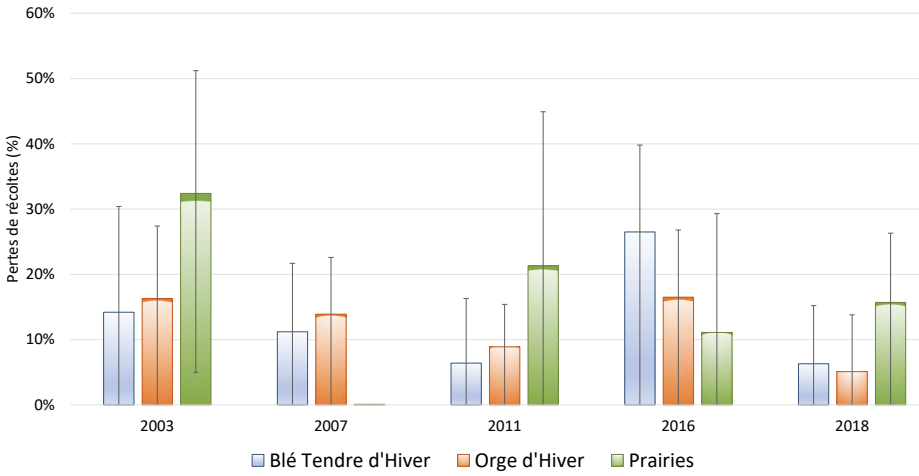


Figure 1 – Pertes de récoltes annuelles moyennes du blé tendre d'hiver, orge d'hiver et prairies pour les événements extrêmes de sécheresse (2003, 2011, 2018) et d'excès d'eau (2007, 2016).

Source : CCR.

L'étude de l'historique montre que les productions végétales ont été fortement impactées par des événements extrêmes comme les sécheresses de 2003, 2011, 2018 et l'excès d'eau de 2016. Cependant, les différentes productions ne sont pas soumises aux mêmes risques climatiques. Les céréales à pailles comme le blé tendre d'hiver et l'orge d'hiver ont subi des dommages importants lors des excès d'eau de 2016 et 2007. Les pertes de récoltes historiques de ces deux cultures sont très fortement corrélées (R^2 = 0,9) : ces cultures sont impactées par les mêmes risques avec des pertes de récoltes comparables sur les événements extrêmes. Les prairies quant à elles sont peu impactées par ce risque mais sont très sensibles au risque de sécheresse avec des pertes très importantes en 2003 et 2011.

- *Le lien avec le climat sur l'historique*

Afin d'étudier l'impact du changement climatique sur les productions végétales, il est nécessaire de faire le lien entre les paramètres climatiques et les pertes de récoltes. Pour ce faire, différents paramètres climatiques sur la période historique (1989-2018) ont été étudiés. Une analyse approfondie des indices climatiques déjà existants a été réalisée. Parmi les plus connus, on trouve notamment le SPI (Standardized Precipitation Index) développé par McKee, Doesken, et Kleist (1993) et basé sur les données de précipitations et le SPEI (Standardized Precipitation Evaporation Index) développé par Vicente-Serrano, Beguería, et López-Moreno (2010) basé sur la différence entre précipitations et évapotranspiration de référence. En France, un indicateur utilisé dans la détermination des sécheresses est le SSWI (Standardized Soil Wetness Index) qui représente la réserve d'eau utile dans le

sol ou l'eau disponible pour la plante (Soubeyroux *et al.* 2012). Ces indices représentent le phénomène météorologique de sécheresse mais le lien avec les pertes de récoltes n'est pas étudié. Ainsi, notre analyse a conduit à la création d'un nouvel indice climatique représentant les événements extrêmes de sécheresse et d'excès d'eau et corrélé aux pertes de récoltes étudiées. Cet indice, le DOWKI (Drought and Overwhelmed Water Key Indicator), mesure l'anomalie du bilan hydrique (différence entre précipitations et évapotranspiration) décadaire (10 jours) cumulée. L'indice est calculé sur une maille de 8*8 km sur toute la France, la grille de réanalyse SAFRAN (Système d'Analyse Fournissant des Renseignements Adaptés à la Nivologie). Cette grille est ensuite croisée avec le registre parcellaire graphique (RPG) pour prendre en compte l'occupation du sol des cultures à l'échelle parcellaire dans le calcul de la valeur départementale de l'indice.

Ainsi, le modèle de dommages construit sur la période 1989-2018 permet d'ajuster deux lois de corrélation permettant de projeter (1) la survenance d'un sinistre (taux de pertes départemental dépassant un seuil de 5%) et (2) le montant des pertes en cas de sinistre. À titre d'exemple, la Figure 2 montre la comparaison entre les valeurs de l'indice sécheresse (valeurs négatives du DOWKI), la fréquence de survenance d'un sinistre (ici sur prairies) et le taux de pertes moyen sur les données historiques disponibles (30 ans entre 1989 et 2018).

À l'aide de ce modèle, il est possible de simuler pour chaque valeur d'indice une probabilité de survenance d'un sinistre et un montant moyen de pertes par culture à l'échelle départementale.

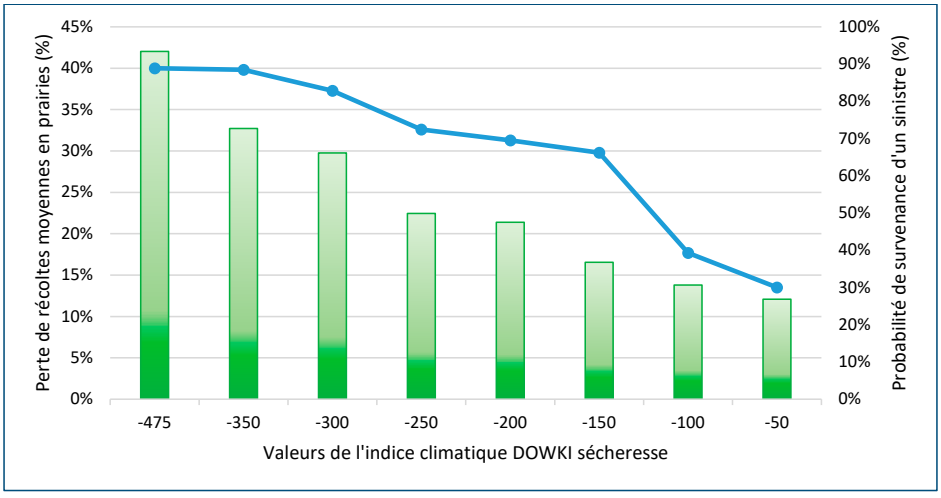


Figure 2 – Relation entre l'indice climatique DOWKI sécheresse, la probabilité de survenance d'un sinistre départemental (courbe bleue – échelle de droite) et les pertes de récoltes moyennes sur les prairies (en vert, échelle de gauche).

Source : CCR.

• *La simulation des événements extrêmes sur le modèle ARPEGE-Climat de Météo-France*

« Agir contre le changement climatique » fait partie des neuf objectifs proposés par la Commission européenne autour desquels doit s'articuler l'élaboration du programme de la politique agricole commune (2023-2027). Les États membres de l'Union européenne doivent s'appuyer sur ces objectifs pour élaborer leurs propres plans stratégiques. En France, les mesures de gestion des risques climatiques sont particulièrement étudiées afin de stabiliser le revenu des exploitations agricoles. L'abaissement du seuil de déclenchement et de la franchise à 20 % accompagné de l'augmentation des taux de subvention à 70 % de l'assurance multirisques climatique sont des pistes envisagées au niveau européen (règlement Omnibus de 2018). Par ailleurs, depuis 2014, les outils de gestion des risques agricoles comme l'assurance récolte sont intégrées au second pilier de la politique agricole commune (PAC) de l'UE. En France, la stabilisation du revenu des agriculteurs lors d'événements climatiques de grande ampleur fait partie des préoccupations actuelles du gouvernement, averti par les experts de l'augmentation de l'exposition aux sécheresses du territoire. En effet, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) alerte sur l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes et en particulier sur le risque de sécheresse, notamment sur le pourtour Méditerranéen (Bindi et Olesen 2010 ; Ciscar *et al.* 2011). Pour obtenir ces résultats, le GIEC a retenu quatre scénarios de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre. Les travaux de modélisation ci-après utilisent le scénario RCP 8.5[3] utilisé principalement dans le cinquième rapport d'évaluation du GIEC (AR5, 2013-2014) qui se traduit par une hausse des températures d'environ 3,7 °C d'ici la fin du siècle par rapport à la période 1986-2005. Ce scénario, toujours considéré comme pessimiste, permet d'avoir une vision conservatrice de l'évolution à venir des pertes de récoltes.

Le modèle ARPEGE-Climat de Météo-France simule 400 répétitions du climat de l'année 2000 (climat actuel) et 400 répétitions de l'année 2050 (climat futur). Cette méthode innovante permet d'envisager un large spectre de situations météorologiques possibles (événements climatiques extrêmes et non extrêmes).

La multiplication de situations météorologiques dans le climat actuel et le climat futur permet de prendre en compte une grande partie de la variabilité climatique annuelle. Ainsi, pour alimenter notre connaissance des événements rares, nous disposons de deux bases de données comparables présentant tous types d'événements, des plus fréquents aux plus extrêmes.

Les simulations du modèle ARPEGE-Climat modélisent 400 années de précipitations et d'évapo-transpiration (ETP) décadaires sur une maille de 8*8 km sur toute la France. La descente d'échelle est effectuée à l'aide d'une méthode quantiles/quantiles basée sur la grille de ré-analyse SAFRAN.

3. Le sixième rapport d'évaluation du GIEC (2021-2022) utilise principalement des scénarios dits « SSP ». En termes de climat futur le scénario SSP5-8.5 est très proche du RCP8.5.

- *2050 : une augmentation de la fréquence des événements extrêmes de sécheresses et peu d'évolution pour les événements d'excès d'eau*

Les événements de sécheresses extrêmes en 2050

L'analyse des valeurs de l'indice climatique démontre une aggravation de la valeur de l'indice moyen annuel de 40%. Cela veut dire que le déficit hydrique cumulé sur la période de culture, en mm, augmenterait de 40% en moyenne entre le climat actuel et 2050. Cette évolution peut aussi se traduire ainsi : une sécheresse qui survient à climat actuel avec une période de retour de 10 ans, surviendrait en 2050 tous les 6 ans.

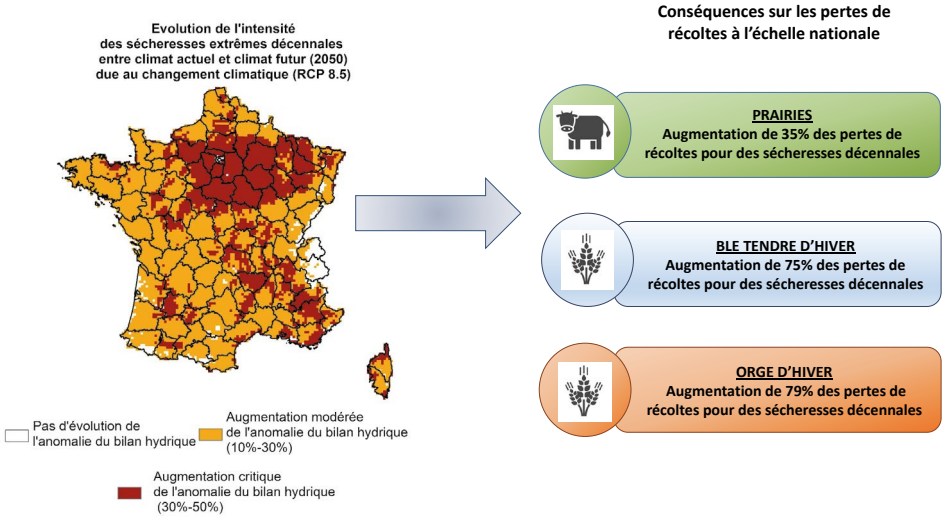


Figure 3 – Évolution de l'intensité des sécheresses extrêmes décennales mesurée par l'augmentation de l'anomalie de bilan hydrique (%) entre climat actuel (année 2000) et climat futur (2050) dû au changement climatique selon le scénario RCP 8.5 du GIEC et conséquences sur les pertes de récoltes de prairies, blé tendre d'hiver et orge d'hiver.

Source : CCR.

Cette augmentation des valeurs moyennes de l'indice s'accompagne d'une hausse des valeurs décennales (événements extrêmes de période de retour 10 ans) comme le montre la Figure 3. Ce déficit hydrique aggravé va engendrer une hausse du sinistre décennal (perte de récolte) de 35% pour les prairies, de 75% pour le blé tendre et de 79% pour l'orge d'hiver à l'échelle de la filière nationale de production. Le Tableau 1 donne l'évolution des pertes de récoltes décennales pour les trois cultures étudiées entre le climat actuel (année 2000) et le climat 2050. On note la sensibilité des prairies au risque de sécheresse avec des pertes de récoltes conséquentes à l'échelle nationale.

Tableau 1 – Pertes de récoltes décennales (%) dues aux sécheresses à climat actuel (année 2000) et à climat 2050 pour les cultures de prairies, de blé tendre d'hiver et d'orge d'hiver.

	Perte de récoltes décennales à l'échelle de la ferme France Climat actuel	**Pertes de récoltes décennales à l'échelle de la ferme France** Climat 2050 (RCP 8.5)
Prairies	18,5 %	25,0 %
Blé tendre d'hiver	4,2 %	7,4 %
Orge d'hiver	5,3 %	9,5 %

Source : CCR.

L'ensemble des régions françaises est concerné par cette augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses, mais comme le montre la carte de la Figure 3, le centre-nord de la France, région de production intensive de grandes cultures, sera particulièrement impacté.

Les événements d'excès d'eau en 2050

La comparaison entre les valeurs moyennes annuelles de l'indice climatique calculé pour les événements d'excès d'eau à climat actuel et à climat 2050 montre que les valeurs sont quasi constantes (+ 5% entre le climat actuel et 2050). L'excès d'eau de 2016 aurait ainsi la même période de retour (50 ans) à horizon 2050 qu'à climat actuel. En revanche, l'évolution n'est pas homogène sur le territoire métropolitain. En effet, l'évolution moyenne annuelle de notre indice d'excès d'eau montre une diminution de ses valeurs entre 25% et 50% sur le pourtour Méditerranéen alors que les valeurs de l'indice climatique augmentent dans la moitié Nord de la France. La Figure 4 présente l'évolution des événements d'excès d'eau décennaux entre le climat actuel et le climat 2050. La France semble peu exposée à ce risque extrême à horizon 2050, ce qui entraîne une stagnation des pertes de récoltes dues à ce péril à l'échelle nationale. Cependant, il est à noter que, pour des événements très rares (50 ans de période de retour par exemple), les pertes de récoltes sur les céréales sont très importantes (supérieures à 30% à l'échelle nationale).

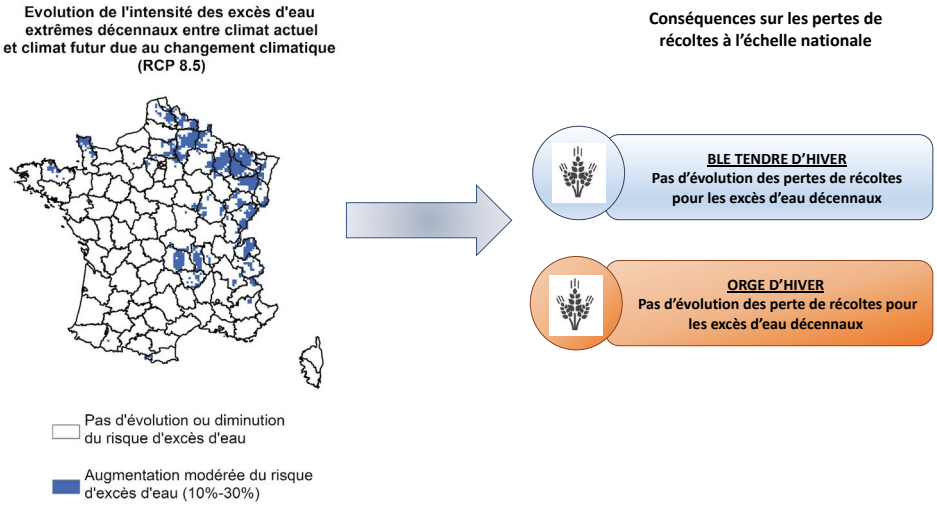


Figure 4 – Évolution de l'intensité des excès d'eau extrêmes décennaux mesurée par l'augmentation de l'anomalie de bilan hydrique (%) entre climat actuel (année 2000) et climat 2050 dû au changement climatique selon le scénario RCP 8.5 du GIEC et conséquences sur les pertes de récoltes de blé tendre d'hiver et orge d'hiver.

Source : CCR.

Tableau 2 – Pertes de récoltes décennales (%) dues à l'excès d'eau à climat actuel (année 2000) et à climat 2050 pour les cultures de blé tendre d'hiver et l'orge d'hiver.

	Perte de récoltes décennales à l'échelle de la ferme France Climat actuel	**Pertes de récoltes décennales à l'échelle de la ferme France** Climat 2050 (RCP 8.5)
Blé tendre d'hiver	6,2 %	6,7 %
Orge d'hiver	4,7 %	4,7 %

Le tableau 2 présente les pertes de récoltes décennales dues à l'excès d'eau à climat actuel et climat 2050 pour le blé tendre d'hiver et l'orge d'hiver. Les prairies ne sont pas sensibles à ce péril, c'est pourquoi elles ne sont pas représentées.

• *Conclusion*

Le modèle développé à la CCR en partenariat avec Météo-France permet de simuler les événements climatiques et leurs conséquences, de l'aléa jusqu'aux dommages pour les récoltes. La modélisation climatique permet d'accroître nos connaissances sur les événements extrêmes et leur évolution dans le futur afin d'anticiper les risques et de proposer des mesures d'adaptation au changement climatique qui contribuent à stabiliser le revenu des exploitations agricoles. Nos travaux ont conclu à une augmentation du risque de sécheresse extrême de 40 % environ et à un doublement de leur fréquence à l'échelle de la France à horizon 2050, avec des régions particulièrement touchées : le centre de la France (région de la Beauce), le Nord et l'Est. Ce sont des régions où se concentre une part importante des grandes cultures et des cultures fourragères. Cependant, même

si l'augmentation des sécheresses extrêmes est plus importante dans la moitié Nord de la France, la Méditerranée reste la région qui enregistre les pertes de récoltes les plus importantes. L'exposition au risque dans le Nord se rapproche de celle observée aujourd'hui dans le Sud de la France, générant ainsi un risque systémique plus important. Ces évolutions de l'aléa sont couplées à de fortes augmentations des pertes de récoltes pour les trois cultures étudiées, prairies fourragères, blé tendre et orge. Pour l'excès d'eau, l'augmentation du risque concerne surtout la moitié Nord de la France mais cette augmentation reste plus modérée que pour les sécheresses.

La modélisation des risques climatiques permet de fournir des éléments chiffrés sur lesquels s'appuient les réflexions sur les politiques publiques de gestion des risques, ainsi que sur la résilience du système assurantiel. Le développement de l'assurance récolte et l'accompagnement des mesures de prévention individuelles ou collectives peuvent ainsi être mieux évalués face à cette augmentation de l'exposition du territoire et des principales cultures étudiées.

Conclusion

Ce rapport témoigne en premier lieu de l'utilité d'accélérer la mobilisation des acteurs publics et privés. Si certains acteurs sont déjà bien engagés pour devenir résilients au changement climatique, les prospectives illustrent également qu'on ne s'adapte que rarement du jour au lendemain. En s'appuyant sur les services climatiques et l'expertise à l'œuvre en France, tous deux de plus en plus sollicités, la prospective permet d'identifier les solutions et choix d'adaptation à faire mais aussi d'anticiper les compétences et concertations encore nécessaires pour y parvenir.

Ce rapport témoigne en deuxième lieu de l'intérêt et de la nécessité de prendre des décisions inclusives. La prospective permet de choisir de manière informée à quel moment on veut agir et comment : en amont des premiers impacts et dysfonctionnements, lorsqu'ils se manifestent déjà, plus tard ou bien à chacune de ces étapes. Si ces choix, même radicaux, sont pris avec l'accord des parties prenantes concernées, ils seront acceptés plus facilement, alors qu'à l'inverse les décisions prises en urgence et sans consultations préalables risquent d'imposer des arbitrages difficiles et de se révéler à perte.

Ce rapport témoigne en troisième lieu de l'intérêt et de la nécessité économique de l'adaptation. Ces choix sont tous, de près ou de loin, des décisions d'investissement, qu'ils soient publics ou privés. Les acteurs en capacité d'intégrer l'adaptation dans leurs opérations s'en rendent bien compte, à l'image d'un groupe industriel qui témoignait ainsi lors des consultations préparatoires au deuxième plan national d'adaptation au changement climatique : « Notre capacité d'adaptation est un facteur de compétitivité. » L'appréciation des opportunités et risques encourus touche aussi le cœur de métier du secteur financier et il a toute raison de s'y intéresser, comme nous tous.

Bibliographie et pour aller plus loin…

Achin C., Bernard V., George-Marcelpoil E., (2015), « L'innovation lue au prisme de son volet organisationnel : l'exemple de la diversification dans les stations de moyenne montagne », Revue *Sciences Eaux & Territoires*, « L'innovation ouverte au service de l'environnement », nº 17, 2015, p. 52-57, 29/10/2015. http://www.set-revue.fr/linnovation-lue-au-prisme-de-son-volet-organisationnel-lexemple-de-la-diversification-dans-les, doi : 10.14758/SET-REVUE.2015.17.10

ACPR (2019a), « Les groupes bancaires français face au risque climatique », *Analyses et synthèses* nº 101, avril, https://acpr.banque-france.fr/analyses-et-syntheses-ndeg101-les-groupes-bancaires-francais-face-au-risque-climatique

ACPR (2019b), « Les assureurs français face au risque de changement climatique », *Analyses et synthèses* nº 102, avril, https://acpr.banque-france.fr/analyses-et-syntheses-ndeg102-les-assureurs-francais-face-au-risque-de-changement-climatique

ACPR (2021), « Une première évaluation des risques financiers dus au changement climatique. Les principaux résultats de l'exercice pilote climatique 2020 », *Analyses et synthèses*, nº 102, mai, https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/20210602_as_exercice_pilote.pdf

ADEME, « Construire des trajectoires d'adaptation au changement climatique » – Guide méthodologique TACCT et https://tacct.ademe.fr.

AESN et DRIEE (2016), « Mission sur le fonctionnement hydrologique du bassin de la Seine », rapport au Premier ministre, http://www.eau-seine-normandie.fr/sites/public_file/inline-files/Rapport_PM_hydrologie_Seine_2016_VF.pdf

AESN (2016), « Stratégie d'adaptation au changement climatique du bassin Seine-Normandie », http://www.eau-seine-normandie.fr/domaines-d-action/strategie_adaptation_climatique

AESN (2019), « Programme Eau & climat 2019-2024 », http://www.eau-seine-normandie.fr/programme_eau_climat_seine_normandie

AESN (2021), « Les témoignages des signataires », https://fr.calameo.com/agence-de-l-eau-seine-normandie/read/004001913023161af9eea

Allenvi (2016), « Services climatiques pour l'adaptation au changement climatique », étude publiée en janvier 2016 – 235 p.

Arlot M.-P. (2019), « Le projet AdaMont, enjeux, valeurs et fondements méthodologiques », Revue *Sciences Eaux & Territoires*, « Changement climatique : quelle stratégie d'adaptation pour les territoires de montagne ? », nº 28, 2019, p. 8-11, 01/08/2019, http://www.set-revue.fr/le-projet-adamont-enjeux-valeurs-et-fondements-methodologiques, doi : 10.14758/SET-REVUE.2019.2.03

ASCA & Épices (2020), « Étude de synthèse bibliographique sur les actions destinées à lutter contre les pollutions diffuses agricoles des captages d'eau potable », https://fr.calameo.com/agence-de-l-eau-seine-normandie/read/0040019135a8c0c4b8ab9

Aspar, J. (2019), « Pratiques et systèmes agricoles résilients en condition de sécheresse. Quels leviers agroécologiques pour les agriculteurs du bassinSeine-Normandie ? », http://www.eau-seine-normandie.fr/sites/public_file/inline-files/Rapport-final-Pratiques-et-systemes-agricoles-resilients-en-conditions-de-secheresse.pdf

Berard-Chenu, L., François, H., George, E., and Morin, S. (2021), « Past changes in natural and managed snow reliability of French Alps ski resorts from 1961 to 2018 », *The Cryosphere Discuss*. [preprint], https://doi.org/10.5194/tc-2021-270, in review.

Biesbroek, G. R., Swart, R. J., Carter, T. R., Cowan, C., Henrichs, T., Mela, H., Morecroft, M. D., Rey, D. (2010), « Europe adapts to climate change : Comparing National Adaptation Strategies », *Global Environmental Change*, 20, 3, 440-450, doi : 10.1016/j. gloenvcha.2010.03.005

Billy, J., Robin, N., Hein, C. J., Certain, R., FitzGerald, D. M. (2015), « Insight into the late Holocene sea-level changes in the NW Atlantic from a paraglacial beach-ridge plain south of Newfoundland », *Geomorphology,* 248, 134-146, doi : 10.1016/j. geomorph.2015.07.033

Bindi, M., et Olesen, J. (2010), « The responses of agriculture in Europe to climate change », *Regional Environmental Change* 11 (mars) : 151-58, https://doi.org/10.1007/s10113-010-0173-x

Boé, J. *et al.* (2020), « Large discrepancies in summer climate change over Europe as projected by global and regional climate models : causes and consequences », *Climate Dynamics* 54 : 2981-3002, https://doi.org/10.1007/s00382-020-05153-1

Boé, J., Radojevic, M., Bonnet, R., Dayon, G. (2018), « Scénarios sécheresse sur le bassin Seine-Normandie »

Bono (de), E. (1985), *Six Thinking Hats*, London : Penguin Books, 192 p.

Bootz, J. & Monti, R. (2008), « Proposition d'une typologie des démarches de prospective participative pour les entreprises. Trois cas illustratifs : EDF R&D, Axa France et BASF Agro », *Management & Avenir*, 19, 114-131. https://doi.org/10.3917/mav.019.0114

Bootz, J. P. (2003), *Prospective appliquée : création de connaissances et apprentissage organisationnel : construction d'un modèle explicatif fondé sur une approche cognitive*, thèse de doctorat : sciences de gestion, Paris, Cnam, en partenariat avec l'université Louis-Pasteur (Strasbourg), p. 28.

Brémond, P., « En quoi l'urgence sociale interroge-t-elle les pratiques professionnelles ? », avec., Gérardin, É., Ginestet, J., *Empan* 2002/2 (nº 46), p. 129-135, https://www.cairn.info/revue-empan-2002-2-page-129.htm

Brisson, N., Levrault, F., (2012), « Livre vert du projet CLIMATOR : Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces », ADEME.

Buontempo, C., Hanlon, H. M., Bruno Soares, M., Christel, I., Soubeyroux, J.-M., Viel, C., Calmanti, S., Bosi, L., Falloon, P., Palin, E., J., Vanvyve, E., Torralba, V., Gonzalez-Reviriego, N., Doblas-Reyes, F., Pope, E. C. D., Newton, P., Liggins, F., « What have we learnt from EUPORIAS climate service prototypes ?, » *Climate Services*, Volume 9, 2018, Pages 21-32.

Bush, E., Lemmen, D. S. (2019,) « Canada's Changing Climate Report », Ottawa, Government of Canada (Environment and climate change Canada) http://publications.gc.ca/collections/collection_2019/eccc/En4-368-2019-fra.pdf

Cash, D., Clark, W. C., Alcock, F., Dickson, N. M., Eckley, N., Jäger, J. (2003), « Salience, Credibility, Legitimacy and Boundaries : Linking Research, Assessment and Decision Making », *SSRN Scholarly Paper* ID 372280. Rochester, NY : Social Science Research Network. doi : 10.2139/ssrn.372280

CEDD, février 2010, « Économie de l'adaptation au changement climatique », résumé du rapport de Perthuis (de), C., Hallegatte S. et Lecocq, F.

Ciscar, J.-C., A. Iglesias, L. Feyen, L. Szabo, D. Van Regemorter, B. Amelung, R. Nicholls, *et al.* (2011), « Physical and Economic Consequences of Climate Change in Europe », *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108 (7) : 2678-83, https://doi.org/10.1073/pnas.1011612108

Claude, G., Lavarde, P., Viora, M., Guespereau, M. (2015), « Évaluation du plan national d'adaptation au changement climatique », 010178-01. Paris, France, CGEDD, 202 p.

Clerc, L. (2020), « Évaluer les risques et les vulnérabilités et sensibiliser les acteurs financiers : le rôle des stress tests climatiques », *Revue d'économie financière*, nº 138, 2020/2.

Cnam des Pays de la Loire. #2038, « Bienvenue dans le futur… », https://www.cnam-paysdelaloire.fr/culture/evenements-projets/2038/2038-bienvenue-dans-le-futur–872591.kjsp

Cniel _ Bocage cotentin :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10201632124920298149

Cniel _ Boischaut :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10324748124921429209

Cniel _ Boulonnais :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10221061124920492439

Cniel _ Bresse :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10201630124920298129

Cniel _ Chaourçois :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10201631124920298139

Cniel _ Confolentais :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10211626124920398089

Cniel _ Coteaux du Béarn :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10181732124929099149

Cniel _ Coteaux du Tarn :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10178884124929960669

Cniel _ Haut Beaujolais :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10269794124920879769

Cniel _ Mauges :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&rec ord=10178889124929960619

Cniel _ Nord Ardèche :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&rec ord=10249462124920676449

Cniel _ Pays de Caux :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&rec ord=10178880124929960629

Cniel _ Pays de Morlaix :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&rec ord=10303588124921217609

Cniel _ Périgord noir :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&rec ord=10178882124929960649

Cniel _ Plateau de Langres :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&rec ord=10237457124920556399

Cniel _ Plateau lorrain :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&rec ord=10241374124920695569

Cniel _ Saintonge :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&rec ord=10178883124929960659

Cniel _ Seconds plateaux du Jura :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&rec ord=10178876124929960589

Cniel _ Sud de l'Ille-et-Vilaine :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&rec ord=10181733124929099159

Cniel _ Sundgau :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&rec ord=10237458124920556309

Cniel _ Résultats des travaux du programme « Bâtiments d'élevage laitier de demain », programme multipartenarial financé par le Cniel sur l'adaptation des bâtiments d'élevage laitiers pour limiter les situations de stress thermique :

Le plan d'action :
https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10300437124921286199

La synthèse des résultats des travaux :
https://cnielinfos.com/Record.htm?idlist=1&record=10300446124921286289

Présentation du programme CAICalor, conduit par Idele et financé par APIS-Genes :
https://idele.fr/detail-article/caicalor-etude-de-ladaptation-des-bovins-au-changement-climatique

Comptes rendus de la délégation sénatoriale à la prospective – jeudi 12 novembre 2020 – audition de MM. Yannick Blanc, président, et François de Jouvenel, délégué général, de Futuribles sur l'utilité et les méthodes de la prospective.

Conseil départemental de l'Isère – Isère Tourisme (2018), « Perspectives d'enneigement et impacts sur les ressources des stations iséroises (2025-2050) », document de synthèse, (travail mené conjointement avec Irstea LESSEM, Naturascop et KPMG), https://pro.isere-tourisme.com/neige-de-culture

Costas, S., Ferreira, O., Martinez, G. (2015), « Why do we decide to live with risk at the coast ? », *Ocean & Coastal Management*, 118, A, 1-11, doi : 10.1016/j.ocecoaman.2015.05.015

Damm, A., Köberl, J., Stegmaier, P., Jiménez Alonso, E., Harjann, A., (2019), *The Market for Climate services in the Tourism Sector – An Analysis of Austrian Stakeholders' Perceptions.*

Dayon, G. (2015), *Évolution du cycle hydrologique continental en France au cours des prochaines décennies*, thèse de doctorat, https://www.theses.fr/2015TOU30252

De La Torre, Y. (2021), « Érosion de l'isthme Miquelon-Langlade en février et mars 2021 », rapport d'expertise BRGM/RP-70620-FR. BRGM, p. 24.

De La Torre, Y., Douris, L., Bulteau, T., Garcin, M., Lecacheux, S. (2016), « VULIT 2 – Vulnérabilité du littoral de Saint-Pierre-et-Miquelon face aux risques côtiers. Phase 2 : caractérisation des aléas recul du trait de côte et submersion marine », rapport final BRGM/RP-63988-FR BRGM, 179 p. (en ligne : Saint-Pierre-et-Miquelon, http://www.saint-pierre-et-miquelon.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2016_vulnerabilite_littoral_SPM_Risques-cotiers_BRGM.pdf)

De La Torre, Y., Falguière, S., Le Roy, M. (2013), « VULIT SPM1 – Vulnérabilité du littoral de Saint Pierre et Miquelon face aux risques côtiers. Phase 1 : état des lieux de la dynamique côtière et des enjeux », rapport final BRGM/RP-62935-FR BRGM, 117 p.

Département de la Gironde, « Entrer en résilience avec l'outil d'animation "33 et si…" », https://www.gironde.fr/actualites/entrer-en-resilience-avec-loutil-danimation-33-et-si

Département de la Gironde, « Entrer en résilience », https://www.gironde.fr/collectivites/territoires/entrer-en-resilience

Depraz, S., Laslaz, L. (2017), « Conflicts, acceptance problems and participative policies in the national parks of the French Alps », *Journal on Protected Mountain Areas Research and Management*, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 9/special issue, 46-56, doi:10.1553/eco.mont-9-sis46

Dreal Bretagne (2017), « Approche prospective pour une gestion durable du trait de côte en Bretagne. Guide méthodologique », http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/prospective-pour-une-gestion-durable-du-trait-de-a3426.html, 46 p.

Dreal Bretagne, « Étude interrégionale Grand-Ouest d'adaptation au changement climatique », http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/etude-interregionale-grand-ouest-d-adaptation-au-r1038.html

Dreal des Pays de la Loire (2009), « Qu'est-ce que la prospective, d'après la typologie de Jean-Philippe Bootz ? (*storytelling*) », 4 p, http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/definitions_avril2009.pdf

Dreal des Pays de la Loire, « Lettres d'information consacrées à la prospective territoriale », http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/lettres-d-information-consacrees-a-la-prospective-r587.html

DRIAS les futurs du climat, « Projections climatiques pour l'adaptation de nos sociétés », http://www.drias-climat.fr

Durance, P., Godet, M., Mirénowicz, P., Pacini, V., « La prospective territoriale, pour quoi faire ? Comment faire ? », *Cahiers du Lipsor*, série recherches, 142 p.

Eisenack, K., Moser, S. C., Hoffmann, E., Klein, R. J. T., Oberlack, C., Pechan, A., Rotter, M., Termeer, C. J. A. M. (2014), « Explaining and overcoming barriers to climate change adaptation », *Nature Climate Change*, 4, 10, 867-872, doi : 10.1038/nclimate2350

Esculier, F. (2018), « Le système alimentation/excrétion des territoires urbains : régimes et transitions socio-écologiques », thèse, http://www.theses.fr/2018PESC1028.

Fernández Galeote D., Rajanen M., Rajanen D., Legaki N.-Z., Langley D. J. *et al.* (2021), « Gamification for climate change engagement : review of corpus and future agenda », *Environ. Res. Lett.* 16-063004, https://doi.org/10.1088/1748-9326/abec05

Findlater, K., Webber, S., Kandlikar, M., & Donner, S. (2021). « Climate services promise better decisions but mainly focus on better data » *Nature Climate Change*, *11*(9), 731-737.

Fournis, Y., Fortin, M.-J. (2015), « Une définition territoriale de l'acceptabilité sociale : pièges et défis conceptuels », *[Vertig0] La revue électronique en sciences de l'environnement*, université du Québec à Montréal, 15, 3, 18 p., doi:doi.org/10.4000/vertigo.16682

Francois H., Gayrard J.-L., George E., Labonne S., Nettier B., Philippe F., Piazza-Morel D., Richard D., Véron F. (2019), « Enjeux et bonnes pratiques d'adaptation pour le territoire du Vercors, revue *Sciences Eaux & Territoires*, « Changement climatique : quelle stratégie d'adaptation pour les territoires de montagne ? », nº 28, 2019, p. 62-69, 01/08/2019, http://www.set-revue.fr/recits-dadaptation-enjeux-et-bonnes-pratiques-dadaptation-pour-le-territoire-du-vercors, DOI : 10.14758/SET-REVUE.2019.2.13

Gallety J. C., Goux-Baudiment F., Soulet G., Courson J. (2008), *Quiz pour conduire un exercice de prospective territoriale*, Certu, 135 p.

Gerbaux M., Spandre P., François H., George E., Morin S. (2020), « Fiabilité de l'enneigement et disponibilité des ressources en eau pour la production de neige dans les domaines skiables du département de l'Isère (France), en conditions climatiques actuelles et futures », *Journal of Alpine Research|Revue de géographie alpine*, http://journals.openedition.org/rga/6724, https://doi.org/10.4000/rga.6724

Giget, M. (1998), *La dynamique stratégique de l'entreprise*, Dunod, 346 p.

Godet M., Durance, P., « Prospective stratégique, problèmes et méthodes », *Cahiers du Lipsor* nº 20, P. 53.

Godet, M., Monti, R., Meunier, F., Roubelat, F., « La boîte à outils de prospective stratégique », *Cahiers du Lipsor* nº 5, p.122.

Gwiazdzinski L., Cholat F. (2021), « Territoires apprenants et fabrique de situations. Pistes et enjeux pour la formation et la cité ». Luc Gwiazdzinski, Florent Cholat. *Territoires apprenants. Un processus d'apprentissage émergent à l'approche du réel*, Elya Éditions, p. 39-61, 2021, 979-10-91336-161 (halshs-03119481)

Haasnoot, M., Brown, S., Scussolini, P., Jimenez, J. A., Vafeidis, A. T., Nicholls, R. J. (2019), « Generic adaptation pathways for coastal archetypes under uncertain sea-level rise », *Environmental Research Communications*, 1, 7, 12, doi : 10.1088/2515-7620/ab1871

Hoffmann S., Pohl C., Hering J. G. (2017), « Methods and procedures of transdisciplinary knowledge integration : empirical insights from four thematic synthesis processes », *Ecology and Society* 22(1) : 27, https://doi.org/10.5751/ES-08955-220127

Imagine La (conseil de développement de la Loire-Atlantique), https://www.imaginela.fr

IMFREX, 2002, « Impact des changements anthropiques sur la fréquence des phénomènes extrêmes de vent de température et de précipitations ».

Insee, « Les projections de population Omphale », https://www.insee.fr/fr/information/2546485

Institut de l'élevage, Arvalis-Institut du végétal, (2009) : « Changement climatique : conséquences et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore » : colloque, Paris, le 22 octobre 2009 : recueil de communications.

Institut de l'élevage (Idele), « Le Rami fourrager, un jeu pour construire collectivement des systèmes fourragers », https://idele.fr/detail-article/le-rami-fourrager-un-jeu-pour-construire-collectivement-des-systemes-fourragers

IPCC (2019), « IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate » [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. M. Weyer (eds.)]. In press.

IPCC (2012), « Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation ». *A special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, UK, and New York, NY, USA.

Jeanjean, E. (2019), « Le projet AdaMont, accélérateur de la prise de conscience du changement climatique dans le Vercors », revue *Sciences Eaux & Territoires*, « Changement climatique : quelle stratégie d'adaptation pour les territoires de montagne ? », nº 28, p. 76-79, 01/08/2019, http://www.set-revue.fr/retour-dexperience-le-projet-adamont-accelerateur-de-la-prise-de-conscience-du-changement-climatique, doi : 10.14758/SET-REVUE.2019.2.15

Jouvenel (de) H. (2002), « La démarche prospective, un bref guide méthodologique », revue *Futuribles* nº 247, novembre 1999, mise à jour 2002.

Kapsambelis, D., Moncoulon, D., Cordier, J., (2019), « An Innovative Damage Model for Crop Insurance, Combining Two Hazards into a Single Climatic Index », *Climate* 7 (11) : 125, https://doi.org/10.3390/cli7110125

Laïdi, Z., « L'urgence ou la dévalorisation culturelle de l'avenir », *Esprit, Urgences démocratiques*, nº 2, février 1998, p. 8.

Lamblin V. (2018), « L'analyse morphologique – Une méthode pour construire des scénarios prospectifs. Prospective and Strategic Foresight Toolbox », *Futuribles*, https://www.futuribles.com/fr/groupes/prospective-and-strategic-foresight-toolbox/les-fiches

Lammel, A. (2015), « Changement climatique : de la perception à l'action », *Écologie politique* : https://hal-univ-zparis8.archives-ouvertes.fr/hal-02113525)

McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., (1993), « The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology », In 179-84. Boston : American Meteorological Society.

Medci (2013), « Stratégie d'adaptation au changement climatique dans le Grand Ouest », rapport phase 1 – partie 1, http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/finalites-et-contenu-de-l-etude-du-grand-ouest-a2827.html

Météo-France, « Météo-France éclaire le climat en France jusqu'en 2100 », https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/meteo-france-eclaire-le-climat-en-france-jusquen-2100

Météo-France (2019), « Évaporation des lacs-réservoirs EPTB Seine Grands Lacs »

Meur-Ferec, C., Rabuteau, Y. (2014), « Plonevez-les-Flots : a fictional showcase of the dilemmas faced by local authorities dealing with coastal hazard management », *Espace géographique*, 43, 1-2014, 18-34 : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01006481

Ministère de l'agriculture et de l'alimentation (2020), « Mémento de la Statistique Agricole 2019 »

Morin S., Arlot M.-P. (2019), « Services climatiques : des outils pour les territoires ? », revue *Sciences Eaux & Territoires*, « Changement climatique : quelle stratégie d'adaptation pour les territoires de montagne ? », n° 28, p. 84-89, 01/08/2019, http://www.set-revue.fr/services-climatiques-des-outils-pour-les-territoires, doi : 10.14758/SET-REVUE.2019.2.18

Morin, S., Samacoïts, R., François, H., Carmagnola, C. M., Abegg, B., Demiroglu, O. C., Pons, M., Soubeyroux, J.-M. Lafaysse, M., Franklin, S., Griffith, G., Amacher Hoppler, D. K. A., George, E., Buontempo, C., Almond, S., Dubois, G., Cauchy, A., (2021), « Pan-European meteorological and snow indicators of climate change impact on ski tourism », *Climate Services*, 22, 100215, https://doi.org/10.1016/j.cliser.2021.100215

Oppenheimer, M., Glavovic, B. C., Hinkel, J., Van de Wal, R., Magnan, A. K., Abd-Elgawad, A., Cai, R., Cifuentes-Jara, M., DeConto, R., Gosh, T., Hay, J. E., Isla, F., Marzeion, B., Meyssignac, B., Sebesvari, Z. (2019), « Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities », *in IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. M. Weyer (eds.)], IPCC, in press, 126 p.

Parcel, « Et si l'alimentation de votre territoire devenait locale et durable ? », https://parcel-app.org

Paris (2021), « Actualisation du diagnostic des vulnérabilités et des robustesses du territoire parisien face au changement climatique et à la raréfaction des ressources », ville de Paris.

Paris (2014), « Étude des vulnérabilités et des robustesses du territoire parisien face au changement climatique et à la raréfaction des ressources », ville de Paris.

Paris (2012), « Étude pluridisciplinaire des impacts du changement climatique à l'échelle de l'agglomération parisienne », programme de recherche financé par la ville de Paris coordonné par Météo-France et le Centre scientifique et technique du bâtiment en partenariat avec l'Agence parisienne d'urbanisme et l'Agence parisienne du climat.

Paris (2018), « Plan Climat Air Énergie Territorial de Paris », 2018.

Paris (2007), « Plan Climat de Paris ».

Paris (2012), « Plan Climat de Paris ».

Paris (2015), « Stratégie d'adaptation au changement climatique ».

Paris (2021), synthèse « Paris face aux changements climatiques ».

Philippe F., Jonas E., Vidaul L., Piazza-Morel D., Arlot M.-P. *et al.* (2019), « MAIA, un modèle de données support de la démarche d'adaptation », revue *Sciences Eaux & Territoires*, « Changement climatique : quelle stratégie d'adaptation pour les territoires de montagne ? », nº 28, 2019, p. 30-35, 01/08/2019, http://www.set-revue.fr/maia-un-modele-de-donnees-support-de-la-demarche-dadaptation, doi : 10.14758/SET-REVUE.2019.2.08

Philippenko X., Goeldner-Gianella L., Le Cozannet G., Grancher D., De La Torre Y. (2021), « Perceptions of climate change and adaptation : A subarctic archipelago perspective (Saint-Pierre-and-Miquelon, North America), Ocean and Coastal Management », in press, doi : 10.1016/j. ocecoaman.2021.105924

Piazza-Morel D. (2019), « Des ateliers participatifs pour penser l'adaptation au changement climatique à l'échelle des territoires », revue *Sciences Eaux & Territoires*, « Changement climatique : quelle stratégie d'adaptation pour les territoires de montagne ? », nº 28, 2019, p. 18-23, 01/08/2019, http://www.set-revue.fr/des-ateliers-participatifs-pour-penser-ladaptation-au-changement-climatique-lechelle-des-territoires, doi : 10.14758/SET-REVUE.2019.2.06

PNR de la Brière, « Prenez part à l'avenir de la Brière 2060 », https://www.parc-naturel-briere.com/fr/leparc/un-projet-partage/les-laboratoires-de-transition

PNR de la Brière, « Prenez part à l'avenir de la Brière 2060 », https://www.parc-naturel-briere.com/fr/leparc/un-projet-partage/les-laboratoires-de-transition

PNR Loire-Anjou-Touraine, « Bons baisers de 2070 », https://www.parc-loire-anjou-touraine.fr/les-services/services-aux-associations/emprunt-dexpositions/bons-baisers-de-2070

PNR Loire-Anjou-Touraine, « Destination 2050 : osez les voyages du futur », https://www.parc-loire-anjou-touraine.fr/les-services/services-aux-associations/emprunt-dexpositions/destination-2050-osez-les-voyages-du

PNR Loire-Anjou-Touraine, « Ici*2038 », https://www.ici2038.fr/

Ranasinghe, R., Ruane, A. C., Vautard, R., Arnell, N., Coppola, E., Cruz, F. A., Dessai, S., Islam, A. S., Rahimi, M., Ruiz Carrascal, D., Sillmann, J., Sylla, M. B., Tebaldi, C., Wang, W., Zaaboul, R. (2021), « Chapter 12 : « Climate Change Information for Regional Impact and for Risk Assessment », *in Climate Change 2021 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y.

Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou, Cambridge University Press, 239 p.

Rey-Valette, H., Rocle, N., Vye, D., Mineo-Kleiner, L., Longépée, E., Bazart, C., Lautrédou-Audouy, N. (2019), « Acceptabilité sociale des mesures d'adaptation au changement climatique en zones côtières : une revue de dix enquêtes menées en France métropolitaine », *VertigO – la revue électronique en sciences de l'environnement*, 19, 2, doi : 10.4000/vertigo.26537

Rio, N. (2016), *Gouverner les institutions par le futur. Usages de la prospective et émergence des Régions et des Métropoles (1955-2015)*, thèse de doctorat en science politique, Sciences Po Lyon, et *La prospective comme vecteur d'innovation institutionnelle* – Nicolas Rio, *in (Re) penser les politiques urbaines – Retour sur vingt ans d'action publique dans les villes françaises* (1995-2015), p. 260-267.

Rocle N. (2015), « Gouverner l'adaptation au changement climatique sur (et par) les territoires : l'exemple des littoraux aquitain et martiniquais », *Natures Sciences Sociétés*, EDP Sciences, 23 (3), p. 244-255, https://doi.org/10.1051/nss/2015046 (hal-01229480)

Rocle, N., Rey-Valette, H., Bertrand, F., Becu, N., Long, N., Bazart, C., Vye, D., Meur-Ferec, C., Beck, E., Amalric, M., Lautrédou-Audouy, N. (2020), « Paving the way to coastal adaptation pathways : An interdisciplinary approach based on territorial archetypes », *Environmental Science & Policy*, 110, 34-45, doi : 10.1016/j.envsci.2020.05.003.

Roubelat, F., « Decidere : Les fils d'Ariane de la prospective », *in Prospective et stratégie* 2014/1-2 (nos 4-5), p. 247-248, https://www.cairn.info/revue-prospective-et-strategie-2014-1-page-247.htm

Senge P. (2006), *The Fifth Discipline : The Art and Practice of the Learning Organization*. Business & Economics, Random House Business ; 2e édition revue (6 avril 2006).

Solagro (2020), « LIFE AgriAdapt Adaptation des exploitations agricoles au changement climatique », http://www.eau-seine-normandie.fr/sites/public_file/inline-files/Rapport_Life_Agriadapt_AESN.pdf

Soubeyroux, J.-M., Kitova, N., Blanchard, M., Vidal, J.-P., Martin, E., Dandin, P. (2012), « Caractérisation des sécheresses des sols en France et changement climatique : Résultats et applications du projet ClimSec », *La Météorologie* 78 : 21-30,

https://doi.org/10.4267/2042/47512

Spandre P. (2016), *Observation et modélisation des interactions entre conditions d'enneigement et activité des stations de sports d'hiver dans les Alpes françaises*, thèse, université Grenoble Alpes.

Spandre P., François H., Verfaillie D., Lafaysse M., Déqué M. *et al.* (2019), « Climate controls on snow reliability in French Alps ski resorts », *Sci Rep* 9 : 8043, https://doi.org/10.1038/s41598-019-44068-8, 2019.

Spandre P., Francois H., Verfaillie D., Pons M., Vernay M. *et al*. (2019), « Winter tourism and climate change in the Pyrenees and the French Alps : relevance of snow-making as a technical adaptation », *The Cryosphere*, doi : 10.5194/tc-13-1325-2019

Stott, P. A., Christidis, N., Otto, F. E., Sun, Y., Vanderlinden, J. P., van Oldenborgh, G. J., Zwiers, F. W. (2016). « Attribution of extreme weather and climate-related events ». *Wiley Interdisciplinary Reviews : Climate Change*, *7*(1), p. 23-41.

Taylor, A., Scott, D., Steynor, A., Mcclure, A. (2017), « Transdisciplinary, co-production and coexploration : integrating knowledge across science, policy and practice » in *FRACTAL* (Future Resilience for African CiTies and Lands), p. 22.

Thistlethwaite, J., Henstra, D., Brown, C., Scott, D. (2018), « How flood experience and risk perception influences protective actions and behaviours among Canadian homeowners », *Environmental Management*, 61, 2, p. 197-208, doi : 10.1007/s00267-017-0969-2

Tschanz L. (2019), « La prospective, une démarche pour explorer la sensibilité du territoire au changement climatique », *Sciences Eaux & Territoires*, n° 28 : 24, https://doi.org/10.3917/set.028.0024

Tschanz L., Arlot M.-P., Philippe F., Vidaud L., Morin S., Maldonado E., George E., Spiegelberger T. (accepté avec révisions mineures le 5 juillet 2021), « A transdisciplinary method, knowledge model and management framework for climate change adaptation in mountain areas applied in the Vercors, France ». To be published in *Regional Environmental Change*.

Verfaillie D., Déqué M., Morin S., Lafaysse M. (2017), « The method ADAMONT v1.0 for statistical adjustment of climate projections applicable to energy balance land surface models », *Geosci Model Dev* 10 : 4257-4283, https://doi.org/10.5194/gmd-10-4257-2017

Verfaillie D., Lafaysse M., Déqué M., Eckert N., Lejeune Y. *et al.* (2018), « Multi-component ensembles of future meteorological and natural snow conditions for 1500m altitude in the Chartreuse mountain range, Northern French Alps », *The Cryosphere* 12 : 1249– 1271, https://doi.org/10.5194/tc-12-1249-2018

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., López-Moreno, J. I. (2010), « A multiscalar drought index sensitive to global warming : the standardized precipitation evapotranspiration index », *Journal of Climate* 23 (7) : p.1696-1718.

Viennot, P. et Gallois, N. (2019), « Modélisation de la pollution diffuse d'origine agricole des grands aquifères du bassin de Seine-Normandie. Scénarios d'évolution climatique Impacts et incertitudes », étude complémentaire aux travaux du PIREN-Seine.

Waters, E., Barnett, J., Puleston, A. (2014), « Contrasting perspectives on barriers to adaptation in Australian climate change policy », *Climatic Change*, 124, 4, p. 691-702, doi : 10.1007/s10584-014-1138

Rapport d'activité de l'observatoire

Créé par la loi du 19 février 2001, l'ONERC matérialise la volonté du Parlement et du gouvernement d'intégrer les effets du changement climatique dans les politiques publiques environnementales en France métropolitaine et d'outre-mer. L'ONERC est rattaché au ministère de la Transition écologique (MTE) via le Service climat et efficacité énergétique de la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC).

L'orientation de l'action de l'ONERC est assurée depuis 2017 (décret n° 2017-211 du 20 février 2017) par une commission spécialisée dédiée du Conseil national de la transition écologique présidée par M. Ronan Dantec, sénateur de Loire-Atlantique (arrêté du 14 avril 2017). L'ONERC est dirigé par M. Laurent Michel, directeur général de l'énergie et du climat. Le secrétariat général est assuré par M. Éric Brun assisté de cinq chargés de mission, dont une adjointe au secrétaire général.

L'ONERC a pour missions principales de collecter et diffuser les informations sur les risques liés au réchauffement climatique et de formuler des recommandations sur les mesures d'adaptation à envisager pour limiter les impacts du changement climatique. Il assure également, depuis sa création, la fonction de point focal de la France au sein du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Au sein du Service climat et efficacité énergétique, l'ONERC constitue le « pôle Adaptation au changement climatique » de la DGEC, en charge du pilotage de la politique nationale d'adaptation.

Cette annexe, sans être exhaustive, présente les principales actions de l'ONERC entre octobre 2019 et septembre 2021.

Table des matières

Action internationale 355
Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) .. 355
Sixième cycle d'évaluation du GIEC 355
Encadré Volume 1 du 6e rapport d'évaluation du GIEC « Changement climatique 2021 : les bases de la science physique » 356
Réunions plénières et du bureau du GIEC 357
6e cycle en France 357
Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) 359
Task force sur l'adaptation au changement climatique de l'OCDE 359
Espace européen 359
Initiatives multilatérales et bilatérales 360

Politique d'adaptation au changement climatique 361
Information, formation et communication 362
Site web 362
Rapports annuels 363
Lettre d'information aux élus 364
Sélection d'informations thématiques (lettre de veille technique) 365
Centre de ressources sur l'adaptation au changement climatique 365
Interventions, actions de formation et séminaires 366
Expositions pédagogiques itinérantes 368
Encadré Congrès mondial de la nature de l'UICN 370
Les indicateurs du changement climatique 372

Action internationale

La fonction de point focal du GIEC pour la France a occupé une large part des activités internationales de l'observatoire sur la période couverte par le présent rapport d'activité. En outre, l'ONERC a poursuivi sa participation régulière aux autres travaux internationaux notamment au niveau de l'Union européenne et de la CCNUCC et a développé des relations multilatérales et bilatérales avec les services en charge des politiques publiques d'adaptation dans plusieurs pays.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)

Depuis plus de 30 ans, le GIEC évalue l'état des connaissances sur l'évolution du climat, ses causes, ses impacts. Il identifie également les possibilités de limiter l'ampleur du réchauffement et la gravité de ses impacts et de s'adapter aux changements attendus. Les rapports du GIEC fournissent un état des lieux régulier des connaissances les plus avancées. Cette production scientifique est au cœur des négociations internationales sur le climat. Elle est aussi fondamentale pour alerter les décideurs et la société civile.

• *Sixième cycle d'évaluation du GIEC*

Le sixième cycle a débuté en octobre 2015 et se terminera vers avril 2023 avec l'élection d'un nouveau Bureau.

Trois rapports spéciaux ont déjà été produits au cours de ce 6e cycle :

- un premier rapport spécial sur l'impact d'un réchauffement global de 1,5 °C au-dessus des niveaux pré-industriels et sur les trajectoires d'émission de gaz à effet de serre correspondantes a été publié le 8 octobre 2018 ;
- le 8 août 2019, un deuxième rapport spécial sur les liens entre le changement climatique, la désertification, la dégradation des terres, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres a été publié ;
- le 25 septembre 2019, un troisième rapport spécial sur les liens entre le changement climatique, les océans et la cryosphère a été publié.

En mai 2019, a également été produit une mise à jour du guide méthodologique sur les inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre datant de 2006.

Le 6e cycle du GIEC se conclura par la publication de son rapport d'évaluation (AR6) composé des trois volumes constituant les rapports des trois Groupes de Travail et d'un rapport de synthèse (SYR) publié en septembre 2022. Le résumé pour décideurs du rapport de synthèse est le produit phare concluant un cycle. Le rapport du Groupe de Travail 1, publié le 9 août 2021, constitue le volume 1 de l'AR6. Il porte principalement sur les aspects géophysiques du changement climatique. Le volume 2 sera publié en février 2022, il portera sur les impacts, les

vulnérabilités et l'adaptation. Le volume 3 sera publié en mars 2022, il portera sur l'atténuation du changement climatique.

L'AR6 sera en outre l'intrant scientifique principal du premier bilan mondial de l'Accord de Paris qui sera établi en 2023.

Encadré Volume 1 du 6e rapport d'évaluation du GIEC « Changement climatique 2021 : les bases de la science physique »

Le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) a publié le lundi 9 août 2021 le premier volume de son 6e rapport d'évaluation[a]. Ce rapport est le fruit d'une collaboration internationale de 234 auteurs scientifiques (dont 11 travaillent en France) issus de 65 pays ainsi que d'un long processus transparent et inclusif d'expertise collective, comprenant plusieurs phases itératives de préparation et revue impliquant de multiples parties prenantes. Ainsi, plus de 78 000 commentaires de gouvernements et experts ont été examinés par les auteurs et ont tous reçu une réponse.

Dans ce premier Volume, le GIEC constate que la hausse de la température globale s'est encore accentuée, à un rythme qui fera très probablement dépasser le seuil de 1,5 °C de réchauffement depuis l'ère préindustrielle entre 2021 et 2040.

Pour limiter et stabiliser le réchauffement climatique sous les 2 °C d'ici 2100, le GIEC réaffirme qu'il faut baisser les émissions de CO_2 rapidement, avec un objectif de zéro émissions nettes en 2050, et réduire fortement aussi les émissions des autres gaz à effet de serre.

Les changements déjà observés vont s'accentuer, notamment les extrêmes de température, l'intensité des précipitations, la sévérité des sécheresses, l'augmentation en fréquence et intensité des événements climatiques aujourd'hui rares.

Certaines conséquences du changement climatique, comme la montée du niveau de la mer ou encore la fonte des calottes glaciaires, seront irréversibles pendant des siècles, voire des millénaires. Les mécanismes naturels d'absorption du carbone seront de moins en moins efficaces.

a. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1

- *Réunions plénières et du bureau du GIEC*

En coordination avec les ministères en charge de la recherche (MESRI) et des affaires étrangères (MEAE), l'ONERC, en tant que point focal du GIEC pour la France, assure la représentation permanente de la France au sein des organes de gouvernance du GIEC.

Sur la période couverte par ce rapport, l'ONERC a ainsi participé à quatre réunions du Bureau du GIEC et quatre réunions plénières du GIEC.

La 52e réunion plénière du GIEC (IPCC-52) s'est tenue en France (à l'invitation de l'UNESCO) du 24 au 28 février 2020 et a notamment permis l'approbation du sommaire détaillé du prochain rapport de synthèse publié en septembre 2022.

Les réunions IPCC-53 (7 au 14 décembre 2020) et IPCC-53bis (22 au 26 mars 2021) se sont déroulées en virtuel en raison de la pandémie.

La 54e réunion plénière du GIEC (du 26 juillet au 6 août 2021) a permis d'approuver le rapport du Groupe de Travail 1, publié le 9 août 2021, qui constitue le volume 1 de l'AR6. Pour la première fois de l'histoire du GIEC, le processus d'approbation a été tenu entièrement en virtuel. La session était conduite et organisée par la coprésidente française Valérie Masson-Delmotte et le coprésident chinois Panmao Zai du Groupe de Travail 1, dont l'équipe de soutien technique a reçu un soutien technique et financier continu de la France depuis le démarrage du 6e cycle en 2015.

- *6e cycle en France*

Sur la période octobre 2019-septembre 2021, l'ONERC a organisé, en coordination avec le MEAE et le MESRI, les revues par le gouvernement français des deuxièmes versions des volumes 2 et 3 du 6e rapport d'évaluation du GIEC ; ainsi que la dernière revue gouvernementale du résumé à l'intention des décideurs du volume 1. Ces revues se sont appuyées principalement sur l'expertise des services des ministères représentés dans l'équipe interministérielle de négociations sur le climat, et sur l'expertise du MESRI et d'organismes scientifiques et techniques.

La revue de la deuxième version du volume 2 s'est déroulée du 4 décembre 2020 au 29 janvier 2021. Lors de cette revue, la France a transmis aux auteurs du GIEC le nombre record de 3 709 commentaires, soit quatre fois plus que pour la deuxième version du premier volume. La revue de la deuxième version du volume 3 s'est déroulée du 18 janvier au 14 mars 2021 et a permis de transmettre 1 950 commentaires. Cette phase de revue couvrait l'ensemble des chapitres, le résumé à l'attention des décideurs, et le résumé technique. Elle fut précédée par une phase de revue par les experts non étatiques.

La revue de la dernière version du résumé à l'intention des décideurs avant adoption s'est quant à elle déroulée du 3 mai au 20 juin et a permis à la France de transmettre 240 commentaires.

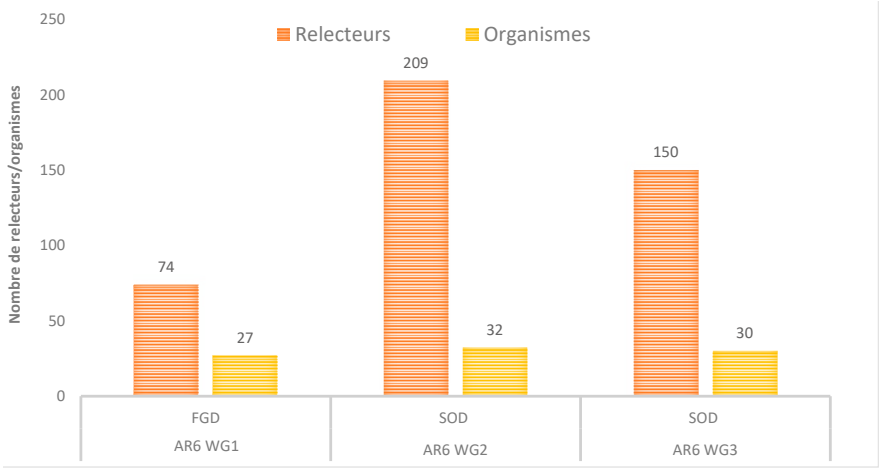


Figure 1 – Nombre de relecteurs et d'organismes contributeurs aux revues gouvernementales de la France entre octobre 2019 et septembre 2021. Revues de la deuxième version (SOD) et de la dernière version (FGD) des différents des projets rapports constituant les volumes 1, 2 et 3 de l'AR6.

Source : Onerc.

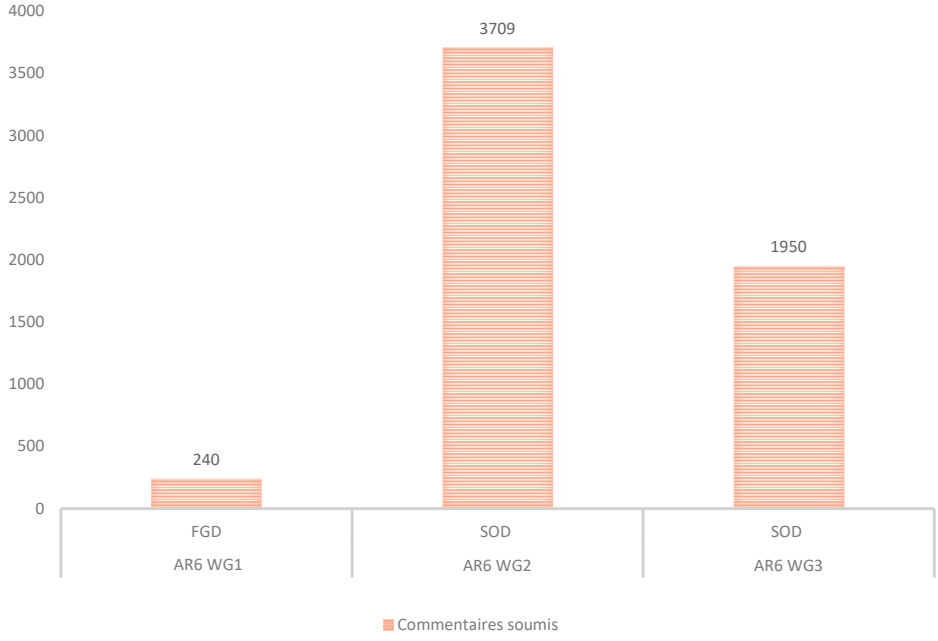


Figure 2 – Revues gouvernementales du 6e rapport d'évaluation du GIEC (AR6) entre octobre 2019 et septembre 2021. Nombres de commentaires soumis par la France lors des revues de la deuxième version (SOD) et de la dernière version (FGD) des différents des projets rapports constituant les volumes 1, 2 et 3 de l'AR6.

Source : Onerc.

Sur la période du sixième cycle du GIEC, le financement de l'Unité d'appui technique (en anglais *Technical Support Unit* – TSU) du Groupe de travail 1 du GIEC est assuré par la France. Le suivi du financement et des activités de cette TSU est assuré par l'ONERC, le MESRI et le MEAE. L'ONERC a de plus coordonné le versement de la contribution française 2019, 2020 et 2021 au budget central de fonctionnement du GIEC.

Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC)

Dans la période couverte par le présent rapport, l'ONERC a participé, au sein de la délégation française, à la 25e session de la Conférence des Parties à la CCNUCC (COP25) ayant eu lieu à l'hiver 2019 à Madrid. Depuis le début de la pandémie l'ONERC a participé aux réunions virtuelles souvent innovatrices, telles que le June Momentum 2020 et les Dialogues pour le climat à l'hiver de cette même année. Les sessions de négociation officielles de la CCNUCC, en préparation de la 26e session de la Conférence des Parties à la CCNUCC (COP26) qui s'est tenue à Glasgow du 30 octobre au 12 novembre 2021, ont repris au printemps 2021 avec une intersession en distanciel à laquelle l'ONERC a participé.

Dans le cadre de l'appui aux négociations climatiques mondiales, l'ONERC participe également, avec le Département de la lutte contre l'effet de serre du MTE, au groupe informel d'experts européens consacré aux sujets scientifiques ayant pour objectif de construire une vision commune sur ces sujets au sein des États membres de l'Union européenne.

Task force sur l'adaptation au changement climatique de l'OCDE

L'ONERC est point focal de la task force établie depuis février 2020 et qui informe les travaux du comité de politiques environnementales de l'OCDE. Les réunions thématiques de la task force en 2021 (pertes et dommages dans le contexte du changement climatique, gestion du littoral et le financement résilient) ont permis la mise en réseau et l'échange de connaissance techniques entre acteurs d'adaptation.

Espace européen

Représentant la DGEC, l'ONERC siège pour la France au sein du groupe de travail mis en place par la Direction générale Climat de la Commission européenne pour le suivi de la stratégie européenne d'adaptation adoptée en 2013 dont le processus de révision a été engagé début 2017. Dans le cadre de la gouvernance de l'Union de l'énergie, l'ONERC met à jour tous les deux ans, depuis mars 2021, les informations concernant la politique et les actions d'adaptation en France sur

l'outil dédié de rapportage. Ces informations sont ensuite diffusées par la plateforme d'échange *Climate Adapt*[1] par l'Agence européenne de l'environnement (AEE).

En février 2021, la Commission européenne a publié la nouvelle stratégie européenne pour l'adaptation au changement climatique. Dans ce contexte, l'Onerc et ses agents ont été sollicités à de nombreuses reprises, notamment pour les conclusions du Conseil de l'Union européenne ou plus récemment pour la modification du mandat du groupe de travail de suivi.

En juin 2021, la « loi européenne sur le climat » a été publiée. Ce règlement inclut pour la première fois des obligations des États membres et des institutions européennes. Alors que les États devront désormais adopter et mettre en œuvre des stratégies et plans d'adaptation nationaux, l'adaptation devra être considérée dans toutes les propositions législatives de l'UE. L'ONERC et ses agents ont été sollicités tout au long de l'élaboration de ce règlement.

Sous la coordination du CGDD/SOeS du MTE, l'ONERC fait partie du groupe de travail fédéré dans le réseau Eionet rassemblant les correspondants de l'Agence européenne de l'environnement (AEE) intéressés par les problématiques d'observation des effets du changement climatique et de l'adaptation. À ce titre, l'ONERC a participé à l'atelier annuel sur les impacts du changement climatique, la vulnérabilité et l'adaptation en juin 2021 à l'AEE en visioconférence.

L'Observatoire pyrénéen sur le changement climatique (OPCC) a invité l'ONERC à faire partie de son Comité de Pilotage. Cette fois, la réunion a eu lieu en visioconférence en décembre 2020. L'ONERC a également fait partie du Comité d'évaluation et de pondération des bonnes pratiques du projet OPCC-ADAPYR. Les exemples de bonnes pratiques sont valorisés dans le nouveau portail de l'OPCC et seront illustrés dans des vidéos de 30 secondes, puis par le biais d'une application mobile.

L'ONERC participe, en tant que pilote de certaines actions et bénéficiaire associé, au projet ARTISAN coordonné par l'Office français de la biodiversité. Ce projet, retenu par la Commission européenne au titre des projets LIFE intégrés, vise à généraliser le recours aux solutions fondées sur la nature pour l'adaptation au changement climatique. Sur la période du présent rapport, l'ONERC a contribué à l'élaboration de la candidature puis de la mise en œuvre du projet.

Initiatives multilatérales et bilatérales

Dans une logique de collaboration transfrontalière, l'ONERC a eu en outre l'occasion de participer à plusieurs échanges bilatéraux formels et informels avec ses homologues de la plupart des pays voisins de la France métropolitaine (groupe Science, IG CCA, Convention Alpine, etc.) ainsi que quelques pays plus éloignés afin de partager les idées et les pratiques en matière d'adaptation au changement climatique (Chine, Inde).

1. http://climate-adapt.eea.europa.eu

Dans le cadre de la Conférence « Adaptation Futures 2020 », l'ONERC est intervenu lors de cet événement mondial de premier plan dans le domaine de l'adaptation pour présenter le suivi des actions d'adaptation en France.

La commission de normalisation de l'Afnor sur l'environnement et le changement Climatique, dont l'ONERC est membre, a suivi les travaux de l'ISO, menant à la publication de la série de normes sur l'Adaptation au changement climatique. À ce jour quatre normes ont été publiées, les normes ISO 14090 (juin 2019), ISO 14091 (février 2021), ISO 14092 (mai 2020) et ISO 14097 (mai 2021).

L'ONERC est enfin régulièrement sollicité pour participer à des travaux en lien avec les problématiques du changement climatique et de ses enjeux. Les quelques exemples ci-après visent à illustrer la variété et la diversité de ces activités :

- participation aux travaux du CGDD pour l'élaboration d'un guide sur la prise en compte de la vulnérabilité au changement climatique dans les évaluations environnementales (début 2020) ;
- de janvier à avril 2020, participation aux travaux pilotés par le CGDD sur la « vision de la France neutre en carbone et respectueuse du vivant à l'horizon 2050 » ;
- de septembre 2020 à mars 2021, participation au groupe de travail d'experts développement durable du Centre national du cinéma et de l'image animée (CNC) pour l'élaboration de son plan d'action ;
- depuis mai 2021, l'ONERC participe à l'équipe projet du Varenne de l'eau agricole et de l'adaptation au changement climatique », démarche initiée par le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation et le secrétariat d'État à la Biodiversité du ministère de la Transition écologique.

Politique d'adaptation au changement climatique

Rattaché à la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), au sein du ministère en charge de l'environnement, l'ONERC coordonne la politique nationale d'adaptation au changement climatique.

La France a développé une stratégie nationale d'adaptation en 2006. Sur cette base, le premier Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC-1) a été mis en œuvre à partir de 2011 et le deuxième Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC-2) a été publié fin 2018.

Le PNACC-2 comporte quatre priorités : la territorialisation de la politique d'adaptation, l'implication des filières économiques, le recours aux solutions fondées sur la nature et les outre-mer. Il comprend 58 actions réparties en 6 domaines : gouvernance, prévention et résilience, nature et milieux, filières économiques, connaissance et information, et international.

Le programme de travail 2020 et 2021 et le bilan de l'avancement effectif des actions programmées ont été présentés à la commission spécialisée du Conseil national de la transition écologique chargé de suivre l'avancement du PNACC-2. La Commission a préparé l'avis annuel du Conseil national de la transition écologique relatif à l'avancement du PNACC-2.

Information, formation et communication

L'ONERC assure ses missions d'information et de communication en étroite collaboration avec la direction de la communication (DICOM) du MTE. Ces actions visent tous les publics par l'intermédiaire de différents supports dont certains sont présentés ci-après. L'ONERC apporte son soutien en matière de réalisation de supports d'information sur l'adaptation au changement climatique pour différents organismes (services déconcentrés du MTE, administrations centrales y compris hors MTE, communication interne au MTE, établissements publics, organisations non gouvernementales, presse, associations).

Site web

La diffusion sur le site web du ministère de la Transition écologique des informations présentées par l'ONERC permet à tous les publics d'appréhender les enjeux liés au changement climatique au travers des pages sur les impacts, la connaissance, la démarche d'adaptation, les publications et des bases de données.

Ainsi, aux informations concernant l'Observatoire s'ajoutent les pages dédiées aux indicateurs du changement climatique. De plus, la démarche d'adaptation au changement climatique, engagée au niveau national, européen et international est présentée selon ces trois axes. Enfin, l'information sur le GIEC permet de mieux comprendre son fonctionnement et de consulter et de suivre ses travaux.

Le contenu des pages est régulièrement mis à jour ainsi que leur présentation afin de s'adapter aux nouveaux standards de communication et de faciliter l'accès à l'information.



Figure 3 – Site web du ministère de la Transition écologique [2].
Source : Onerc.

2. https://www.ecologie.gouv.fr/observatoire-national-sur-effets-du-rechauffement-climatique-onerc

Rapports annuels

Le rapport annuel « *Des Solutions fondées sur la Nature pour s'adapter au changement climatique* » a été publié au mois de décembre 2019 et diffusé directement à plus de 1 500 destinataires. Il s'agit du douzième rapport de l'ONERC au Premier ministre et au Parlement. Ce rapport est constitué des contributions de 66 auteurs répartis dans 24 organismes (instituts de recherche, universités, collectivités territoriales, ministères).

Malgré la pandémie, ce rapport a été présenté à plusieurs reprises, notamment :

- le 12 décembre 2019 dans le cadre d'une audition auprès de membres du Groupe de réflexion dédié à la lutte contre le changement climatique de l'Assemblée nationale ;
- le 12 mars 2020 auprès des agents de l'État dans le cadre du colloque de l'Institut de formation de l'environnement « Stress climatique : La nature au secours des milieux aquatiques » ;
- le 8 octobre 2020 auprès des congressistes participant à la 10e édition des Assises nationales de la biodiversité organisées par l'Office français de la biodiversité, IDEAL Connaissances et l'association Les Éco Maires ;
- le 15 juin 2021 auprès des agents de l'État dans le cadre du colloque « Solutions fondées sur la Nature et politiques publiques » organisé par la sous-direction de l'innovation et de la pédagogie collaborative (IPEC) du ministère de la Transition écologique ;
- le 7 septembre 2021 auprès des congressistes et du public participant au Congrès mondial de la nature de l'UICN lors de la conférence « Solutions fondées sur la Nature : l'action de la France pour l'adaptation au changement climatique » au Pavillon France.

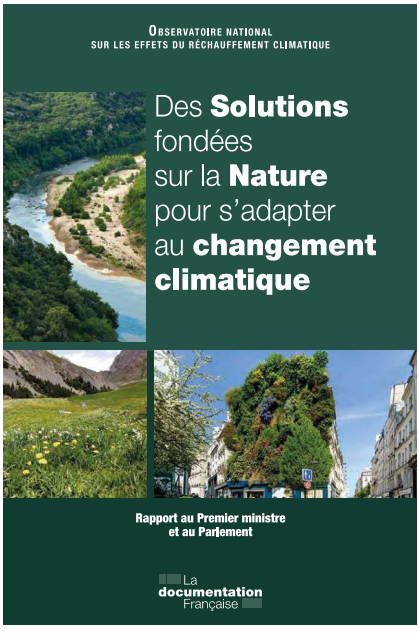


Figure 4 – Rapport « Des Solutions fondées sur la Nature pour s'adapter au changement climatique ».

Source : La Documentation française.

Lettre d'information aux élus

La lettre de l'ONERC aux élus « Le climat change, agissons ! » est publiée depuis décembre 2009. Elle est diffusée à plus de 5 000 destinataires et disponible en ligne sur le site web du ministère de la Transition écologique.

Elle a pour objectif de sensibiliser les élus locaux sur la réalité du changement climatique, de promouvoir des moyens d'action et de partager des initiatives locales en matière d'adaptation et d'atténuation.

Chaque numéro de la lettre aux élus est accompagné d'un encart sur un indicateur du changement climatique afin d'illustrer le thème traité par des données et des témoignages d'experts.

Dans la période couverte par le présent rapport, l'ONERC a poursuivi ses activités de communication en parallèle des travaux de mise en œuvre du deuxième plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC-2) et de ses activités de point focal du GIEC pour la France.

Ainsi, fin 2020, un numéro de la lettre de l'ONERC aux élus dédié au nouveau Centre de ressources sur l'adaptation au changement climatique présenté au Salon des maires et des collectivités locales, a permis de rappeler l'importance de mettre à disposition des collectivités territoriales et des acteurs économiques des informations claires et personnalisées pour une mise en œuvre de l'adaptation aux effets du changement climatique.

Le n° 34, publié en mars 2021, a permis de revenir sur deux décennies d'actions de l'ONERC.

Deux autres numéros ont été préparés pour accompagner la sortie du volume 1 du sixième rapport d'évaluation du GIEC et celle du présent rapport annuel de l'ONERC au Premier ministre et au Parlement.

Une enquête de lectorat a été réalisée début mars 2021. Les résultats de cette enquête vont permettre à l'ONERC, en étroite collaboration avec la Direction de la communication du ministère, de faire évoluer cette publication afin de continuer à répondre aux attentes des lecteurs.



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ONERC
Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

Le climat change
AGIS SONS !
ADAPTATION

ONERC
Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

La lettre aux élus
Retrouvez-la sur
www.ecologie.gouv.fr
#34 /// Mars 2021

ÉDITO

ADAPTATION

Depuis vingt ans, l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique s'attache à documenter les impacts du changement climatique en France et à diffuser ces informations auprès du grand public et des décideurs. Vingt années qui ont également vu progresser considérablement la compréhension des phénomènes en cause et de l'ampleur des conséquences attendues. 2020 est l'année la plus chaude jamais mesurée en France. Un constat qui nous rappelle que le changement climatique a d'ores et déjà des impacts en France, tant en métropole qu'en outre-mer. S'adapter aux impacts actuels et anticiper les impacts futurs reste plus que jamais d'actualité. C'est aussi le sens du travail de l'Onerc au travers, entre autres, de l'élaboration et maintenant de la mise en œuvre concrète du plan national d'adaptation au changement climatique.

Laurent Michel,
directeur général de l'énergie et du climat, directeur de l'Onerc

Actu
PERCEPTION

25 % des Français pensent encore que le changement climatique est un phénomène naturel. C'est ce qui ressort d'une enquête par sondage de l'Ademe.

Chaque année depuis 2000, l'Ademe réalise une enquête sur les représentations sociales du réchauffement climatique sous la forme d'un sondage soumis à un échantillon représentatif de la population française. Lors de la dernière enquête, 500 élus locaux ont également été interrogés.

Les résultats de cette enquête[1] montrent que si les effets tangibles du changement climatique sont de plus en plus perçus en France, la compréhension des mécanismes responsables de ce changement progresse modestement. Ainsi, environ un quart des Français pensent que le changement climatique actuel est un phénomène naturel, quand la communauté scientifique s'accorde sur son caractère anthropique.

S'agissant des élus, les résultats de l'enquête montrent que ceux-ci sont, en général, plus convaincus que le public de la réalité du changement climatique et de son caractère anthropique. Ils font également preuve de plus d'optimisme et de volontarisme que le public quant aux possibilités de remédier au changement climatique.

[1]Ademe, Daniel Boy RCB Conseil 2019, rapport *Les représentations sociales du changement climatique.*

INDICATEUR

2020, L'ANNÉE LA PLUS CHAUDE JAMAIS ENREGISTRÉE

Avec un écart de +2,3 °C par rapport à la moyenne 1961-1990, 2020 a été l'année la plus chaude en France métropolitaine depuis le début des observations météorologiques en 1900. (source : Météo-France)

Figure 5 – Lettre de l'ONERC aux élus « Le climat change, agissons ! » no 34 – 20 ans de l'ONERC, mars 2021.

Source : Onerc.

Sélection d'informations thématiques (lettre de veille technique)

La lettre de veille technique contient une sélection d'une vingtaine de liens web classés selon les catégories « actualités », « publications » et « manifestations », ainsi que quelques informations relatives à l'Observatoire. Ces informations ciblées sont diffusées, tous les deux mois, à plus de 900 abonnés volontaires (contre une cinquantaine seulement jusqu'en 2012).

Centre de ressources sur l'adaptation au changement climatique

Parmi les principales actions du PNACC-2 figure le développement d'un centre de ressources sur l'adaptation au changement climatique exploitant au mieux les nouvelles technologies pour faciliter le partage d'expériences, l'accès aux bonnes pratiques et présentant une cartographie d'acteurs, en particulier à l'échelle territoriale.

Ce Centre de ressources[3] a été présenté au Salon des maires et des collectivités locales fin novembre 2020. Il a été conçu pour mieux faire connaître la réalité du changement climatique mais aussi pour outiller tous les acteurs et les mettre en capacité d'agir.



Figure 6 – Présentation du Centre de ressources sur l'adaptation au changement climatique au Salon des maires et des collectivités locales.

Source : Onerc.

Cinq parcours utilisateurs (élu, technicien de collectivité, acteur économique, bureau d'études, particulier) permettent ainsi d'accéder à des informations personnalisées sur la réglementation en vigueur, les impacts du changement climatique sur tous les secteurs (santé, agriculture, tourisme, finances, etc.) et tous les milieux (forêt, mer et littoral, montagne, etc.) et à des solutions d'adaptation. Un sixième parcours pour les enseignants est en cours d'élaboration. Ce portail présente aussi une cartographie des initiatives locales, un répertoire des acteurs, des appels à projets en cours, une base de données des projets de recherche et des formations.

Le développement de ce centre de ressources sur l'adaptation au changement climatique a été confié au CEREMA, en partenariat avec l'ADEME et Météo-France.

Interventions, actions de formation et séminaires

Dans la période couverte par le présent rapport, l'ONERC est intervenu à de nombreuses reprises à l'occasion de conférences nationales ou internationales. Ci-après, sont recensés quelques exemples d'interventions.

L'ONERC est intervenu pour présenter le deuxième plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC-2) notamment au colloque SHF – AIPCN sur l'adaptation à la remontée du niveau marin (21/11/2019), à un séminaire national du

3. https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr

CNFPT sur les enjeux sanitaires du réchauffement climatique (21/01/2020), à l'Institut Paris Région dans le cadre du Contrat de Plan Inter État Région (CPIER) Vallée de la Seine (23/01/2020), à la journée d'échanges du réseau PAPI/SLGRI sur « La prise en compte du changement climatique dans les PAPI-SLGRI » (01/12/2020). Le webinaire « *India-EU experience sharing on adaptation planning and* implementation » du 30 juin 2020 a permis à l'Observatoire de présenter le PNACC et la politique française d'adaptation au changement climatique.

L'ONERC est intervenu régulièrement pour présenter les impacts du changement climatique sur les paysages, le PNACC-2 et les outils pour accompagner l'adaptation au changement climatique des territoires lors des 22es Rencontres annuelles du Réseau des Grands sites de France (16 octobre 2020) et lors de l'assemblée générale de l'Association des paysagistes conseils de l'État le 21 octobre 2020. Un webinaire organisé par la Fédération nationale des conseils d'architecture d'urbanisme et de l'environnement (CAUE) le 29 septembre 2020 a également permis de présenter ces thématiques avec un focus supplémentaire sur les Solutions fondées sur la Nature.

L'ONERC a également participé début février 2020 à la table ronde « les récits du changement » au premier festival « cinema for change ». Il a également sensibilisé les agents de la Direction de la communication du pôle ministériel environnement territoires, mer aux enjeux du changement climatique dans le cadre d'une intervention à son séminaire annuel de 2020.

Fin 2020, l'ONERC est intervenu lors du séminaire à l'attention des élus « PLUi, répondre aux enjeux climatiques à l'échelle intercommunale » organisé par la DREAL Nouvelle-Aquitaine, lors du webinaire du club PLUi « La lutte contre le changement climatique, moteur de vos démarches de planification territoriale » ainsi qu'aux 4es Rencontres normandes du développement durable.

Au cours de l'année 2021, l'ONERC a participé à de nombreux webinaires notamment organisés par la Fédération des parcs naturels régionaux, le réseau PACA climat et la communauté yvelinoise de la transition écologique (CYTé).

L'Observatoire a également présenté les résultats du premier volume du sixième rapport d'évaluation du GIEC à la cinquième rencontre des territoires PCAET en Bourgogne-Franche-Comté.

En étroite collaboration avec le bureau en charge de la formation à la DGEC, l'ONERC participe à la mise en place d'une formation ouverte et à distance pour les agents du MTE afin de sensibiliser les nouveaux arrivants à la problématique de l'adaptation au changement climatique. Cette formation a vocation à être ouverte aux élus et agents des collectivités territoriales.

L'ONERC intervient également lors des formations « Nature en ville » et « Eau et changement climatique », organisées par le ministère de la Transition écologique, formations ouvertes aux collectivités territoriales.

L'Observatoire a également participé à la formation organisée fin septembre 2021 par la DGITM « les leviers de la transition écologique dans le domaine infras & mobilité » à l'intention des DREAL, DEAL, DRIAT où il a présenté les principaux impacts du changement climatique sur les infrastructures et réseaux de transports, les enjeux de l'adaptation au changement climatique et du PNACC-2.

Plusieurs actions de formation au sein d'établissements d'enseignement supérieur sont régulièrement assurées par l'ONERC (AgroParisTech, École nationale de la météorologie, École normale supérieure, Centre de formation sur l'environnement et la société, Science Po Paris, IUT de Cergy-Pontoise, AUE École des Ponts, etc.). La bibliothèque universitaire de Cergy a sollicité l'ONERC pour réaliser une présentation pédagogique sur le changement climatique et ses enjeux devant des étudiants début mars 2020. L'ONERC est également intervenu dans une formation à destination d'une vingtaine de professeurs du secondaire de différentes disciplines intitulée « Des risques extrêmes au changement climatique : enseigner un monde en transition » pour l'académie de Créteil début mars 2021.

L'ONERC a également réalisé des sessions de formation sur le changement climatique, ses problématiques et ses enjeux pour les journalistes météo du groupe TF1/LCI et du groupe BFMTV au cours du mois de septembre 2020. Le même type de formation a également été assuré auprès de journalistes du groupe de presse Ouest-France en mars et juin 2021.

Enfin, l'ONERC a animé à deux reprises des ateliers de la Fresque du Climat[4] dans le cadre du projet DGEC en transition. Ces Fresques, à destination principalement des agents de la DGEC, ont déjà permis de sensibiliser une petite vingtaine de personnes. D'autres Fresques sont programmées, y compris dans d'autres directions du MTE, en attendant la mise en place d'un déploiement plus massif dans tout le ministère.

Expositions pédagogiques itinérantes

Les deux expositions itinérantes[5] – l'une (exposition scientifique) visant un public averti à des fins d'explication des phénomènes et l'autre visant un public le plus large possible à des fins de sensibilisation – ont été présentées au sein d'établissements scolaires, d'entreprises, d'associations et de collectivités territoriales. Du fait de la pandémie, le nombre d'emprunts réalisés sur la période a baissé par rapport aux années précédentes. Toutefois, de nombreuses demandes des versions dématérialisées des expositions ont pu être satisfaites, en particulier à destination des établissements scolaires.

Des journaux de présentation des deux expositions sont régulièrement diffusés, plus particulièrement aux bibliothèques des établissements d'enseignement supérieur ainsi qu'à une sélection de contacts au sein de collectivités territoriales.

4. https://fresqueduclimat.org/

5. https://www.ecologie.gouv.fr/observatoire-national-sur-effets-du-rechauffement-climatique-onerc#scroll-nav__7

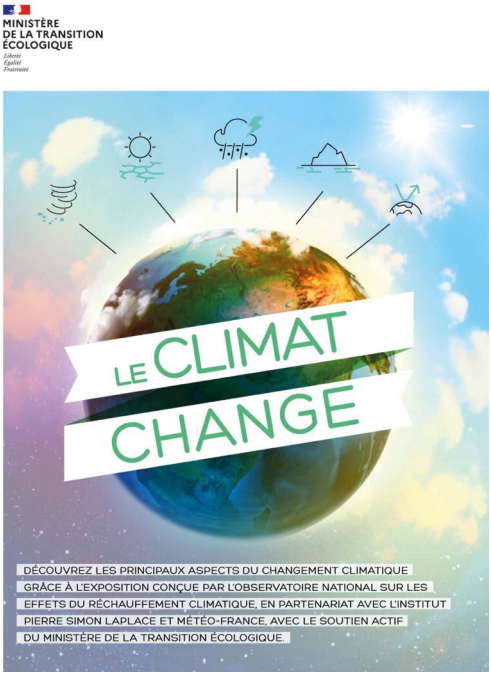


Figure 7 – Journal de l'exposition itinérante « Le climat change ».

Source : Onerc.

Dans le cadre de sa participation au Congrès mondial de la nature de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), l'ONERC a réalisé une exposition pédagogique « Comprendre le changement climatique et Solutions fondées sur la Nature ». Constituée de 11 panneaux, l'exposition propose un rappel des connaissances sur le changement climatique et l'effet de serre, les liens entre les activités humaines et le climat. Elle présente de manière chronologique l'action de la France et des autres pays pour lutter contre le changement climatique. Elle initie également au fonctionnement du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Elle invite à découvrir les principaux impacts du changement climatique déjà visibles et à venir d'ici à 2050 en France et notamment les impacts du changement climatique sur les espèces et les écosystèmes, ainsi que les différentes formes d'adaptation pour y faire face. Enfin, cette exposition apporte des clés de lecture pour comprendre les actions qu'il est possible de mener individuellement et collectivement pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et s'adapter au changement climatique, avec un focus spécifique sur les Solutions fondées sur la Nature.

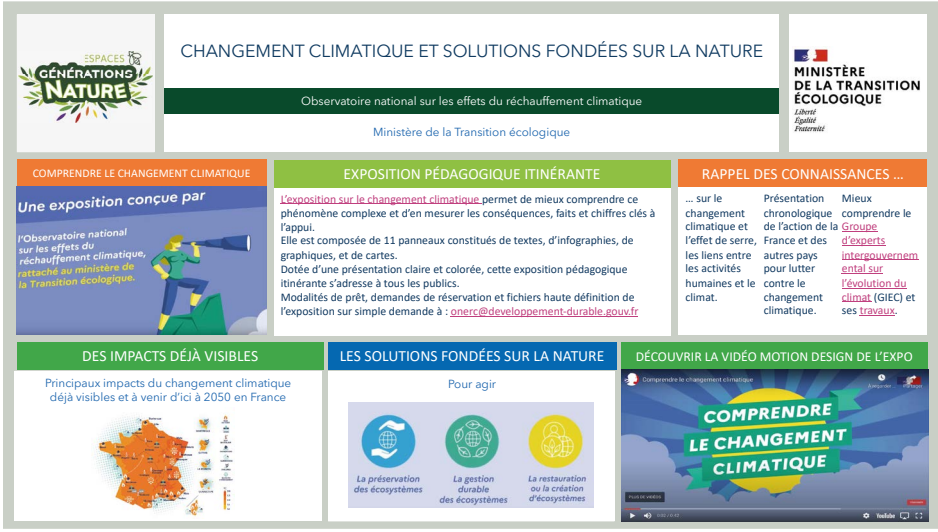


Figure 8 – E-poster de l'exposition « Comprendre le changement climatique et Solutions fondées sur la Nature » (exposition non disponible au prêt actuellement).

Source : Onerc.

Congrès mondial de la nature de l'UICN

L'ONERC a participé au Congrès mondial de la Nature de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) à Marseille du 3 au 11 septembre 2021. Lors de cette réunion incontournable des acteurs de la protection de la nature qui a lieu tous les quatre ans, l'ONERC a participé à l'organisation et l'animation de deux conférences sur les Solutions fondées sur la Nature et l'adaptation au changement climatique en partenariat avec l'OFB et l'ADEME le 7 septembre au Pavillon France.

La première conférence intitulée « Solutions fondées sur la Nature : l'action de la France pour l'adaptation au changement climatique » a permis de montrer comment ce type de solutions permet de relever conjointement les défis sociétaux de l'adaptation au changement climatique et de la préservation de la biodiversité. Des acteurs français (Compagnie nationale du Rhône, CDC-Biodiversité, Parc national des Calanques, Fonds français pour l'environnement mondial) engagés dans l'adaptation au changement climatique et la protection de la biodiversité y ont présenté leurs actions en faveur des Solutions d'adaptation fondées sur la Nature, illustrées par des exemples de projets concrets du local à l'international. Cette conférence a également permis de présenter les principales conclusions du rapport annuel de l'ONERC publié en 2019 : *Des Solutions fondées sur la Nature pour s'adapter au changement climatique*.

La seconde conférence était dédiée au lancement des Trophées ARTISAN. Elle avait aussi pour objectif de présenter le projet Life intégré ARTISAN porté par l'OFB et dont l'ONERC et l'ADEME sont partenaires. Les Trophées récompenseront les collectivités locales, entreprises et associations ayant mis en œuvre des solutions fondées sur la nature pour l'adaptation au changement climatique, afin de valoriser des exemples concrets, inspirants et reproductibles et d'élargir ainsi la communauté d'engagement.



Figure 9 – Conférence « Solutions fondées sur la Nature : l'action de la France pour l'adaptation au changement climatique ».

Éric Brun (ONERC), Suzanne Rihal (CDC-Biodiversité), Janique Etienne (FFEM), Pauline Vouriot (Parc national des Calanques).

Source : © ONERC/SV.

Enfin, l'ONERC a présenté durant tout le Congrès sa nouvelle exposition pédagogique « Comprendre le changement climatique et Solutions fondées sur la Nature » au public et notamment aux groupes scolaires au sein des « Espaces Générations Nature ».



Figure 10 – Présentation de l'exposition pédagogique « Comprendre le changement climatique et Solutions fondées sur la Nature ».

Source : © ONERC/EB.

Les indicateurs du changement climatique

Les 29 indicateurs décrivant l'état du climat et ses impacts présents sur le site de l'ONERC sont régulièrement mis à jour. Cela a permis de disposer en septembre 2021 de 75 % d'indicateurs intégrant des données de moins de cinq ans.

Grâce aux contributeurs et partenaires de l'ONERC, les mises à jour des indicateurs sont faites régulièrement. L'ONERC a entamé des discussions avec de nouveaux partenaires pour mettre à jour d'anciens indicateurs ou pour en proposer de nouveaux. Ainsi, en janvier 2021, un nouvel indicateur sur « L'exposition des populations aux canicules »[6] a été développé grâce à Santé Publique France.

La démarche de l'ONERC, qui consiste en une mise à disposition du public, sur le site web du ministère, des indicateurs du changement climatique et de ses impacts, reste innovante au niveau international, car peu de pays se sont investis dans ce type de publication avec une actualisation suivie.

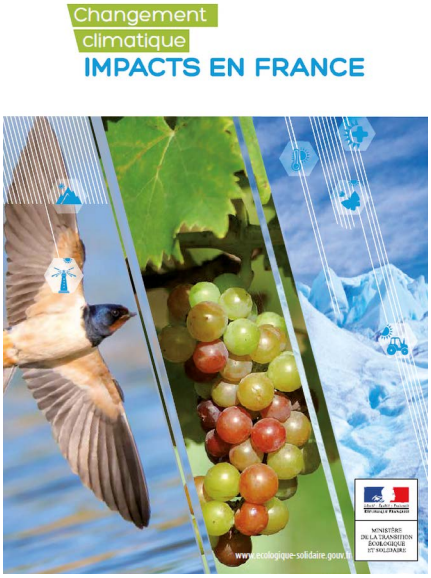


Figure 11 – Brochure « Changement climatique, impacts en France ».

Source : Onerc.

6. https://www.ecologie.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-sante-et-societe#scroll-nav__5

Annexes

Annexe 1

CONTRIBUTEURS[1] ET REMERCIEMENTS

Cet ouvrage a été réalisé sous la direction de Laurent Michel, directeur de l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique, et d'Éric Brun, secrétaire général.

Auteurs :

Patrick Aigrain, projet LACCAVE

Marie-Pierre Arlot, université Grenoble Alpes, INRAe, LESSEM

Nadine Ballot, Centre national interprofessionnel de l'économie laitière (Cniel)

Amélie Belfort, Synergîle

Jean-Marc Blazy, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAe)

Aude Bodiguel, Agence de la transition écologique (ADEME)

Benjamin Bois, projet LACCAVE

Cynthia Bonine, Synergîle

Élodie Bourgeois, Agence nationale de cohésion du territoire (ANCT)

Paul Bourgeois, Météo-France

Annabelle Boutet, Agence nationale de cohésion du territoire (ANCT)

Françoise Brugière, projet LACCAVE

Yohana Cabaret, AcclimaTerra

Jean Charef, Centre national interprofessionnel de l'économie laitière (Cniel)

Christelle Claman, Agence de la transition écologique (ADEME)

Laurent Clerc, Autorité de contrôle prudentielle et de résolution (ACPR)

Charles Colin, ministère de l'intérieur (DGSCGC)

Daniel Compagnon, Sciences Po Bordeaux, AcclimaTerra

Jean Cordier, Agrocampus Ouest

Julie Dautriche, Agence nationale de cohésion du territoire (ANCT)

Ywenn De La Torre, Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)

1. Les contributions constitutives de cet ouvrage n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs.

Nathalie de Noblet-Ducoudré, Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)

Vivian Dépoues, Institute for Climate Economics (I4CE)

Laurent Dubus, Réseau de Transport d'Électricité (RTE)

Éric Duchêne, projet LACCAVE

Sarah Feuillette, Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN)

Laurent Franchistéguy, Météo-France

Vincent Franco, Service départemental d'incendie et de secours (SDIS 06)

Hugues François (université Grenoble Alpes, INRAe, LESSEM)

Iñaki Garcia De Cortazar-Atauri, projet LACCAVE

Jacques Gautier, projet LACCAVE

Emmanuelle George (université Grenoble Alpes, INRAe, LESSEM)

Éric Giraud-Héraud, projet LACCAVE

Hervé Hannin, projet LACCAVE

Jennifer Huet, Centre national interprofessionnel de l'économie laitière (Cniel)

Olivier Javelle, Service départemental d'incendie et de secours (SDIS 06)

Emmanuel Jeanjean, Parc naturel régional du Vercors

Thierry Jimonet, Météo-France

Denis Josse, Service départemental d'incendie et de secours (SDIS 06)

Dorothée Kapsambelis, Caisse centrale de réassurance (CCR)

Maryvonne Kerdoncuff, Météo-France

Gwénaëlle Le Bourhis-Le Duigou (Dreal des Pays de la Loire)

Anaïs Lefranc-Morin, Agence nationale de cohésion du territoire (ANCT)

Catherine Lelong, Réseau de Transport d'Électricité (RTE)

Frédéric Levrault, Chambre régionale d'agriculture de Nouvelle-Aquitaine

Aurélie Madrid, Institut de l'élevage

Alexandre Magnan, Institut du développement durable et des relations internationales (IDDRI)

Anne Marchais-Roubelat (Cnam-Lirsa)

Doris Mirre, Communauté d'agglomération du Nord Grande-Terre

David Moncoulon, Caisse centrale de réassurance (CCR)

Sylvain Mondon, Météo-France

Samuel Morin (université Grenoble Alpes, université de Toulouse, Météo-France, CNRS, CNRM, Centre d'études de la neige)

Nathalie Ollat, projet LACCAVE

Sakina Pen Point, Observatoire de l'immobilier durable (OID)

Laurent Pflumio, Amarenco

Xénia Philippenko, Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM, CNRS, université Paris 1 Panthéon-Sorbonne)

François Pradon, état-major interministériel de zone Sud

Corinne Roecklin, SNCF Réseau

Fabrice Roubelat, IAE-Cerege, université de Poitiers

Julie Roussel, ville de Paris

David Salas-y-Melia, Météo-France

Eric Sevrin, Centre national de la propriété forestière (CNPF-IDF, RMT AFORCE)

Jean-Michel Soubeyroux, Météo-France

Benjamin Sultan, Institut de recherche pour le développement (IRD)

Jean-Marc Touzard, projet LACCAVE

Léïta Tschanz (université Grenoble Alpes, INRAe, LESSEM, Aix-Marseille Université, UMR7263, CNRS-IRD, Avignon Université)

Robert Vautard, Institut Pierre Simon Laplace (IPSL, CNRS)

Véronique Vienet, Service départemental d'incendie et de secours (SDIS 06)

Personnes ayant contribué à la relecture :

Vincent Bourcier, Observatoire national sur les effets du changement climatique (ONERC)

Eric Brun, Observatoire national sur les effets du changement climatique (ONERC)

Joséphine Brune, Immobilière Caisse des dépôts (ICADE)

Romain Cailleton, Direction générale de l'énergie et du climat (MTE/DGEC/SCEE)

Marie Carrega, Observatoire national sur les effets du changement climatique (ONERC)

Henri Chapoutier, Immobilière Caisse des dépôts (ICADE)

François Clauce, Centre national de la propriété forestière (CNPF)

Olivier David, Direction générale de l'énergie et du climat (MTE/DGEC/SCEE)

Jérôme Duvernoy, Observatoire national sur les effets du changement climatique (ONERC)

Guy Landmann, Groupement d'intérêt public – Ecosystèmes forestiers (GIP-Ecofor)

Thierry Laquitaine, AEW

Céline Perrier, Centre national de la propriété forestière (CNPF)

Philippe Riou Nivert, Centre national de la propriété forestière (CNPF)

Frédéric Schafferer, Observatoire national sur les effets du changement climatique (ONERC)

Sarah Voirin, Observatoire national sur les effets du changement climatique (ONERC)

Remerciements :

L'ONERC remercie vivement les auteurs ainsi que les personnes ayant contribué à la relecture de cet ouvrage en guidant l'écriture ou en mobilisant des auteurs.

Annexe 2
SIGLES ET ACRONYMES

ACCAF	Méta-programme Adaptation to Climate Change for Agrosystems and Forests
ACCAF LACCAVE	Projet LACCAVE au sein du méta-programme ACCAF (voir LACCAVE)
ACPR	Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution
ACTRIS	Aerosol, Cloud and Trace Gases Research Infrastructure
ADAMONT	Impacts du changement climatique et adaptation en territoire de montagne (projet)
ADEME	Agence de la transition écologique (anciennement Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)
ADICE	Association de Défense Inter-Communale de l'Environnement
AEE	Agence Européenne de l'Environnement
AERIS	Pôle de données et de services pour l'atmosphère
AESN	Agence de l'Eau Seine Normandie
AEW	AEW Global Real Estate Investment
AFORCE	Adaptation des FORêts au Changement Climatique (voir RMT AFORCE)
AGOA	Agence des aires marines protégées dédiée à la protection des mammifères marins dans les Antilles françaises
AGRESTE	La statistique, l'évaluation et la prospective. Site du ministère de l'agriculture et de l'alimentation
ALLICE	Union des coopératives d'élevage qui fédère les entreprises françaises de sélection et de reproduction animales
AMARENCO	Compagnie de production d'Energie
AMI	Appel à Manifestation d'Interêt
ANACIM	Agence Nationale de l'Aviation civile et de la Météorologie du Sénégal
ANCT	Agence Nationale de la Cohésion des Territoires
ANR	Agence Nationale de la Recherche
ANR CLIMATOR	Impacts du changement climatique sur l'agriculture française – projet ANR
AOC	Appélation d'Origine Controlée
AOGCM	Modèle de circulation générale océan-atmosphère (Atmospheric and Oceanic General Circulation Models)
AON	Courtier en réassurance
AOP	Appélation d'Origine Protégée
AP3C	Adaptation des Pratiques Culturales au Changement Climatique
APC	Agence Parisienne du Climat
APIS-GENE	Société par action simplifiée

APUR	Atelier Parisien d'Urbanisme
AREC	Agence Régionale sur l'Energie et le Climat
ARPEGE Climat	Modèle de circulation générale global et spectral – CNRM et le Centre Européen de Prévision (CEP à Reading, U.K.)
ARS	Agence Régionale de Santé
ARTISAN	Accroître la Résilience des Territoires par l'Incitation aux Solutions fondées sur lA Nature
ASCA	Applications des SCiences de l'Action (bureau d'études et de recherches)
BASIC	Bureau d'Analyse Sociétale pour une Information Citoyenne
Bat-ADAPT	Outil d'analyse des risques physiques climatiques des bâtiments de l'OID
BILJOU	Modèle de bilan hydrique forestier développé par l'UMR Silva de l'INRAe
BIOCLIMSOL	Outil numérique de diagnostic sylvo-climatique du CNPF
BRGM	Bureau des Recherches Géologique et Minières
BTPL	Bureau Technique de Promotion Laitière
C3AF	Changement Climatique et Conséquences sur les Antilles Françaises
C3S	Copernicus Climate Change Service
CANGT	La Communauté d'Agglomération du Nord Grande-Terre (Guadeloupe)
CATNAT	Catastrophes Naturelles
CCR	Caisse Centrale de Réassurance
CDC	Caisse des Dépots et Consignations
CDP	Carbone Disclosure Project
CDS	Climate Data Store
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique
CEN/CNRM	Centre d'Etude de la Neige/CNRM
CEREMA	Centre d'Etude et d'Expertise sur le Risque, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CERFACS	Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique
CESE	Conseil Economique Social et Environnemental
CGDD	Comissariat Général au Développement Durable
CHELSA	Climatologies at High resolution for the Earth's Land Surface Areas (base de données climatiques)
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CICCLADE	Connaître les Impacts du Changement CLimatique par une Formation A DistancE
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique
ClimA	Climat et Agriculture
CLIMATOR	Elaborer des outils et produire des références pour analyser l'impact du changement CLIMAtique sur les sysTèmes agricOles et foRestiers.
CLIMAT-XXI	Climat et Agriculture au XXIe siècle
CLIMESSENCES	Site internet (AFORCE) visant à mettre à disposition des outils d'aide à la décision dans le cadre des changements climatiques

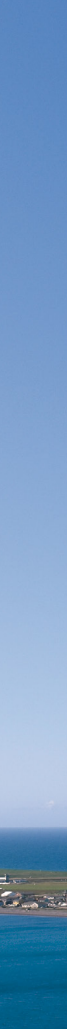
CMIP	Projet d'intercomparaison des modèles couplés (Coupled Model Intercomparison Project)
CNAM	Conservatoire National des Arts et Metiers
CN AOV	Comité National des Appellations d'Origine protégées relatives au Vin
CN IGP	Comité National des Indications Géographiques Protégées
CNC	Centre National du Cinéma et de l'image animée
CNIEL	Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière
CNPF	Centre National de la Propriété Forestière
CNPF IDF	CNPF Ile de France
CNRM	Centre Nationale de Recherche Météorologique
CNRM-CERFACS	CNRM-Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée an Calcul Scientifique
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
CNTE	Conseil National de la Transition Ecologique
COP 21	Conférence des Parties de la CCNUCC (21e)
COPTEC	COnseil Permanent de la Transition Energétique et du Climat (Nouvelle Aquitaine)
CORDEX	COordinated Regional climate Downscaling EXperiment
CREOCEAN	Bureau d'étude
CRIEL	Centre Régional Interprofessionnel de l'Economie Laitière
CRINAO	Comité Régional de l'INAO
CS FAM	Conseil Spécalisé FranceAgriMer
CSP	Catégories Sociaux-Professionnelles
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DATAR	Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale
DCSC	Direction de la Climatologie et des Services Climatiques de Météo France
DDTM	Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DGEC	Direction Générale Energie Climat
DGSCGC	Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises (ministère de l'intérieur)
DOM	Déparement d'Outre-Mer
DOWKI	Drought and Overwhelmed Water Key Indicator
DRAAF	Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIAS	DRIAS les futurs du climat (outil de mise à disposition de projections climatiques régionalisées)
DRIEE	Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie
DSF	Département de Santé des Forêts
EIT	Européen institute of Innovation and Technology
EPCI	Établissement Public de Coopération Intercommunale

EPICEA	Étude Pluridisciplinaire des Impact du Changement Climatique à l'Echelle de l'Agglomération Parisienne
ER4CS	European Research area for Climate Services
ESFRI	Forum stratégique européen sur les infrastructures de recherche (European Strategy Forum on Research Infrastructures)
ESPRI	Évaluer leS Politiques et innover pouR les CItoyens et les Espaces (structure partenaire d'AScA)
ETP	Evapo-TransPiration
EXPLORER	Explorer les potentialités d'une valorisation agro-écologique et économique des biomasses du territoire pour la transition vers une agriculture climato-intelligente (projet INRAe)
FAM INAO	FranceAgriMer et INAO (groupe de travail)
FBF	Interprofession France Bois Forêt
FGD	Final Government Draft des rapports du GIEC
FNAB	Fédération Nationale de l'Agriculture Biologique
FP	Fabriques Prospectives de l'ANCT
FRGTV	Fédération Régionale des Groupements Techniques Vétérinaires
GCM	Modélisation climatique globale (Global Climat Modelling)
GDS France	Groupement de Défense Sanitaire France
GES	Gaz à Effet de Serre
GIE Élevages de Bretagne	Organisation régionale interprofessonnielle
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GIP	Groupement d'Intérêt Public
GIP ECOFOR	GIP ECOsytèmes FORestiers
GREC	Groupe Régional d'Expertise sur le Climat
GRECO	Grandes Régions ECOlogiques (IGN)
HMUC	Analyse Hydrologie MilieUx Climat
I4CE	Institute for Climate Economics
IAC	Indicateurs AgrocClimatiques
ICADE	Immobilière CAisse des DEpots
ICU	Ilot de Chaleur Urbain
IDDRI	Institut du Developpement Durable et des Relations Internationales
IDELE	Institut De l'ELEvage
IDF	Île-de-France
IG CCA	Groupement d'intérêt sur l'adaptation au changement climatique (Interest Group on Climate Change Adaptation) de l'Agence européenne de l'environnement
IGN	Institut Géographique National
IGP	Indication Géographique Protégée
IKS	Indicateurs Klimat Struz (modèle IKS)
INAO	Institut NAtional de l'Origine et de la qualité

INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INRAE	Institut National de la Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement
INRAE LESSEM	INRAe Laboratoire EcoSystèmes et Sociétés En Montagne
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
IPSL	Institut Pierre-Simon Laplace
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
IRSTEA	Institut national de Recherche en Science et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture
ISA Lille	Institut Supérieur d'Agriculture de Lille
ISO	Organisation internationale de normalisation (International Organization for Standardization)
KAP NATIREL	Association de protection de l'environnement (Guadeloupe)
KNMI	Institut météorologique royal des Pays Bas (Koninklijk Nederlands Meteorolgisch Instituut)
LABEX	LABoratoire d'EXcellenece (instrument du programme d'investissement d'avenir – PIA)
LABEX ARBRES	LabEx Recherches Avancées sur la Biologie de l'Arbre et les Ecosystèmes Forestiers
LABEX OSUG	LabEx Laboratoire des Sciences de l'Univers Grenoble
LACCAVE	Long term impacts and Adaptation to Climate ChAnge for ViticulturE and œnology (projet)
LIFE	L'Instrument Financier pour l'Environnement de l'Union Européenne
LTCEV	Loi sur la Transition Ecologique et la Croissance Verte
MAA	Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
MACCLIF	Mesures d'Adaptation au Changement CLImatique par les gestionnaires Forestiers
MEAE	Ministère de l'Europe et des Affaires Etrangères
MEDCIE	Mission d'Etudes et Développement des Coopérations Interrégionales et Européennes
MESRI	Ministère chargé de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation
MPCU	Mécanisme de Protection Civile de l'Union européenne
MSA	Mutualité Sociale Agricole
NGFS	Network for Greening the Financial System
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economique
ODG	Organisme de Défense et de Gestion
OFB	Office Français de la Biodiversité
OGM	Organisme Génétiquement Modifié
OID	Observatoire de l'Immobilier Durable
OIV	Organisation Internationale de la Vigne et du vin
OMM	Organisation Météorologique Mondiale

OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONF	Office National des Forêts
OPCC	Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique
OREC	Observatoire Régional Energie-Climat (Guadeloupe)
ORSAG	Observatoire Régional de la SAnté de la Guadeloupe
PCAET	Plan Climat-Air-Energie Territorial
PCET	Plan Climat-Energie Territorial
PIB	Produit Intérieur Brut
PIREN-Seine	Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'eau et l'ENvironnement du bassin de la Seine
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PNACC	Plan National d'Adaptation au Changement Climatique
PNR	Parc Naturel Régional
PPE	Programmation Pluriannuelle de l'Énergie
PPRL	Plan de Prévention des Risques Littoraux
RCM	Modélisation climatique régionale (Régional Climate Modelling)
RCP	Representative Concentration Pathways
RE 2020	Réglementation Environnementale 2020
REFLEX	Fichier REFLEX (Paris) : recense les personnes fragiles qui le souhaitent et permet de les appeler en période de canicule
RMT	Réseau Mixte Technologique
RMT AFORCE	RMT Adaptation des FORêts au Changement Climatique
RMT SPICEE	RMT Structurer et Produire l'Innovation dans les systèmes ayant des Cultures et de l'Elevage Ensemble
RPC	Representative Concentration Pathways
RPG	Registre Parcellaire Graphique
RTE	Réseau de Transport d'Électricité
RUMIGEN	Towards improvement of RUMinant breeding through GENomic and epigenomic approaches
SAFRAN	Système d'Analyse Fournissant des Renseignements Atmosphériques à la Nivologie
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SAU	Surface Agricole Utile
SCAMPEI	Scénarios Climatiques Adaptés aux zones de Montagne : Phénomènes extrêmes, Enneigement et Incertitudes
SCOT	Schéma de COhérence Territoriale
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDIS	Service Départementaux d'Incendie et de Secours
SEGE Biodiversité	Bureau de conseil
SGAR	Secretariat Régional des Affaires Régionales
SIDAM	Service Interdépartemental pour l'Animation du Massif Central
SIS	Service d'Incendie et de Secours

SMA-MAIA	Système de Management de l'Adaptation – Modélisation Améliorative et Intégrée de l'Adaptation
SMHI	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
SNCF	Société Nationale des Chemins de Fer français
SOD	Second-order draft des rapports du GIEC
SPEI	Standardized Precipitation Evaporation Index
SPI	Indice standard de précipitation (Standardized Precipitation Index)
SRADDET	Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et Egalité des Territoires
SRIT	Schéma Régional des Infrastructures et des Transports
SROCC	Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate
SSP	Shared Socio-economic Pathways
SSWI	Standardized Soil Wetness Index
SYNERGÎLE	Association 1901 créée à l'initiative de la Région Guadelope
TACCT	Trajectoires d'Adaptation au Changement Climatique des Territoires
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
VALOGENE	Société d'exploitation en charge de la gestion des échantillons et de la VALOrisation de l'information GENomiquE
WGCM	Groupe de travail de modélisation couplée (Working Group on Coupled Modelling)
WMO	Organisation Météorologique Mondiale (World Meteorological Organisation)



S'adapter aux impacts du changement climatique n'est pas simple et le sujet peut effrayer. Effrayer par l'ampleur et la sévérité des impacts dont nous entendons parler dans les médias et effrayer par la complexité des solutions. La prospective permet, pas à pas, de répondre à ces inquiétudes, notamment avec l'aide des services climatiques et avis d'experts dont nous disposons en France. Elle permet également de développer les pistes d'action adaptées à chaque cas.

Chaque situation est en effet différente, chaque acteur, qu'il soit ministère, territoire, ville, commune, agence de bassin, grand réseau d'infrastructures, filière économique, entreprise, citoyen, public ou privé, individuel ou collectif, est concerné et met en œuvre les solutions qui lui conviennent.

Le présent rapport montre, de manière aussi concrète que possible, des démarches et outils de prospective qui sont à votre disposition avant de les compléter par des exemples d'acteurs publics et privés qui s'y sont déjà engagés et qui, pour certains, mettent actuellement en œuvre les solutions qu'ils ont développées.

La prospective permet d'anticiper comment et quand ils ont intérêt à agir. Comment, pour éviter les effets négatifs et identifier les opportunités de développement, et quand, puisque ces solutions ont souvent besoin d'un temps de concertation, de préparation et de mise en œuvre important. Ainsi, la prospective est un outil précieux au service de l'adaptation au changement climatique.

ONERC
Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Liberté
Égalité
Fraternité

Diffusion
Direction de l'information légale et administrative
La Documentation française
https://www.vie-publique.fr/publications

Ouvrage non vendu