



**CGAAER**

CONSEIL GÉNÉRAL  
DE L'ALIMENTATION  
DE L'AGRICULTURE  
ET DES ESPACES RURAUX

**Rapport n° 17104**

## **Plan « Semences et plants pour une agriculture durable »**

### **État des lieux des compétences de la recherche, de ses besoins, et de l'offre de formation initiale et continue**

établi par

**Etienne ACHILLE**  
Inspecteur général de l'agriculture

**Sylvie DUTARTRE**  
Ingénieure générale des ponts, des eaux et des forêts

**Mars 2019**



# SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	6
LISTE CHRONOLOGIQUE DES RECOMMANDATIONS.....	7
<b>1. LA RECHERCHE.....</b>	<b>11</b>
1.1. LES COMPÉTENCES DE L'APPAREIL DE RECHERCHE.....	11
1.1.1. Organisation de la recherche fondamentale sur les semences.....	11
1.1.2. Le Programme d'investissements d'avenir 1 : quel devenir pour cette ambition ?....	11
1.1.2.1. Esquisse de bilan avant la fin des programmes.....	11
1.1.2.2. Des perspectives post-PIA1 incertaines.....	13
1.1.3. Les pôles de compétitivité, acteurs majeurs pour l'innovation à travers une recherche plus appliquée.....	15
1.2. LES COMPÉTITEURS À L'INTERNATIONAL : PAS DE VUE D'ENSEMBLE, PEU D'ALLANT DES MAJORS POUR COOPÉRER.....	16
1.3. LES PISTES DE TRAVAIL POUR LA RECHERCHE.....	18
1.3.1. Orienter la recherche vers une diversification des cultures .....	18
1.3.1.1. Les enjeux de la diversification.....	18
1.3.1.2. Des pistes de recherche pour la diversification.....	19
1.3.1.3. Pour une meilleure évaluation des mélanges.....	20
1.3.2. Développer le phénotypage sur semences et plantules.....	20
1.3.2.1. Le phénotypage en réponse aux limites du génotypage pour l'évaluation du végétal .....	20
1.3.2.2. Le retard de développement du phénotypage des semences.....	21
1.3.2.3. Les espoirs du phénotypage haut débit sur semences et plantules.....	21
1.3.2.4. Pistes de recherche en phénotypage des semences.....	21
1.3.3. L'amélioration de la qualité sur les semences sèches et plants.....	22
1.3.3.1. Sur semences sèches.....	22
1.3.3.2. Le cas particulier des plants.....	23
1.3.4. L'approfondissement des connaissances sur les stress biotiques.....	23
1.3.5. Pour une meilleure exploitation des ressources phytogénétiques (RPG).....	24
1.3.5.1. Problématiques liées aux RPG.....	24
1.3.5.2. Le cas particulier de l'outre-mer.....	25
1.3.5.3 L'enjeu de la conservation des collections.....	26
1.3.5.4. La question des semences paysannes et de la sélection participative.....	26
1.3.6. L'exploration de la biodiversité du microbiote du sol : un front de recherche essentiel .....	27
1.3.7. Génétique : métagénomique de la semence, génétique quantitative, épigénétique, édition de génome.....	28
1.3.7.1. La génétique demeure essentielle.....	28
1.3.7.2. L'édition de génome et la controverse des nouvelles biotechnologies - <i>New Breeding Techniques</i> .....	29
1.3.8. La prise en considération de l'enjeu des données.....	31
<b>2. LA FORMATION.....</b>	<b>32</b>

2.1. RESTAURER L'ATTRACTIVITÉ DU VÉGÉTAL ET DES SEMENCES DANS LA FORMATION INITIALE.....	32
2.1.1. L'enseignement technique agricole : redonner de la visibilité aux enjeux du végétal, et en particulier aux semences.....	32
2.1.2. L'enseignement supérieur agronomique : renforcer la réponse à la moindre attractivité du végétal.....	34
2.1.2.1. Les grandes écoles d'ingénieurs en agronomie s'adaptent à l'érosion de l'attractivité des cursus « Amélioration des plantes ».....	35
2.1.2.2. Une offre universitaire riche mais dispersée.....	37
2.2. LES COMPÉTENCES QUANTITATIVES ET DANS LE NUMÉRIQUE : NOUVEAUX DÉTERMINANTS DU SECTEUR ET MOTEURS POTENTIELS D'UNE ATTRACTIVITÉ RETROUVÉE.....	39
2.2.1. Des compétences quantitatives de plus en plus recherchées.....	39
2.2.2. L'enjeu critique des compétences numériques.....	39
2.3. DES FORMATIONS EXPOSÉES A UNE FORTE CONCURRENCE.....	40
2.3.1. Les grandes écoles d'ingénieur : une position relative et disputée à l'international, mais un fort potentiel à développer.....	40
2.3.2. La concurrence entre employeurs sur les compétences : une vigilance nécessaire.....	43
2.3.3. Le pari de la professionnalisation ?.....	43
2.4. LA FORMATION CONTINUE : DES BESOINS RÉELS, DES POSITIONS À PRENDRE.....	44
2.4.1. Une situation nationale qui doit évoluer.....	44
2.4.2. Une place à conquérir par la France dans l'offre internationale de formation continue.....	45
CONCLUSION.....	47
ANNEXES.....	49
Annexe 1 : lettre de mission.....	51
Annexe 2 : note de cadrage de la mission.....	54
Annexe 3 : liste des personnes rencontrées.....	61
Annexe 4 : liste des sigles utilisés.....	64
Annexe 5 : liste des UMR ou laboratoires de recherche publics impliqués dans la recherche sur les semences et plants.....	66
Annexe 6 : Programme d'investissements d'avenir PIA 1 par espèces : programme « Biotechnologies et Bio-ressources ».....	72
Annexe 7 : Programme d'investissements d'avenir PIA1.....	79
Annexe 8 : Projets du Fonds unique interministériel depuis 2005 portant sur les semences et l'amélioration des plantes.....	82
Annexe 9 : classement 2017 des entreprises semencières mondiales par montant des ventes.....	84



## RÉSUMÉ

Le plan « Semences et plants pour une agriculture durable » de 2016 a pris la suite du plan précédent adopté en 2011. Il comporte une sous-action 2.3.2 « *faire un état des lieux des compétences de l'appareil de recherche, de ses besoins et de l'offre de formation initiale et continue* » qui est l'objet du présent rapport.

**Dans le contexte d'une vaste recomposition mondiale du secteur semencier qui interroge en profondeur la place particulière qu'y occupe la France, la recherche française demeure forte car ancrée dans une tradition puissante et une dynamique scientifique tant publique que privée.** Mais elle est aujourd'hui exposée de manière inédite et concomitante à de nombreux défis : fin du cycle de dix années de projets du Programme d'investissements d'avenir sans perspective lisible sur ses suites possibles, impossibilité européenne réitérée d'utiliser les biotechnologies de sélection génétique, perte importante de biodiversité appelant une diversification des cultures et l'exploration du microbiote du sol, besoin impérieux d'apporter des réponses plus rapides pour s'adapter à un changement climatique qui s'accélère.

Pour relever ces défis de la recherche, un effort national et européen est essentiel car les concurrences américaine et asiatique sont de plus en plus puissantes. La mission préconise de relancer le développement variétal sur des espèces pour lesquelles le catalogue français est mal pourvu, de faire davantage évaluer les mélanges, de lancer une expertise scientifique pour évaluer véritablement les semences dites paysannes, de mieux reconnaître la conservation des ressources phytogénétiques par des structures publiques et de lancer une expertise scientifique collective des nouvelles biotechnologies de sélection.

**Le maintien de la place de la France dans ce secteur stratégique repose également sur le socle d'une offre de formation portant la spécificité agronomique française et qui permette de conserver des positions de leader.** Cependant, la visibilité et l'attractivité de ces cursus se sont réduites depuis une décennie dans l'enseignement technique comme dans l'enseignement supérieur du fait d'une image dégradée et d'une prééminence de l'animal par rapport au végétal, alors que le développement de l'agroécologie devrait pourtant concourir à inverser cette tendance. Les écoles d'ingénieur agronome et les universités se sont adaptées à cette évolution. Mais malgré sa qualité, l'offre de formation demeure dispersée et insuffisamment coordonnée sur le territoire en comparaison de ses principaux concurrents étrangers.

La mission préconise de recréer les conditions de visibilité et d'attractivité de ces matières dès l'enseignement technique agricole, d'utiliser les compétences actuellement prisées en bio-informatique, mathématiques et statistiques comme levier de relance de l'attractivité de ces cursus dans l'enseignement supérieur, d'y construire des parcours en amélioration variétale communs aux grandes écoles d'agronomie en lien avec l'INRA, et de susciter une coordination interministérielle des cursus Bac+5 en biologie végétale et amélioration variétale.

Au vu des enjeux d'un secteur critique, la période appelle une stratégie française forte en faveur de la recherche et de la formation. Associant le secteur privé, cette stratégie est à impulser par les pouvoirs publics français et à coordonner autant que possible à l'échelle européenne.

**Mots clés : semences, amélioration des plantes, sélection, variétés, recherche, formation, enseignement agricole, enseignement supérieur, génétique, biotechnologies, numérique, international**

## LISTE CHRONOLOGIQUE DES RECOMMANDATIONS

- R1.** Soutenir et encourager la démarche du Groupement national des industries semencières qui propose un « *partenariat de recherche à dix ans, en ciblant trois espèces par an, qualifiées pour leur intérêt agroécologique et par l'analyse des difficultés à résoudre* » .....p.19
- R2.** Reconnaître la conservation de ressources phytogénétiques au sein des structures publiques comme appui technique, complémentaire à des missions de recherche, avec le soutien financier récurrent qui en découle.....p.26
- R3.** Demander à l'Institut national de la recherche agronomique de réaliser une recherche de long terme sur des populations de céréales à paille, avec conditions radicales et alternantes dans le cadre du changement climatique en cours et à venir.....p.27
- R4.** Commander à l'Institut national de la recherche agronomique et à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail une expertise scientifique collective des nouvelles biotechnologies des plantes faisant une analyse des risques (alimentation, environnement, etc.) et du rapport coût/bénéfice (avantage santé, etc.) et de communiquer sur ses résultats auprès du grand public. Si les conclusions de cette expertise permettaient d'éclairer la décision publique dans le sens d'une meilleure acceptabilité des plantes génétiquement modifiées, il serait alors possible de demander le réexamen de la directive européenne « Organismes génétiquement modifiés ».....p.31
- R5.** Mettre en place dans l'enseignement technique agricole des contenus pédagogiques spécifiques aux enjeux majeurs du végétal pour concourir à recréer, dès cette étape-clé du cursus de formation, les conditions d'une attractivité pour des études et métiers dans ce secteur. Contributeurs à la démarche agroécologique, ces contenus objectiveront les débats en cours par la présentation adaptée de données scientifiques.....p.34
- R6.** Construire pour les élèves des cursus « Ingénieur » des parcours « Amélioration variétale » communs aux trois principales grandes écoles d'agronomie, en lien avec l'Institut national de la recherche agronomique.....p.37
- R7.** Susciter une coordination nationale des cursus universitaires Bac+5 en « Biologie végétale et amélioration variétale » copilotée par le ministère de l'agriculture et de l'alimentation et le ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation. ....p.38

## INTRODUCTION

Le plan « Semences et plants pour une agriculture durable » de 2016 a pris la suite du plan précédent adopté en 2011. Ce dernier avait été évalué en 2015 par le CGAAER (rapport n° 15030). Son axe 2 est intitulé « Favoriser une innovation au service de l'agro-écologie dans le secteur des semences et plants ». Il se décline en trois actions :

- 2.1 - Assurer un développement compatible avec un usage durable des innovations
- 2.2 - Encourager la production de connaissances au service de l'innovation en génétique végétale et de son utilisation en agriculture
- 2.3 - Soutenir la recherche dans le secteur des semences et plants.

L'action 2.3 prévoit elle-même deux sous-actions :

- sous-action 2.3.1 : orienter l'appel à projet CASDAR « Semences et sélection végétale » pour appuyer les objectifs de ce plan
- **sous-action 2.3.2 : faire un état des lieux des compétences de l'appareil de recherche, de ses besoins et de l'offre de formation initiale et continue.**

Tel est l'objet de la présente **mission d'expertise** confiée au CGAAER, qui devait prendre en compte, d'une part, les dernières avancées biotechnologiques et leur environnement réglementaire et juridique, et d'autre part, l'enjeu de la production et du traitement massif de données issues de l'ensemble des opérations de sélection, d'inscription et de culture des variétés.

## UN CONTEXTE DE RECOMPOSITION MONDIALE DU SECTEUR QUI INTERROGE LA PLACE PARTICULIÈRE DE LA FRANCE

Les semences sont l'amont de l'amont de tout le secteur agricole et agro-alimentaire. Leur importance est donc stratégique dans un contexte de fort développement démographique mondial vers les dix milliards d'humains à l'horizon 2050, de réchauffement climatique, mais aussi de montée des exigences de qualité et de traçabilité des produits agricoles et agro-alimentaires.

**Depuis l'adoption du plan « Semences et plants pour une agriculture durable », le secteur n'a cessé d'être en profonde recomposition du fait des fusions et rachats majeurs qui modifient le paysage mondial des semences :**

- *en décembre 2015*, les groupes américains Dow Chemical et DuPont-Pioneer ont procédé à une fusion qui fait accéder la nouvelle entreprise au premier rang des chimistes mondiaux (devant l'allemand BASF. V. infra) avec une capitalisation boursière de près de 150 milliards de dollars. Le nouveau groupe est en voie de séparation en trois entités dont l'une dédiée à l'agrochimie, Cortevia Agriscience. La Commission européenne n'a pas exprimé de réserves quant à l'effet de ce rapprochement sur le marché des semences ;
- *en 2017*, le conglomérat public chinois ChemChina a poursuivi une très dynamique stratégie d'acquisitions lancée depuis dix ans en prenant le contrôle du groupe agrochimiste suisse Syngenta pour 44 milliards de dollars. Cette transaction est la plus importante acquisition chinoise d'une entreprise étrangère. Elle traduit la mise en œuvre à grande échelle de la politique d'investissement massif et mondial du gouvernement chinois dans l'éducation<sup>1</sup>, la recherche, le foncier, l'agriculture et l'agro-alimentaire dont l'objectif est de nourrir sa propre population (21 % de la population mondiale pour 9 % des terres arables). Cette opération pourrait être suivie prochainement d'une autre fusion, sino-chinoise elle, avec le groupe public Sinochem (périmètre de 100 milliards de dollars) ;

---

<sup>1</sup> « China has become the second-largest R&D spender, accounting for 21 % of the world total of nearly \$2 trillion in 2015. Only the United States, at 26 %, ranks higher, but if present growth rates continue, **China will soon become the biggest spender**. From 2000 to 2015, Chinese R&D outlays grew an average of 18 % annually, more than four times faster than the U.S. rate of 4 %. China has dramatically expanded its technical workforce : from 2000 to 2014, the annual number of science and engineering bachelor's degree graduates went from about 359,000 to 1.65 million. Over the same period, the comparable number of U.S. graduates went from about 483,000 to 742,000 ». Source : The United States National Science Foundation/National Science Board biennial "Science & Engineering Indicators," 2018.



- en 2018, l'américain Monsanto, leader mondial des semences a, à son tour, été acquis par l'allemand Bayer. Cette transaction a reçu l'aval de la Commission européenne en mars, mais à des conditions qui modifient profondément le paysage semencier mondial : Bayer a ainsi dû céder la quasi-totalité de son département « Semences » dont sa recherche-développement. Il a aussi dû céder sa plate-forme d'agriculture numérique pourtant lancée en novembre 2017, mais le nouveau groupe intègre l'offre numérique de Monsanto. C'est le groupe chimiste allemand BASF qui a acquis ces actifs, devenant ainsi un nouveau grand semencier mondial, basé dans l'Union européenne.

### **Ces mouvements majeurs interrogent la place particulière de la France, historiquement forte, dans le secteur.**

Le secteur semencier est l'un des fleurons de l'industrie française. Premier producteur européen et second exportateur mondial (premier en grandes cultures), il a réalisé en 2017 un chiffre d'affaires annuel de 3,3 milliards d'euros. Il a exporté pour 1,3 milliard d'euros et se distingue par un solde positif et en hausse continue de sa balance commerciale depuis dix ans, atteignant un niveau record de 950 millions d'euros en 2017. L'investissement dans la recherche y est en moyenne de 13 % du chiffre d'affaires, soit plus de 30 % au-dessus de l'industrie pharmaceutique (17 % dans l'aéronautique) ; l'emploi dans la recherche y a progressé de 38 % de 2011 à 2016 avec 3155 ETP. Ces chiffres très remarquables s'appuient notamment sur le dispositif du crédit Impôt Recherche (CIR) qui permet aux entreprises de déduire de leur impôt sur les sociétés 30 %<sup>2</sup> des charges de recherche (fondamentale et appliquée) et de développement expérimental. Les professionnels semenciers français y sont très attachés.

En 2016, il existait 61 groupes d'entreprises ou entreprises indépendantes de sélection dont un nombre non négligeable à caractère familial, et 238 de production. Cette structure contraste fortement avec les rapprochements récents des géants mondiaux. Les emplois directs de l'ensemble des activités du secteur s'établissaient à 11 836 ETP en 2016 (+26 % par rapport à 2011), auxquels s'ajoutaient 18 961 agriculteurs multiplicateurs de semences.

Le secteur semencier français bénéficie d'un bon niveau de concertation entre pouvoirs publics, professionnels de l'amont et de l'aval, et les acteurs de la recherche. Elle s'opère au sein d'une instance singulière, le Comité technique permanent de la sélection (CTPS), qui régule depuis 1942 l'inscription au catalogue français des plantes cultivées. S'y sont ajoutées PROMOSOL et PRO Mais, des structures spécifiques de coordination de la recherche qui ont permis de développer des objectifs et lignes directrices communs sur des espèces-cibles. Ces initiatives ont favorisé la réactivité des acteurs de la recherche et des professionnels pour candidater aux financements du Programme d'investissements d'avenir (PIA) en présentant des projets d'excellence.

### **LE PLAN « SEMENCES ET PLANTS POUR UNE AGRICULTURE DURABLE », UNE PARTIE DE LA RÉPONSE AUX DÉFIS D'UN SECTEUR EN PROFONDE MUTATION**

Conscient de la nécessité de définir et partager avec tout ce secteur stratégique une vision commune de son développement, le ministère de l'agriculture a conçu dès 2011 un premier plan "Semences pour une agriculture durable". Ce plan concourt, au côté des 13 autres plans stratégiques actuels du ministère, à la mise en place de ses politiques prioritaires.

La démarche du plan est partie intégrante d'une stratégie plus large visant à faciliter l'innovation dans le domaine de l'amélioration variétale et de la qualité des semences en vue de défendre la compétitivité des entreprises, mettre sur le marché des variétés réduisant la consommation de produits phytopharmaceutiques et des semences de qualité - en lien avec le plan Ecophyto 2+ - et adapter les cultures au changement climatique.

Après que le plan ait été évalué en 2015, de nouvelles lignes ont constitué un second plan "Semences pour une agriculture durable" en 2016. Il est construit autour de six axes.

---

<sup>2</sup> Taux applicable jusqu'à 100 M€ de dépenses annuelles de recherche et développement. Au-delà, le taux est de 5 %.

Son axe 2 est intitulé "Favoriser une innovation au service de l'agro-écologie dans le secteur des semences et plants". En son sein, l'action 2-3 vise à "*soutenir la recherche dans le secteur des et semences et plants*". A cette fin, une sous-action 2 prévoit de "*faire un état des lieux des compétences de l'appareil de recherche, de ses besoins et de l'offre de formation initiale et continue*".

Tel est l'objet de la présente mission d'expertise confiée au CGAAER.

# 1. LA RECHERCHE

## 1.1. LES COMPÉTENCES DE L'APPAREIL DE RECHERCHE

### 1.1.1. Organisation de la recherche fondamentale sur les semences

La recherche fondamentale s'appuie sur un ensemble d'unités mixtes de recherche (UMR) et d'unités de recherche (UR) principalement adossées au département « Biologie et Amélioration des Plantes » (BAP) de l'INRA.

La plupart de ces unités associe les universités et l'enseignement supérieur agricole, public et privé.

Elles sont complétées par une vingtaine d'UMR constituées sans l'INRA, avec le CNRS ou l'ENS ou le CIRAD, voire l'IRD, qui correspondent surtout à des structures dédiées à la recherche sur la physiologie des semences.

Sans prétendre à l'exhaustivité compte tenu de la configuration des bases de données consultées, l'annexe 5 au présent rapport présente les principales structures de recherche impliquées au plan national, tant sur l'amélioration des plantes que sur la physiologie des semences. Elle recense ainsi près de soixante-dix entités dont :

- quarante-huit UMR compétentes en amélioration des plantes,
- une vingtaine d'unités compétentes en qualité et physiologie des semences.

### 1.1.2. Le Programme d'investissements d'avenir 1 : quel devenir pour cette ambition ?

Dans sa première vague, le Programme d'investissements d'avenir (PIA) a soutenu six projets d'amélioration variétale par espèce ou groupe d'espèces : AMAIZING sur le maïs, AKER sur la betterave, SUNRISE sur le tournesol, BREEDWHEAT sur le blé tendre, RAPSODYN sur le colza et PEAMUST sur le pois protéagineux (v. leur présentation en annexe 6), ainsi que deux programmes transversaux : PHENOME et GENIUS (v. annexe 7). La plupart de ces projets arrivera à échéance d'ici 2019-2020.

Le PIA1 a également reconnu et soutenu le LABEX Saclay Plant Sciences (SPS) en rassemblant les forces de l'Institut Jean-Pierre Bourgin (JJPB), de l'Institut de biologie intégrative de la cellule (I2BC) et de l'Institut Paris Saclay 2, rejoints ultérieurement par les équipes de génétique quantitative de l'INRA-Le Moulon.

#### 1.1.2.1. Esquisse de bilan avant la fin des programmes

Le Secrétariat général pour l'investissement (SGPI) ex-Commissariat général à l'investissement) fait à ce jour un bilan qu'il qualifie de décevant de ce volet-ci du PIA1 :

- . insuffisante implication financière des semenciers,
- . nombre insuffisant de dépôt de brevets,
- . financement substantiel de la recherche par l'Etat mais effet-levier insuffisant sur la valeur des entreprises semencières,
- . peu d'innovations variétales,
- . faible nombre de bourses CIFRE.

Néanmoins, l'évaluation complète de tels projets, qui ne sont pas encore parvenus à leur terme requiert davantage de recul, notamment sur la sélection variétale, les brevets et autres formes de valorisation.

La mission ne partage pas le point de vue du SGPI. La présentation ci-dessous fait l'analyse des points positifs puis négatifs, à un moment où les programmes sont prolongés dans la durée, ce qui leur permettra de pouvoir déboucher complètement sur des valorisations pleines et entières.

#### *- Points positifs*

- Pour la première fois, le pas de temps des PIA a coïncidé avec le pas de temps de la sélection variétale, laquelle a du mal à produire des résultats sur des appels à projets d'une durée de 2 à 3 ans. Une durée longue (10 à 15 ans) est en effet une condition essentielle pour pouvoir développer des programmes de recherche sur le vivant, dans un contexte de forte évolution des technologies et méthodes.
- Là où la dynamique de travail public/privé n'existait pas encore, le PIA1 a développé cet esprit collaboratif avec la volonté de poursuivre au-delà du PIA.
- La taille des projets et l'expérience développée en management de la coordination a donné une légitimité à des équipes pour la coordination de projets complexes multi-partenariaux, à l'échelle européenne et internationale.
- Le PIA1 a ainsi donné un accès au pilotage de consortia internationaux pour le décryptage de génomes d'espèces, avec mise en perspective d'un objectif de recherche sur des pangénomomes (accès à tous les gènes de diversité d'une espèce provenant du monde entier).
- Le PIA1 a constitué et constitue toujours un excellent tremplin pour répondre à des appels à projets européens, à l'instar du projet H2020 SolACE « SOLutions for improving Agroecosystems and Crop Efficiency for water and nutrient use » sur blé tendre, blé dur et pomme de terre qui n'aurait pas vu le jour sans BREEDWHEAT. SolAce a nécessité un élargissement des accords de partage vers l'Austrian Institute of Technology, l'Université catholique de Louvain et l'institut de recherche de l'agriculture biologique de Suisse (FiBL).
- S'agissant d'infrastructures, la logique du PIA a conduit les partenaires français à concevoir en commun les dispositifs, contrairement à ce qui se fait au plan européen où chacun développe son propre système.
- La plupart des projets ont pu déboucher sur une valorisation conséquente en terme de potentiel des résultats, sachant qu'une part importante est encore à venir lors de la clôture des projets.
- Le PIA 1 a pu redonner une légitimité à l'INRA pour travailler en bilatéral avec certains des semenciers sur de petits projets plus ponctuels, mobilisant en amont la recherche fondamentale.

- Le lien à la formation, lorsqu'il figurait dans les objectifs du projet, a été exploité de manière satisfaisante dans les projets AKER et PEAMUST.
- Beaucoup de projets collatéraux ont d'ores et déjà bénéficié des résultats du PIA 1 tels que des programmes sur orobanche à partir de SUNRISE, sur lentille à partir de PEAMUST, etc.

#### *- Points négatifs*

- Même si cela est dans la nature du PIA, le terme proche de ces programmes sans perspectives lisibles pour les équipes concernées par la suite, génère une incertitude qui les fragilise sur la durée et compromet la stabilité des financements.
- Le risque d'éclatement des consortia représenterait une grande perte par rapport à l'investissement réalisé.
- Beaucoup d'efforts ont été consentis sur la génomique et le phénotypage, sans intégrer cependant les dimensions économique, agronomique et sociologique.
- La dimension « formation » des projets est absente ou relativement congrue, à l'exception notable des projets AKER et PEAMUST.
- Ce type de projets collaboratifs interroge sur la place à donner aux grands groupes car, selon les chercheurs du secteur public, ils se seraient plutôt comportés en observateurs pour vérifier l'état des connaissances des concurrents qu'en réels partenaires.
- La question du transfert reste en suspens : le travail qui a vocation à être transféré aux instituts techniques (IT) pour des essais de post-inscription et la création d'OAD de choix des variétés risque de n'être guère valorisé par ces instituts techniques. A titre d'exemple, Terres Inovia, qui possède certes un savoir faire important en expérimentation des oléagineux, doit faire face au défi de l'intégration des protéagineux dans son champ d'intervention.
- Une menace pèse sur les infrastructures mises en place : le risque d'obsolescence est réel et la pérennité des outils est interrogée, en particulier après l'arrêt des projets PIA puisque les utilisateurs actuels ne consommeraient plus de données.
- L'utilisation de la communauté des chercheurs publics comme un vivier de recrutement par certains grands groupes pose question.

#### **1.1.2.2. Des perspectives post-PIA1 incertaines**

Au cours de ses entretiens avec la communauté scientifique, la mission a relevé un certain nombre de thématiques plus transversales qui mériteraient d'être travaillées, dans le prolongement des programmes du PIA1.

##### *- Les thématiques structurantes*

Outre une valorisation de l'existant organisant des projets bilatéraux et européens, d'autres approches plus transversales, pour la plupart déjà anticipées par le Groupement d'intérêt scientifique-Biotechnologies vertes (GIS BV), peuvent être envisagées :

- la caractérisation et l'utilisation des ressources phytogénétiques (RPG) de plusieurs groupes d'espèces ;
- le devenir des données avec des projets méthodologiques à développer selon les finalités de leur usage ;
- l'utilisation d'une clé d'entrée en bio-économie et sciences sociales pour contrebalancer l'effet des sciences dures et améliorer l'acceptabilité sociale ;
- le développement de projets plus européens et méditerranéens avec un rôle important du Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes (CIHEAM) de Montpellier comme porteur collectif ;
- la recherche sur les semences et plants en agriculture biologique dans le contexte récent du règlement communautaire sur l'utilisation de semences non certifiées pour l'agriculture biologique<sup>3</sup> ;
- la recherche d'une meilleure synergie entre phénotypage fin et analyse du génome.

#### - Les financements

Aux yeux de la mission, il est important de poursuivre les collaborations engagées lors du PIA1, avec une utilisation en commun des infrastructures et données, des rencontres multiples et l'association du privé aux choix scientifiques, dans le contexte actuel de méga-fusions interrogeant largement le devenir des semenciers français (v. supra « Introduction »).

Or, dans le Grand plan d'investissement (GPI) récemment arrêté, le sujet des semences en tant que tel n'apparaît que sur l'appel à projet du CASDAR semences, n'apportant rien de nouveau.

Les nouvelles orientations données par le SGPI ne laissent guère de place à l'agriculture et l'alimentation. Le SGPI souligne ainsi que l'approche par espèce qui a prévalu jusqu'alors ne correspond plus à une stratégie d'avenir. Pour financer des projets collaboratifs<sup>4</sup>, l'État ne soutiendra plus que des projets de recherche entrant dans le cadre du PIA « Projets de recherche Structurants Pour la Compétitivité » (PSPC) et ceux de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), dans son appel à projets « Agriculture et industries agro-alimentaires éco-efficentes ».

Pour le dispositif des PSPC, il n'y a eu jusqu'à présent qu'une demi-douzaine de projets retenus dans le champ de l'agriculture et l'agro-alimentaire. Le montant du projet devant être compris entre 5 et 50M€, cela ne favorise pas l'agro-alimentaire, comparativement aux autres secteurs industriels. Il est question de ramener le seuil de 5 M€ à 4 M€, ce qui ne suffira pas à accroître la part des projets agricoles retenus, car le processus d'instruction par BPIFrance requiert que le demandeur dispose d'une comptabilité analytique détaillée.

S'agissant de l'appel à projets de l'ADEME, certes plus récent, une seule entreprise agricole a réussi à être sélectionnée et a fini par renoncer.

Quant à l'appel à projets de FAM, sur l'agriculture et l'alimentation intelligente, son enveloppe reste modeste au regard des financements apportés par le PIA 1.

Le volet agricole du GPI dévoilé en octobre 2018 se concentrera donc sur les investissements, portant tant sur l'amont que l'aval des filières. Cinq cent millions d'euros seront réservés à des projets innovants qui devront recourir principalement aux trois outils de financement ci dessus .

<sup>3</sup> Règlement UE2018/848 du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et l'étiquetage des produits biologiques (voir article 13)

<sup>4</sup> En dehors des appels à projets récurrents tels que ceux de l'Agence nationale de la recherche (ANR), du Compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural (CASDAR) Semences, du Fonds de soutien à l'obtention végétale (FSOV), etc.

Il est à craindre que la séquence de dix ans au cours de laquelle le PIA a soutenu spécifiquement des programmes de recherche portant sur la sélection d'espèces majeures ne se referme et que s'ouvre maintenant une période de fortes incertitudes.

Pour porter des projets de recherche de grande envergure, il faudra donc privilégier le guichet européen.

- *L'ouverture des programmes de recherche collaborative et appels à projets aux sociétés internationales*

Quand Génoplante a été créée, les membres du consortium étaient français, puis le GIS BV, son successeur, s'est ouvert à des sociétés européennes KWS, BAYER, SYNGENTA, car elles étaient implantées en France. Selon les scientifiques, ces multinationales n'ont pas apporté à la communauté.

Dans le même temps, Etats-Unis, Russie et Chine ont fait assaut de protectionnisme :

- aux Etats-Unis, l'État fédéral aide l'association des semenciers privés par la prise en charge des frais de déplacements à l'étranger pour des voyages à visée scientifique et technique. Quant aux universités, lorsqu'un semencier français demande à être associé à un programme de recherche sur le maïs pour avoir accès à une variabilité génétique, elles essuient une fin de non recevoir ;
- dans le même esprit, l'État chinois qui détenait 51 % de sa *joint venture* avec Limagrain sur riz et maïs, a racheté d'autorité la part du semencier, dès lors que tout le savoir-faire avait été transmis ;
- en Russie, les étrangers sont bridés pour l'inscription au catalogue national par rapport aux obtenteurs russes ;
- dans le cadre des investissements d'avenir, SYNGENTA, société désormais chinoise et publique, fait encore partie des bénéficiaires de cet important effort financier de la France avec un saut scientifique. Il est permis de penser que les avancées de BREEDWHEAT vont directement bénéficier à l'énorme marché chinois, qui restera cependant fermé aux étrangers.

### **1.1.3. Les pôles de compétitivité, acteurs majeurs pour l'innovation à travers une recherche plus appliquée**

Créés en 2005 les pôles de compétitivité doivent assurer le rôle de catalyseur de l'innovation et mettre en relation la recherche et la formation avec les entreprises. Ils l'ont fait jusqu'à présent avec un ancrage régional strict et une logique qui laissait peu de place aux projets de filière. Ils ont été conçus initialement comme « usines à projets » collaboratifs, puis comme « usines à produits » pour finalement, être autorisés à trouver, lors de la prochaine phase, une dimension européenne sans être passés par une étape de dimension nationale.

Dans une logique de service - dont la labellisation de projets en vue de leur financement par différents guichets de niveau régional ou national - et porteurs des politiques du MAA, les pôles se doivent d'être à l'écoute des entreprises et essaient d'accroître leurs interventions en direction des PME/TPE.

Un bon indicateur de l'activité des pôles pour le secteur des semences est le nombre de projets retenus au Fonds Unique Interministériel (FUI). Depuis sa création en 2005, celui-ci a financé 229 projets portant sur l'agriculture et l'alimentation, dont 154 labellisés à titre principal par des pôles suivis par le ministère chargé de l'agriculture et de l'alimentation. Au total, 16 projets sur 154 ont concerné des problématiques liées au secteur des semences, le plus souvent en amélioration des plantes. Ce pourcentage plutôt élevé montre bien les forts enjeux portés par ce secteur.

L'annexe 8 présente les projets retenus.

Végépolys, Céréales Vallée et AgriSud-Ouest Innovation sont les plus investis en matière de semences et amélioration des plantes. Ainsi, Végépolys organise-t-il régulièrement des journées de rencontre entre ses membres sur des thématiques liées à l'amélioration des plantes ou aux semences, avec présentation aux entreprises des dernières avancées de la recherche.

Lorsque Végépolys et Céréales Vallée auront fusionné - ce qui est prévu à la mi 2019 - avec mise en perspective à moyen terme d'une fusion avec TERRALIA, le nouveau pôle du végétal qui en résultera sera clairement celui qui portera au niveau européen, voire mondial, les questions de l'innovation sur la semence et l'amélioration des plantes.

De surcroît, les sociétés semencières rencontrées ont dans leur ensemble un retour positif sur les pôles qui, en tant que facilitateurs, leur ont permis de progresser au plan régional voire national.

## **1.2. LES COMPÉTITEURS À L'INTERNATIONAL : PAS DE VUE D'ENSEMBLE, PEU D'ALLANT DES MAJORS POUR COOPÉRER**

Donner une idée des compétences de l'appareil de recherche français sur la qualité des semences et l'amélioration des plantes ne peut se concevoir sans lien à l'international, objet du présent chapitre.

Environ 200 laboratoires de recherche mondiaux travaillent sur la recherche liée directement aux semences et sont regroupés au sein de l'International Society for Seed Science (ISSS). Cette société savante a été présidée par une professeure de l'Université Pierre et Marie Curie jusqu'en 2017 ; elle le sera prochainement par une chercheuse de l'IRHS d'Angers. Les compétences de la France en matière de recherche sur la physiologie des semences sont donc reconnues au meilleur niveau par rapport aux autres pays. En matière d'amélioration des plantes, l'INRA est reconnu comme un acteur de premier plan.

A l'étranger, la recherche est intense en raison de l'importance intrinsèque du domaine, mais la situation est contrastée d'un pays à l'autre.

- Aux Pays-Bas, recherche et formation agronomique sont regroupées sur le site de l'Université de recherche de Wageningen (WUR) avec mise à disposition de tous les outils et les infrastructures logistiques sur place. Wageningen dispose d'une excellente visibilité et notoriété. Son refus de s'associer avec des partenaires français dans des projets européens, tant de formation que recherche, a été constaté à plusieurs reprises. Tous les contacts pris dans le cadre de la présente mission avec cette université ont d'ailleurs échoué, faute d'une réponse, malgré les relances successives.

- En Allemagne, les Instituts Max Planck, rassemblés dans une association à but non lucratif financée par l'État fédéral et les Länder, remplissent une mission de recherche fondamentale plutôt orientée vers la biologie et la médecine. Il existe toutefois à Cologne, un Institut Max Planck pour l'amélioration des plantes qui comprend quatre départements : biologie du développement des plantes, génétique et amélioration des plantes, interactions plantes micro-organismes, génétique et développement comparatif. A Potsdam, un Institut Max Planck est dédié à la physiologie moléculaire des plantes.

L'Institut Julius Kühn, quant à lui, est le centre fédéral de recherche pour les plantes cultivées. Ses instituts se consacrent, pour la part amélioration des plantes de leurs activités, aux résistances des végétaux et à la tolérance aux stress, aux méthodes de pré-breeding et de sélection, aux RPG, à la biosécurité des biotechnologies végétales et spécifiquement à l'amélioration des pommiers, de la vigne et des grandes cultures.



L'Institut Leibniz de génétique des plantes et de recherche sur les grandes cultures de Gatersleben est surtout connu pour son rôle de banque fédérale de gènes *ex situ* pour les plantes de grandes cultures. Il comprend 4 départements : banque de gènes, amélioration des plantes, biologie moléculaire et physiologie et biologie cellulaire. Il appartient au réseau des Instituts Leibniz, association à but non lucratif qui joue par ailleurs un important rôle culturel.

En outre, les universités de Berlin, Cologne, Dresde, Munich et Tübingen se sont illustrées dans des partenariats avec des équipes françaises sur des programmes de recherche communs concernant soit l'amélioration des plantes, soit la physiologie des semences.

- *En Angleterre*, une grande dispersion est observée car la recherche est liée aux universités. D'ailleurs, tous les chercheurs sont soumis à obligation d'enseignement.

L'université de Kew Gardens est renommée mondialement pour ses collections de RPG et son travail sur la biodiversité.

Le site de York de la Food and Environment Research Agency (FERA, agence du Department of Food, Environment and Rural Affairs) est reconnu et compétent en pathologie des plantes, et notamment des semences. Il se trouve être particulièrement influent auprès de l'International Seed Testing Association (ISTA).

L'université d'East Anglia à Norwich comprend un département de sciences du végétal intégré au Sainsbury Laboratory. Il travaille notamment sur l'adaptation aux stress biotiques et abiotiques et les résistances.

- *En Chine*, la recherche est concentrée dans l'Académie chinoise des sciences agricoles. La Fondation Bill et Melinda Gates travaille avec cette Académie sur un programme pour mettre au point des variétés de riz qui tolèrent les sécheresses et nécessitent moins d'engrais et de pesticides, dans une optique de lutte contre la pauvreté et d'alimentation de la planète pour les décennies à venir<sup>5</sup>.

Le marché des semences est considérable et en pleine mutation. L'agriculture chinoise fait face à de gros problèmes de compétitivité. Les sociétés françaises s'intéressent à ce marché, mais il est difficile de s'y faire une place. L'agriculture a d'abord pour objectif de très court terme d'assurer la subsistance de sa population ; la Chine crée pour ce faire des fermes de 40 000 vaches. Le président Xi Jinping a annoncé que, face à cet enjeu, un groupe chinois figurerait prochainement parmi les cinq plus grands groupes semenciers mondiaux. Ce qui est fait depuis le rachat en 2017 de Syngenta par ChemChina. En outre, d'énormes investissements sont en cours sur le phénotypage, dans un rapport de 1 à 10 comparé à la France. Sans prévention envers les New Plant Breeding Technologies (NPBT), le pays investit 9 milliards de dollars sur l'édition du génome.

- *Aux Etats-Unis*, l'approche a été davantage orientée vers la création d'entreprises par les chercheurs publics et le lien est plus étroit entre recherche publique et entreprises privées. D'ailleurs, s'agissant des données y compris publiques, elles sont de plus en plus confiées à des entreprises privées.

Au sein de l'université de Davis et en matière de recherche, une « Plant Breeding and Genetics Section » au sein de la « School of Integrative Plant Science » conduit des programmes d'amélioration des plantes sur diverses espèces, surtout fruitières et légumières, notamment la vigne. En lien avec l'« Organic Seed Alliance », elle développe des programmes de sélection, avec une approche particulière d'agriculture biologique.

---

5 <https://www.cgiar.org/news-events/news/irri-the-chinese-academy-for-agricultural-sciences-and-the-bill-and-melinda-gates-foundation-team-up-to-develop-rice-varieties-for-a-greener-revolution/>

Dans son département des sciences du vivant, l'université de Cornell travaille, elle, sur la biologie cellulaire et moléculaire ainsi que sur la génétique et la génomique. Elle est connue pour ses travaux sur le maïs, les céréales dont l'avoine et le riz, le tabac, la pomme de terre, la luzerne et les fruits et légumes. La résistance aux stress biotiques et le phénotypage sont particulièrement développés.

Par ailleurs, les groupes Pioneer et Monsanto (racheté par Bayer) ont réinvesti les profits générés par les OGM dans la sélection variétale conventionnelle et y sont devenus leaders sur certaines espèces ; Pioneer est ainsi en pointe au niveau mondial sur le phénotypage.

## 1.3. LES PISTES DE TRAVAIL POUR LA RECHERCHE

La mission a identifié huit principaux domaines sur lesquels elle préconise d'encourager la recherche. Il s'agit de :

- l'orientation vers la diversification des cultures,
- le développement du phénotypage sur semences et plantules,
- l'amélioration de la qualité sur les semences sèches et plants,
- l'approfondissement des connaissances sur les stress biotiques,
- une meilleure exploitation des ressources phytogénétiques,
- l'exploration de la biodiversité du microbiote du sol,
- la poursuite des travaux en génétique : métagénomique du microbiote de la semence, épigénétique, édition de génome,
- la prise en considération de l'enjeu des données.

### 1.3.1. Orienter la recherche vers une diversification des cultures

#### 1.3.1.1. Les enjeux de la diversification

L'agroécologie implique la diversification des cultures qui devra s'accompagner d'une diversification des pratiques. Elle comporte une dimension économique, indéniablement environnementale (couverts complexes à forte diversité fonctionnelle, etc.) et sociologique.

Cette diversification va dans le sens d'une approche plus systémique de la production agricole, et sans doute dans le sens d'une recherche plus fondamentale.

Elle s'appuie sur l'analyse des besoins sociétaux et notamment ceux des consommateurs européens de plus en plus sensibles aux exigences de santé et de bien-être : plus grande consommation de protéines et fibres végétales, diversification des céréales et des légumineuses consommées, en n'oubliant pas les fruits et légumes de plus en plus distribués localement (concept anglo-saxon de *more frugal diet*).

La diversification introduit un changement de raisonnement car elle ne se conçoit pas seulement comme l'enrichissement de la liste des plantes susceptibles d'intervenir dans la rotation des grandes cultures, mais également comme de nouvelles opportunités pour des cultures pouvant présenter un intérêt pour l'alimentation animale (soja, luzerne, féverole, lupin, sorgho, etc.) et humaine (lentille, quinoa métropolitaine, sarrasin, épeautre, etc.).

Les plantes de service à vocation non alimentaire, dont celles de services environnementaux qui sont de plus en plus nombreuses, s'ajoutent à ces utilisations alimentaires :

- . les plantes associées
- . les plantes énergétiques,
- . les plantes compagnes,
- . les engrais verts,
- . les plantes thérapeutiques pour le bétail (lotier, mélilot,...)
- . les plantes de couverture,
- . les plantes assainissantes,
- . les plantes mellifères,
- . les plantes pièges,
- . les plantes répulsives,
- . les plantes réservoirs ou plantes relais,
- . les plantes à pollen, nectarifères, etc.

La plupart sont le pivot de nouvelles méthodes de lutte biologique.

La diversification se heurte souvent à des verrous en amont ou en aval des filières. Par exemple, en amont, les centrales d'achat qui fournissent les coopératives et négociants décident de l'offre variétale de l'année, ce qui entraîne souvent l'inaccessibilité des agriculteurs aux nouvelles variétés citées par des chercheurs. De même, pour l'aval transformateur de légumineuses, un opérateur national majeur s'approvisionne au Canada et y construit une usine.

La diversification passera par un nécessaire effort en faveur de la valorisation des légumineuses qui sont des plantes de service environnemental du fait de leurs moindres besoins azotés liés à une fixation d'azote libre dans les nodosités racinaires. Ces cultures sont maintenant de plus en plus demandées par les consommateurs.

Mais les protéagineux ne pèsent guère comparés aux grandes cultures, et même aux seuls oléagineux. Actuellement, chez Terres Inovia, les essais de post-inscription sur protéagineux sont supprimés au profit d'essais oléagineux. De surcroît, les interprofessions (Arvalis, Terres Inovia) travaillent encore prioritairement sur le rendement, en arguant d'une demande de leurs mandants.

### **1.3.1.2. Des pistes de recherche pour la diversification**

Le plan filière « Semences » établi par le GNIS à la suite des Etats Généraux de l'Agriculture (EGA) identifie bien cette problématique de diversification dans son objectif 2.2 intitulé « Diversifier les espèces et les usages » qui se divise en trois sous objectifs : redynamiser l'amélioration variétale sur certaines espèces, promouvoir le développement des associations inter-culturelles, promouvoir le développement des plantes de services.

Plusieurs voies peuvent être empruntées pour appuyer cette démarche de développement variétal aujourd'hui très insuffisant sur de nombreuses espèces pourtant adaptées à l'agroécologie : réserver une partie du CASDAR semences à la diversification, prendre en considération les besoins de recherche sur la diversification dans le cadre de la convention d'objectifs de l'INRA, ou plus modestement, piloter la démarche partenariale associant le GNIS et l'INRA.

**RECOMMANDATION 1 : soutenir et encourager la démarche du GNIS qui propose dans son plan filière un « partenariat de recherche à dix ans, en ciblant trois espèces par an qualifiées pour leur intérêt agroécologique et par l'analyse des difficultés à résoudre ».**

S'agissant des problématiques de diversification, parmi les nombreuses pistes de recherche évoquées par les chercheurs, peuvent être soulignées :

- l'étude des freins techniques des associations de cultures et conditions d'adoption de ces innovations au sein des exploitations agricoles et des filières ;
- l'adaptation des plantes à de nouveaux systèmes de culture en terme de productivité, notamment pour les associations ;
- les interactions entre diversité du couvert végétal et diversité des organismes du sol ;
- la quantification des services écosystémiques ;
- la création de variétés pour des usages ciblés nouveaux ;
- la transposition de résultats du projet PEAMUST à d'autres légumineuses d'intérêt.

### **1.3.1.3. Pour une meilleure évaluation des mélanges**

La constitution de mélanges au sein d'une même espèce permettrait de ralentir la diffusion de pathogènes au champ. Malgré cela, il n'y a jamais de mélanges inscrits au catalogue français. Leur évaluation ne se fait que variété par variété. Cela peut s'expliquer par la complexité plus grande d'une évaluation de mélanges de variétés au regard de celle d'une variété simple, avec une méthodologie qui reste encore à construire. Néanmoins, il est d'ores et déjà possible de parvenir à approcher l'aptitude à combinaison d'une variété avec une autre variété ou espèce<sup>6</sup>. L'intérêt des mélanges est désormais reconnu par le groupe Soufflet qui fait cultiver sous contrats des parcelles contenant des variétés de blés en mélange.

L'arrêté du 26 juin 2018 modifiant l'arrêté du 15 septembre 1982, a récemment donné l'autorisation de mise en marché de mélanges de céréales à paille. Il serait donc opportun de rendre possible l'inscription de mélanges au catalogue français, évalués en tant que tels, pour garantir la qualité du mélange et vérifier des allégations éventuelles. Pour ce faire, il conviendrait de faire évoluer les règlements et les pratiques du CTPS afin de procéder à des évaluations de mélanges de plantes de grandes cultures, ainsi reconnus officiellement, en vue de leur inscription.

## **1.3.2. Développer le phénotypage sur semences et plantules**

### **1.3.2.1. Le phénotypage en réponse aux limites du génotypage pour l'évaluation du végétal**

Le phénotypage consiste à décrire de la manière la plus précise possible des caractères exprimés par les plantes, que ce soit en conditions artificielles (serres, pots, micro-parcelles, etc.) ou au champ. Cette caractérisation peut porter sur tout ou partie des plantes dont il importe de connaître le phénotype. Des périodes ciblées d'observations doivent également être respectées pour une exploitation optimale des résultats.

Longtemps, les observations portant sur les végétaux ont été conduites de manière pouvant paraître assez archaïque, avec un mètre ou un pied à coulisse, ou très fréquemment à dire d'expert.

Le développement du génotypage en amont s'est rapidement heurté à ses limites quant à la vérification au champ des traits exprimés. Il a entraîné le besoin de franchir un cap en matière de phénotypage.

A l'instar du génotypage, le phénotypage requiert la collecte puis le traitement de très nombreuses données. Il implique des outils numériques de plus en plus puissants.

<sup>6</sup> Cela a déjà été réalisé sur un mélange de pois fourrager avec triticale, pour vérifier une revendication de meilleurs rendement et teneur en protéines du pois, liée à l'association des deux espèces.

### **1.3.2.2. Le retard de développement du phénotypage des semences**

L'objet du programme PHENOME (v. en annexe 7) était précisément de lever les barrières du phénotypage. Le programme est parvenu à ses fins pour ce qui concerne le phénotypage en grandes cultures, sur parties aériennes et à haut débit.

Pour autant, en ce qui concerne la semence ou la plantule, il reste de nombreuses lacunes à combler car PHENOSEM, plate-forme de phénotypage compétente sur toutes semences et plantules<sup>7</sup> n'avait pas été retenue au sein du consortium portant PHENOME. Elle n'a donc pas pu bénéficier des investissements massifs qui en ont découlé. Le saut technologique dont a profité le phénotypage grâce au programme PHENOME n'a ainsi pas pu bénéficier aux semences et plantules.

Or, le programme PHENOSEM est la seule plate-forme en Europe à se consacrer aux semences et plantules, multi-espèces et multi-conditions environnementales. Elle permet de décrire, en conditions contrôlées variées, la croissance de semences et plantules avec des outils d'imagerie conventionnelle et non-conventionnelle dont l'imagerie en lumière verte qui simule l'obscurité pour les plantes. Elle permet le phénotypage automatisé de 750 000 semences à la fois. Elle dépend de la Structure fédérative de recherche Qualité et santé du végétal (SFR QUASAV).

Actuellement, en dehors de son utilisation pour le front de science « Physiologie moléculaire des semences et germination » de la SFR, la plate-forme PHENOSEM est utilisée à titre privé par plusieurs semenciers et contribue à des projets de recherche canadien et allemands.

### **1.2.2.3. Les espoirs du phénotypage haut débit sur semences et plantules**

Pour la science fondamentale comme pour les semenciers, le potentiel de la plate-forme PHENOSEM est considérable. En gagnant en automatisation des tâches et des mesures, et en débit, elle pourrait améliorer :

- la caractérisation des ressources génétiques,
- la caractérisation de la diversité et du déterminisme génétique, avec notamment l'effet du réchauffement climatique,
- la connaissance de la morphologie interne des semences pour la détection de malformations ou l'attaque par des agents biotiques,
- l'évaluation de la qualité des lots de semences (germination, levée, viabilité) ainsi que le suivi et la prédiction de la levée,
- le tri de lots de semences en s'affranchissant des tests de germination et de vigueur officiels qui sont longs et coûteux,
- la mesure de l'effet des technologies sur semences,
- le paramétrage de modèles de prévision de la levée, etc.

---

<sup>7</sup> Il existe trois autres plates-formes en France pouvant travailler sur les semences : PHENOPSIS à Montpellier orientée Arabidopsis, Phenochem à Nantes sur la structure des grains et ARCAD à Montpellier dédiée à la conservation des ressources génétiques.

### **1.3.2.4. Pistes de recherche en phénotypage des semences**

Les pistes privilégiées à ce jour par l'équipe de PHENOSEM sont :

- la mise au point de méthodes d'évaluation de la germination et de la levée en conditions extrêmes (développement de marqueurs de qualité physiologique et/ou moléculaires) permettant de simplifier la certification des semences pour aller vers une analyse séquentielle de la germination après trente heures seulement ;
- la mise au point de méthodes et d'outils pour une évaluation car la collecte des données ne suffit pas en elle-même. En effet, encore faut-il que les données soient pertinentes et fiables. Elle doivent aussi prendre en considération la diversité des semences (semences sèches traitées ou enrobées, graines d'adventices) ;
- le développement des capacités à caractériser l'environnement ;
- la mise au point de tests prédictifs rapides (marqueurs biochimiques, etc.) ;
- le phénotypage des parties souterraines, particulièrement déterminant pour prédire la croissance ultérieure des plantes, dès le stade plantule ;
- et la prédiction de la vigueur au champ, selon des cinétiques, etc.

PHENOSEM représente un outil précieux qui ne trouve pas son équivalent en Europe, sauf en Allemagne à une moindre échelle ; mais, du fait qu'il n'a pas bénéficié d'investissements conséquents, la recherche sur ce front de science a été freinée et doit être accentuée.

### **1.3.3. L'amélioration de la qualité sur les semences sèches et plants**

#### **1.3.3.1. Sur semences sèches**

L'un des enjeux de l'agriculture de demain est de sélectionner des variétés capables de garantir une implantation de qualité et une optimisation des peuplements, malgré un contexte de changement climatique et de réduction inéluctable des intrants. Pour ce faire, il est nécessaire de mieux comprendre les bases physiologiques qui contrôlent la germination et de mettre au point de nouvelles méthodes de prédiction et maîtrise de la qualité germinative. En effet, la germination est une étape clé du rendement et l'étudier revient à comprendre le comportement ultérieur des semences. Une germination rapide permet de réduire le temps d'exposition des cultures aux prédateurs, aux maladies, à une potentielle sécheresse, etc.

En matière de qualité physique et physiologique des semences, selon les chercheurs, les pistes de recherche à approfondir sont les suivantes :

- meilleure compréhension de l'élaboration de la qualité physiologique des semences pendant leur développement ;
- impact de l'environnement sur cette élaboration et expression de la qualité germinative lors de l'installation des plantules ;
- aptitude au stockage et à la conservation des semences (nouveaux pathogènes, insectes persistants, teneur et activité de l'eau) par imageries dont rayons X, thermographie et tomographie, etc. ;
- nouvelles technologies d'enrobage des semences ;
- connaissances des facteurs moléculaires et environnementaux déterminant les aptitudes des semences à se conserver, à germer et à lever avec identification des gènes impliqués dans la capacité des lots de semences à germer et s'installer rapidement, et avec recherche de marqueurs de qualité physiologique et de déterminants de qualité alimentaire (richesse en protéines et en acides gras, etc.) ;

- développement d'outils de caractérisation de la longévité et de la qualité germinative des graines pour la technologie des semences ou en pré-breeding ;
- étude du métabolisme azoté dans l'installation des plantules en conditions de stress ;
- fonctionnement de la perception de leur environnement par les semences ;
- compréhension de la façon dont les conditions de développement de la graine impactent la croissance future de la plante ;
- amélioration de la pré-germination et du priming, etc.

Outre son rôle dans l'amélioration des rendements, la vigueur germinative est un levier important pour la production de protéines végétales comme pour le développement d'une agriculture durable. Les légumineuses constituent un cas spécifique car elles ont d'importantes difficultés d'implantation. En effet, encourager et augmenter les surfaces cultivées en légumineuses est fortement lié à la capacité de la culture à s'installer de façon rapide et uniforme. Il est donc impérieux de mieux comprendre leur dynamique de développement, en conditions optimales et sous contraintes.

### **1.3.3.2. Le cas particulier des plants**

Lorsque le plant est utilisé comme organe de reproduction, plutôt que la semence, la problématique sanitaire devient encore plus centrale, et ce d'autant plus pour des espèces pérennes qui produisent sur le même pied pendant des décennies.

Les attentes convergent pour des recherches en vue de l'amélioration de la durabilité des résistances aux stress biotiques qui sont trop fréquemment contournées pendant l'existence même de la plante.

De nombreux travaux existent sur la vigne (INRA de Colmar et Bordeaux) et les plants fruitiers (INRA d'Angers et Bordeaux) qui débouchent sur l'inscription de nouvelles variétés au catalogue. Actuellement, l'effort de recherche porte davantage sur l'élargissement de la gamme des variétés greffées que sur celle des porte-greffes. Mais, pour ces plantes pérennes dont l'implantation et l'adaptation dépendent particulièrement du choix des porte-greffes, il sera nécessaire d'en créer de nouveaux correspondant davantage aux conditions du changement climatique.

### **1.3.4. L'approfondissement des connaissances sur les stress biotiques**

Ils sont liés à la pression sanitaire et sont une contrainte par rapport aux modèles-types de développement et de croissance des plantes. Deux voies traditionnelles s'ouvrent aux semenciers pour commercialiser des semences saines :

- la désinfection ou le traitement : mais en rendant une semence parfaitement propre, on se prive du microbiote qui pourrait avoir une action bénéfique sur la protection de la semence et même sur la biostimulation du développement de la plantule ;
- l'obtention de nouvelles variétés résistant génétiquement aux parasites : la liste des produits phytosanitaires autorisés sur les variétés s'amenuise, sans aucune éventualité de changement. Le biocontrôle appliqué aux semences peut alors constituer une solution ; toutefois, il reste encore bien en-deçà des résultats attendus, comparativement aux espérances portées. C'est pourquoi, la voie de la recherche en génomique appliquée à la microflore associée aux semences doit être privilégiée.

Les travaux de recherche concernant la qualité sanitaire et la résistance aux stress biotiques devraient porter ou continuer de porter sur :

- l'épidémiologie appliquée à la détermination des seuils de nuisibilité et seuils de détection ;
- la recherche de nouveaux stimulateurs de défense des plantes et des mécanismes régissant leur efficacité ;
- l'utilisation d'agents antagonistes en biocontrôle sur semences et plants (sensitines inhibant le renforcement des parois fongiques, etc.) ;
- la mise au point de stratégies d'inhibition des réponses adaptatives des champignons pathogènes aux stress physiques ou chimiques qui sont appliqués aux semences ;
- la mise au point de méthodes de détection multi-cibles des pathogènes par biologie moléculaire ;
- l'évaluation de la viabilité des bioagresseurs ;
- la réalisation d'un suivi épidémiologique des essais variétaux en caractérisant les bioagresseurs présents sur le territoire et les essais ;
- l'étude du lien entre qualité sanitaire et germination des semences ;
- les méthodes de détection et de quantification des bioagresseurs ;
- l'évaluation de l'efficacité des produits de traitements (biologiques ou chimiques) appliqués directement sur les semences, etc.

L'approche idéale consisterait à travailler sur la combinaison du progrès génétique, de la qualité germinative et de la microflore de la semence, du microbiote du sol et des nouveaux systèmes de culture.

### **1.3.5. Pour une meilleure exploitation des ressources phytogénétiques (RPG)**

La grande richesse d'espèces et de variétés existantes plus ou moins anciennes et d'espèces sauvages apparentées représente un important réservoir génétique dans lequel puiser pour faire face à de nouveaux enjeux et faire évoluer les variétés actuelles.

#### **1.3.5.1. Problématiques liées aux RPG**

La France est engagée au niveau de l'European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources (ECPGR) pour réaliser un état des lieux de ses RPG. Elle signera prochainement le Memorandum of Understanding (MOU) la contraignant à maintenir la collection nationale *ex situ* et à la mettre à disposition dans le cadre de la collection européenne qui vise à améliorer les connaissances et la caractérisation des RPG.

La Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB) est chargée de la recherche sur la biodiversité, au sens très large, animale comme végétale, sauvage comme cultivée. Jusqu'à présent, ses travaux n'ont pratiquement pas porté sur la biodiversité végétale cultivée ou cultivable. Récemment, six « clubs recherche » ont été mis en place dont trois thématiques concernent plus particulièrement la biodiversité végétale cultivée :

- ressources génétiques et conservation dynamique par les territoires ;
- transition agricole et agro-alimentaire ;
- impact évolutif des activités anthropiques.

Depuis 2016, le Groupe d'études et de contrôle des variétés et semences (GEVES) est devenu structure nationale de coordination de la gestion des RPG *ex situ*, *in situ* et « à la ferme », pour le compte du ministère de l'agriculture et de l'alimentation. Il s'appuie sur une nouvelle commission transversale du CTPS, dédiée aux RPG. Il gère pour la seconde année consécutive un appel à candidatures « Soutien aux collections de RPG » pour la sauvegarde des collections menacées, l'acquisition ou l'amélioration d'équipements ou infrastructures dans le but d'améliorer la conservation des collections et l'amélioration des connaissances sur les collections par caractérisation phénotypique ou génotypique.



Cette étape de conservation et de caractérisation est incontournable pour insuffler dans les programmes de sélection une diversité génétique qui n'y figure pas encore assez. En effet, l'efficacité de la sélection fait perdre de la diversité sur le long terme. Elle permet de développer des programmes de pré-breeding en cherchant dans des variétés existantes, mais non encore caractérisées, ou dans des espèces sauvages plus ou moins apparentées, des qualités particulières susceptibles d'améliorer l'existant.

Pour de nombreuses espèces, il est encore nécessaire d'élargir les bases génétiques actuelles et d'explorer la diversité des RPG, surtout lorsqu'il n'existe pas de centre de ressources génétiques international, comme par exemple l'International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) pour le maïs et l'International Rice Research Institute (IRRI) pour le riz. Globalement, il s'agit d'aller dans le sens d'une plus grande caractérisation, une fois la sauvegarde assurée.

Une enquête a été lancée par le GEVES pour évaluer les besoins de recherche des différents conservatoires de ressources botaniques (CRB). Elle met notamment l'accent sur :

- l'intérêt des ressources phytogénétiques pour la re-conception de systèmes de culture basés sur les fonctionnements agroécosystémiques ;
- les potentialités du développement de la cryoconservation sur RPG ;
- la régénération, ou comment limiter la dérive génétique lors des régénérations et pour les espèces allogames, empêcher la pollution génétique par d'autres accessions ;
- le développement d'une base de données unique de gestion des RPG complétant et améliorant « Florilège », l'actuelle base des CRB publics ;
- la description phénotypique et moléculaire de la diversité des espèces dites mineures pour une valorisation en sélection ;
- le développement de programmes de pré-breeding en recherchant des espèces sauvages pour enrichir la base de sélection, y compris sur des espèces concernées par le PIA1 ;
- la sélection participative et la production de nouvelles variétés de populations pour les besoins locaux.

S'y ajoutent des problématiques telles que :

- l'impact des cultures sur la biodiversité globale non cultivée ;
- le changement de concept sur les espèces pollinisatrices, en passant d'une logique de fournisseur de service passif à celle d'une utilisation active comme réservoir des RPG en vue d'une modification des calendriers de floraison ;
- la meilleure prise en compte du critère « nutrition » dans la caractérisation des RPG ;
- l'affirmation de la souveraineté des semenciers européens sur les matériels génétiques issus de leur travail par le maintien d'un accès difficile au pool génétique européen. En effet, l'avantage de ces sociétés tient à leur connaissance de leur propre matériel végétal. Il importe donc de maintenir le non-reversement automatique des lignées des parents d'hybrides dans les RPG accessibles à tous pendant une longue durée.

### **1.3.5.2. Le cas particulier de l'outre-mer**

Pour l'outre-mer, l'enjeu du développement de RPG adaptées à des conditions tropicales ou équatoriales est crucial. Le catalogue français ne donne aucune part à ce type de variétés : par exemple, malgré le nombre important de variétés de tomates inscrites au catalogue, aucune n'a été élaborée à des fins de culture outre-mer.

L'enjeu porte aussi sur les espèces cultivées ou exploitées localement telles que le cocotier en Polynésie française ; des recherches sur la caractérisation de la diversité génétique des populations locales de cocotier doivent être conduites. Il y a eu, en effet, perte de diversité par le recours non contrôlé sur le plan sanitaire à des importations massives, avec pollution génétique présumée.

### 1.3.5.3 L'enjeu de la conservation des collections

Etant donné que de multiples petits acteurs, souvent privés ou associatifs, assurent le maintien des collections par régénération et multiplication sur fonds propres ou en bénévolat, les risques de voir disparaître des collections entières sont réels. Certaines collections sont déjà en voie de déshérence.

Le GEVES gère pour la seconde année consécutive un appel à candidatures « Soutien aux collections de RPG », doté de 200 000 € par an pour :

- la sauvegarde des collections menacées,
- l'acquisition ou l'amélioration d'équipements ou infrastructures dans le but d'améliorer la conservation des collections,
- et l'amélioration des connaissances sur les collections par caractérisation phénotypique ou génotypique.

Il ne se concentre que sur des projets portés par des structures non publiques.

Dans le même temps, le GNIS s'est engagé à apporter 175 000 € par an sur la gestion des collections de ressources génétiques françaises.

Enfin, le GEVES envisage de constituer un fonds de dotation faisant appel au mécénat pour compléter financièrement les actions de sauvegarde et de conservation menées par ces acteurs.

Principal acteur public pour la conservation de RPG, l'INRA se désengage petit à petit du maintien de ses collections par espèce. Le GEVES en a d'ores et déjà repris un certain nombre, de même que certains instituts techniques. Il va en récupérer d'autres au fur et à mesure du départ à la retraite des sélectionneurs INRA compétents par espèce.

Dans les structures publiques, les moyens alloués sont pris sur les crédits de fonctionnement de la structure ou sont adossés à des appels à projets de recherche. L'exemple de la pomme de terre, avec des milliers de tubercules plantés, récoltés et conservés chaque année par l'Unité Expérimentale de l'INRA de Rennes, illustre cette problématique. Cette conservation est coûteuse et doit se renouveler tous les ans. Elle est pour l'instant prise en charge sur le budget des unités de recherche correspondantes. Maintenir ces lignées dépasse pourtant largement le cadre de la recherche publique fondamentale et relève d'un enjeu que l'on pourrait qualifier de régalien.

Toutes les activités de conservation des collections dans des structures publiques devraient pouvoir être reconnues comme missions complémentaires à la recherche. Elles devraient être soutenues par l'État car elles sont éminemment stratégiques, et pas seulement lorsque l'espèce devient orpheline ou qu'elle est menacée de disparition.

**RECOMMANDATION 2 : reconnaître la conservation de RPG au sein des structures publiques comme appui technique complémentaire à des missions de recherche, avec le soutien financier récurrent qui en découle.**

### **1.3.5.4. La question des semences paysannes et de la sélection participative**

Pour le réseau « Semences paysannes » et les nombreuses associations qui défendent les mêmes principes, les populations étant évolutives, elles vont progresser à petits pas et seraient davantage capables de s'adapter à des changements climatiques que les variétés élaborées par les semenciers. Or, tous les acteurs de la production de semences alternatives ne jouent pas le jeu : des mélanges à noms locaux sont parfois issus de variétés commerciales en étant accompagnés d'une allégation de sélection naturelle. Certains de ces acteurs peuvent aussi avoir recours à des importations de semences de pays tiers, sans contrôle sanitaire.

La Commission européenne a récemment choisi d'autoriser la mise en marché de « matériel hétérogène » pour l'agriculture biologique. Le règlement UE 2018/848 du 30 mai 2018 relatif à la production biologique autorise la commercialisation de ce type de semences. Applicable au premier janvier 2021, il prévoit une expérimentation temporaire à laquelle la France participe et dont les résultats serviront à définir les conditions de mise en marché de ces semences. Par conséquent, la commercialisation de ce matériel échappera à l'obligation d'évaluer sa Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale (VATE) prévue dans le cadre de l'inscription au catalogue français. Sous la pression de la société civile, cette exception pourrait peut-être se poursuivre ultérieurement, dans un cadre dépassant celui de l'agriculture biologique.

Aussi, dans la perspective du développement de l'agro-écologie et sans oublier la montée en puissance de l'économie de proximité, le concept d'une meilleure résilience de lots de semences hétérogènes - ou populations - par rapport à des variétés sélectionnées et inscrites, mérite-t-il d'être vérifié scientifiquement.

Pour sortir du statu quo actuel, la mission considère qu'il serait pertinent de procéder à une réelle démonstration de l'intérêt, dans une économie circulaire, de la sélection participative sur semences paysannes.

**RECOMMANDATION 3 : demander à l'INRA de réaliser une recherche de long terme sur populations de céréales à paille, avec conditions radicales et alternantes dans le cadre du changement climatique en cours et à venir.**

### **1.3.6. L'exploration de la biodiversité du microbiote du sol : un front de recherche essentiel**

Les communautés microbiennes associées aux semences interfèrent dans le développement de la plantule, puis dans celui de la plante en stimulant leurs défenses ainsi que dans la transmission des agents pathogènes. Le génotype de la plante n'influence pas significativement la composition des communautés microbiennes ; celle-ci est plutôt liée aux interactions avec l'environnement de la semence.

Dans une stratégie de valorisation des potentialités du sol et visant le biocontrôle, il est alors pertinent d'identifier :

- des mécanismes d'adaptation des agents phytopathogènes aux conditions entourant la germination,
- des populations capables d'entrer en compétition avec ces agents pour les utiliser en tant qu'agents de biocontrôle,
- les stades de germination pendant lesquels la plantule se défend le mieux et ainsi permettre d'appliquer les produits de biocontrôle au bon moment.

Les défis sont d'obtenir des semences capables de se défendre contre les pathogènes, tout en minimisant la perte de qualité germinative, et de mettre au point des méthodes supplémentaires de détection d'agents pathogènes sur semences.

Conscient de l'enjeu relatif au microbiote, dont celui des semences, l'INRA a mis en place un métaprogramme intitulé « Méta-omiques des écosystèmes microbiens » (MEM). Ce programme cible d'abord le microbiote intestinal humain, puis les microbiotes animaux. Si les travaux ne font que débiter sur le microbiote du sol, ce mouvement démontre bien l'émergence d'un « continent » qui reste à explorer<sup>8</sup>.

### **1.3.7. Génétique : métagénomique de la semence, génétique quantitative, épigénétique, édition de génome**

#### **1.3.7.1. La génétique demeure essentielle**

Les fortes interrogations sociétales en Europe, et notamment en France, sur l'usage de la génétique pour l'amélioration des plantes sont contemporaines de l'arrivée des premiers OGM. Elles pèsent sur l'usage de cet outil dans la recherche.

De manière coïncidente, mais sans lien avec ce phénomène, l'INRA a récemment mis fin à une longue période au cours de laquelle il avait prioritairement recruté des biologistes moléculaires. Cette évolution prend acte de l'existence d'autres approches complémentaires pouvant permettre d'exploiter les très importantes avancées réalisées sur le génotypage.

Au demeurant, la génétique reste au cœur de la démarche de l'amélioration des plantes car la connaissance du génome des plantes est encore très inégale. Par rapport à la génomique de l'animal, elle souffre du handicap de génomes dont la taille des fichiers est souvent très lourde et qui restent à décrypter<sup>9</sup>.

Au delà du génotypage, il reste encore à établir le lien entre marqueurs moléculaires et traits d'intérêt. Il convient également de se rapprocher de la physiologie pour comprendre le fonctionnement des gènes et le déterminisme génétique.

La métagénomique est la méthode utilisée pour analyser l'ensemble des génomes des populations bactériennes d'un milieu donné. Elle consiste à étudier collectivement les gènes, sans les détailler individu par individu, ou espèce par espèce. L'avantage en est une rapidité plus grande de l'analyse et le principe présente également une pertinence d'un point de vue écologique. En effet, l'information importante est de savoir quels gènes, donc quelles fonctions biologiques, existent dans le milieu. Le potentiel recelé par la métagénomique est considérable et prometteur pour mieux appréhender les interactions entre individus d'une même population ou entre espèces.

La génétique quantitative, elle, a montré ses aptitudes à donner des résultats complémentaires par rapport à la priorité donnée au transgénique. Le développement de modèles de génétique quantitative en lien avec les résultats du phénotypage, et leur combinaison pour obtenir les paramètres d'entrée de ce qui constituera des modèles de cultures agronomiques, permettra de prédire le comportement des variétés selon la conduite de la culture et la météorologie. Dans ce domaine, le niveau des chercheurs français constitue un atout, comparé à celui de leurs homologues d'Amérique du nord.

---

8 Philippe Mauguin, PDG de l'INRA à l'assemblée générale du CGAAER, 4 octobre 2018..

9 Le génome de la féverole pèse 14 gigabits.

Enfin, l'épigénétique est un nouveau domaine de recherche qui accroît encore l'importance de la génétique dans la compréhension du génome. Son lien fort avec les séquences répétitives et les séquences mobiles des bases de l'ADN qui sont impliquées dans les processus de régulation, notamment liés aux stress divers, a été démontré. Cette voie ouvre des perspectives prometteuses pour l'amélioration des plantes.

### **1.3.7.2. L'édition de génome et la controverse des nouvelles biotechnologies - *New Breeding Techniques***

#### *- Le cadre technologique et juridique*

Déclenchée mondialement par le débat sur les OGM, la controverse sur les nouvelles biotechnologies (*New Breeding Techniques*, NBT) a pris une dimension majeure dans l'Union européenne en raison du choix politique fait au début des années 2000 : la directive 2001/18/CE autorise les pays de l'UE à restreindre ou interdire la dissémination d'OGM qui présentent un risque pour la santé humaine et l'environnement. La directive (UE) 2015/412 l'amende en intégrant un plus grand nombre de motifs, par exemple, l'aménagement des zones urbaines et rurales, l'affectation des sols, les incidences socio-économiques, la coexistence et l'ordre public.

Depuis le 3 avril 2017, les pays membres de l'UE dans lesquels sont cultivés des OGM doivent mettre en place des mesures aux frontières de leur territoire afin d'empêcher tout risque de contamination transfrontalière avec les pays européens voisins où la culture de ces OGM est interdite, à moins que ces mesures soient inutiles compte tenu de conditions géographiques particulières.

L'apparition des NBT pose la question de l'application du droit commun des OGM à ces nouvelles techniques d'édition du génome. Ces dernières sont souvent restreintes au délicat sujet de la technologie CRISPR<sup>10</sup> qui permet de reconnaître un endroit précis du gène, puis de le couper tout aussi précisément, et ensuite de provoquer la mutagenèse. La méthode peut être qualifiée de chirurgicale.

La technologie CRISPR permet donc d'introduire un caractère toujours au même endroit sur le génome en ne coupant qu'une seule fois l'ADN. Cet outil très précieux permet aux chercheurs et industriels<sup>11</sup> de faire en une seule fois ce qui nécessitait auparavant dix à quinze ans au champ pour rechercher le trait ciblé. Contrairement aux OGM (transgénèse), aucun matériel génétique étranger n'est introduit.

Il importe de souligner que la grande majorité des variétés de végétaux actuellement cultivées et donc consommées résulte de plantes issues de mutagenèse, qu'elle se soit produite naturellement et aléatoirement, ou bien qu'elle ait été induite par des agents physiques ou chimiques. Mais CRISPR est symptomatique de la controverse plus vaste sur les NBT, sujet qui s'est révélé clivant dans l'atelier 14 des EGA.

Pour sa part, le Haut Commissariat aux biotechnologies (HCB), dont les deux comités ont peiné à trouver une position commune, a finalement recommandé « *un système d'aiguillage qui devrait conduire chaque produit considéré* » :

10 CRISPR (*Clustered Regular Interspaced Short Palindromic Repeats*) est devenu un enjeu mondial pour la compétitivité de la recherche publique et privée. CRISPR est depuis 2014 l'objet d'un vaste contentieux de propriété intellectuelle entre ses inventeurs présumés : d'un côté, Emmanuelle Charpentier et Jennifer Doudna (UC Berkeley), de l'autre, Feng Zhang (Broad Institute MIT/Harvard). Monsanto/Bayer a annoncé fin septembre 2018 en avoir acquis la licence d'exploitation par un accord avec le Broad Institute.

11 Trois possibilités s'offrent alors :

- la cellule mute de manière aléatoire = SDN1 (*site directed nuclease*) à fréquence de 1 %
- on offre à la plante des matrices de réparation dans lesquelles 3 ou 4 mutations intéressantes sont introduites = SDN2 à fréquence de 1/10000. Cette technique est opérationnelle mais reste encore rare,
- soit à terme, on réalise une insertion ciblée de transgènes = SDN3.

- soit vers le dispositif de la directive 2001/18/CE applicable aux OGM (par exemple pour des produits issus d'intragénèse et de certaines formes de SDN3),
- soit directement vers la procédure d'inscription de chaque nouvelle variété au Catalogue officiel des espèces et variétés (par exemple pour certains produits issus de SDN1),
- soit vers une voie intermédiaire qui serait à créer ; dans ce dernier cas, l'évaluation devrait prendre en compte, outre la technique utilisée, les propriétés et la finalité de la plante modifiée (caractère de tolérance à un herbicide par exemple), en s'attachant aux effets de système induits par la culture et les pratiques agronomiques associées »<sup>12</sup>.

La controverse a rebondi avec l'arrêt de la Cour de justice de l'UE en date du 25 juillet 2018 (affaire C-528/16). Saisie de deux questions préjudicielles par le Conseil d'État - lui-même saisi par les organisations démissionnaires du HCB<sup>13</sup> - la Cour y a répondu qu'en l'état actuel du droit communautaire (notamment la directive OGM 2001/18/CE), « il y a lieu de considérer que les mutations provoquées par les techniques/méthodes de mutagenèse... constituent des modifications apportées au matériel génétique d'un organisme » et qu'il « s'ensuit que les organismes obtenus au moyen de techniques/méthodes de mutagenèse doivent être considérés comme des OGM ». Il incombe maintenant au Conseil d'État de statuer sur la saisine initiale.

#### - Les enjeux

Paradoxalement, des milliers de variétés générées en utilisant une mutagenèse provoquée et aléatoire ont été approuvées à la commercialisation en Europe. Les premiers produits issus de cette technique seront sur le marché international dès 2019, avec les interrogations qui pèsent sur leur importation. La situation est d'autant plus intenable qu'il est impossible de détecter les plantes issues de NBT. Cela pose la question de la responsabilité des Etats européens qui interdisent les NBT tout en ne disposant pas des outils pour leur détection sur des PGM qui pourraient être importées et consommées en Europe. La législation impose pourtant de contrôler tout ce qui n'est pas autorisé dans l'Union européenne. Cela introduit une distorsion de concurrence entre les semenciers opérant sur le marché européen et les autres vendant sur des marchés tiers. Du point de vue des obtenteurs/sélectionneurs, la situation se révèle tout aussi ingérable au regard de la question de leur responsabilité vis-à-vis du matériel génétique qui entre dans leurs programmes et dont ils ignoreront en toute bonne foi s'il contient ou non des PGM issues de NBT.

Il existe dans le monde plusieurs tentatives pour trouver de nouvelles technologies différentes de CRISPR avec les mêmes fonctionnalités mais non brevetées, afin de contourner le versement de royalties. Certains semenciers français sont tentés de lancer un appel à concours pour ce type d'alternative. Mais la dernière décision de la CJCE suscite un certain attentisme et une perte de temps préjudiciables économiquement pour l'industrie semencière française, mais aussi pour l'agriculture française face à un progrès génétique plus lent que dans le reste du monde.

La décision de la CJCE a été vécue comme une grande défaite pour la communauté scientifique, comme l'a souligné la position prise par l'INRA en ce sens. En effet, l'édition de génome reste un outil indispensable largement utilisé en recherche fondamentale partout dans le monde, sans forcément avoir pour but d'éditer des plantes mutées. Etats-Unis, Canada, Inde, Chine sont très performants sur cette édition.

Au moment où les rendements des principales grandes cultures atteignent un plateau avec les techniques actuelles de mutagenèse, la France se doit de disposer d'outils performants d'obtention de ces PGM pour continuer à générer des découvertes qui seront les innovations de demain.

<sup>12</sup> Avis du Haut Commissariat aux biotechnologies, 2 novembre 2017.

<sup>13</sup> Confédération paysanne, Réseau Semences Paysannes, Les Amis de la Terre France, Collectif vigilance OGM et Pesticides 16, Vigilance OG2M, CSFV 49, OGM dangers, Vigilance OGM 33, Fédération Nature et Progrès.

Sans aucunement sacrifier à la sécurité alimentaire, il faut à la fois soutenir la compétitivité des semenciers français sur le marché mondial et disposer d'une capacité d'expertise scientifique publique dans le domaine du génie génétique.

Etant entendu que la sécurité d'une plante mutée ne devrait pas être déterminée par la technique qui l'a générée mais par le tableau génétique final de cette plante, et puisque l'essor de l'agriculture vers l'agroécologie repose notamment sur le maintien d'une capacité d'expertise scientifique publique dans le domaine du génie génétique et le soutien à une filière remarquable, il est essentiel de ne pas parier sur l'enlisement du sujet au plan européen. Il importe de ne pas tourner le dos à l'innovation de rupture offerte par les NBT, ce qui nécessite une volonté politique forte.

**RECOMMANDATION 4 : commander à l'INRA et l'ANSES une expertise scientifique collective faisant une réelle analyse des risques (alimentation, environnement, etc.) et du rapport coût/bénéfice (avantage santé, etc.), et communiquer sur ses résultats auprès du grand public. Si les conclusions de cette expertise permettaient d'éclairer la décision publique dans le sens d'une meilleure acceptabilité des plantes génétiquement modifiées, il serait alors possible de demander le réexamen de la directive européenne.**

### **1.3.8. La prise en considération de l'enjeu des données**

L'enjeu scientifique n'est plus dans la seule génomique et s'est considérablement déplacé vers le phénotypage qui fournit des éléments pour simuler le comportement de milliers de génotypes sur des milliers de parcelles à travers toute l'Europe. Il se porte également désormais sur le rapprochement de données issues des deux techniques.

Les programmes de sélection sont de plus en plus intégrés sur plusieurs années ou générations ce qui représente une masse de données considérable. Le stockage, l'interfaçage et le traitement de ces données sont un enjeu majeur, a fortiori au vu du développement de la modélisation.

Les grands de l'Internet ont parfaitement compris l'intérêt de ces données, dans ce secteur comme dans d'autres. Leur science des données pourrait effectivement être mise au service de la recherche et des semenciers dans une approche nouvelle de la sélection partant de la donnée (*data driven*).

Mais, cette évolution porte en elle un double risque : celui de perdre la souveraineté des données, et plus encore le pilotage de la science. En effet, l'intérêt général et les enjeux d'éthique doivent continuer à guider la recherche dans le domaine sensible de l'alimentation, de la santé et de l'environnement.

La question du traitement des données reste un verrou fort. Comme l'évolution matérielle des nouvelles technologies va de plus en plus vite (exemple du matériel de séquençage qui devient obsolète très rapidement avec des sauts industriels importants et des générations successives), cela implique un travail mobilisant des compétences exercées de plus en plus en réseau et interdisciplinaires.

## 2. LA FORMATION

L'état des lieux de la recherche dans le domaine des semences fait apparaître de profondes évolutions et des enjeux majeurs : nouveaux domaines de recherche (microbiote du sol, enjeu des NBT, etc.), transdisciplinarité croissante, besoin de travail en réseau, transformation numérique, nouvelles générations de chercheurs, etc.

Ces évolutions ont des impacts majeurs sur les métiers et donc sur les compétences qu'ils requièrent pour y accéder, s'y maintenir et y progresser. Qu'il s'agisse de futurs agriculteurs, techniciens au champ, biologistes, sélectionneurs ou chercheurs, le caractère stratégique des semences fait de la formation à ces métiers un enjeu critique. A la fois parce qu'une adaptation majeure aux nouvelles données scientifiques, technologiques, économiques - et plus encore climatiques - s'impose, mais aussi et surtout parce que le temps est compté pour y procéder au vu de la rapidité d'action des principaux acteurs du secteur. Or, le temps de la formation requiert un travail dans la durée, comme pour le végétal. C'est pourquoi l'état des lieux de l'offre actuelle de formation initiale et continue s'aborde tant au regard des enjeux de la recherche et de l'industrie que d'une société dont les attentes ont beaucoup évolué dans ce domaine.

L'offre de formation dans le domaine végétal - et plus particulièrement en biologie et amélioration des plantes - est héritière d'une longue tradition qui fait la force de ce secteur en France. Mais depuis une décennie, son évolution a suivi la désaffection croissante pour ces matières en raison de leur image désormais marquée par une forte défiance sociétale à l'égard des conséquences négatives de l'agrochimie, puis des manipulations génétiques. L'offre de formation a dû s'adapter à cette situation et son potentiel de développement est significatif.

### 2.1. RESTAURER L'ATTRACTIVITÉ DU VÉGÉTAL ET DES SEMENCES DANS LA FORMATION INITIALE

#### 2.1.1. L'enseignement technique agricole : redonner de la visibilité aux enjeux du végétal, et en particulier aux semences

L'enjeu de l'acquisition de compétences préparant à l'emploi dans le secteur des semences est conséquent au regard des 210 000 élèves, étudiants et apprentis formés annuellement dans l'enseignement technique agricole.

D'une part, lorsqu'il est abordé par la performance, le sujet des semences est sensible pour une population d'enseignants de l'enseignement technique particulièrement réactive à ce qui est désormais dénommé « l'effet Monsanto » ; a fortiori au regard du changement impulsé par le ministère depuis cinq à six ans vers une pédagogie de la transition agroécologique et de la « triple performance » (économique, écologique et sociale).

Enseigner ces enjeux implique, d'autre part, de les rendre intelligibles pour les deux publics principaux de cet enseignement qui sont contrastés :

- le premier, issu du monde agricole (un élève sur dix aujourd'hui), est plutôt acquis à une agriculture moderne et productive,
- mais le second, très majoritaire désormais, n'en provient pas et envisage ces questions avec un degré élevé de sensibilisation à l'environnement.



Le plan « Enseigner à produire autrement » mis en œuvre à la rentrée de septembre 2017 a précisément eu pour but de rapprocher ces points de vue en travaillant sur les représentations. Son action 1 de l'axe 2 prévoit, par exemple, des objectifs obligatoires à atteindre par chaque exploitation des établissements d'enseignement agricole correspondant *a minima* à ceux de chacun des plans d'action du projet agroécologique national : Ecophyto 2+, Ecoantibio, Apiculture durable, Ambition bio 2017, Azote/méthanisation, Protéines végétales, et le plan Semences et agriculture durable. Un important travail collectif d'accompagnement dans les établissements a été réalisé dès la phase de préparation du plan en 2014 par une recherche-action « Pédagogie innovante pour enseigner à produire autrement » (PIEPA), conduisant à la modification des référentiels.

Signe de son importance et de sa sensibilité, la question-clé de l'attractivité des formations a été abordée au printemps 2018 dans les travaux de l'atelier 13 des EGA ; elle a aussi été fréquemment citée sur la plate-forme des EGA. Un plan de communication a été demandé par les professionnels ; il est actuellement en préparation par la Direction générale de l'enseignement et de la recherche. Il sera prochainement mis en place dans l'objectif de susciter l'envie des jeunes pour ces formations.

Néanmoins, la lisibilité devenue faible des formations spécifiques au domaine végétal ne joue pas aujourd'hui en faveur de leur attractivité. En effet, l'essentiel des élèves de l'enseignement agricole (56 800) passe le baccalauréat professionnel (bac pro) dont le référentiel ne comporte pas de spécificité « Végétal » car l'ancien bac pro « Productions végétales » a disparu au profit d'un diplôme mêlant les filières de production animale et végétale, en cohérence avec la démarche agroécologique qui prend en compte la globalité des systèmes de production. La formation vise à doter les élèves d'un raisonnement-socle de plus en plus respectueux de l'environnement : maintien des sols, respect de la biodiversité, diminution des intrants et de l'utilisation d'eau, etc.

S'il demeure un bac pro « Productions horticoles » avec des contenus relatifs aux semences formant des ouvriers qualifiés pour ce secteur-ci, seuls les élèves qui poursuivront leur cursus en optant pour un BTS spécialisé « Agronomie/Productions végétales » (APV) pourront accéder à ces connaissances spécifiques<sup>14</sup>. Mais à la rareté de cette spécialité s'ajoute le fait que le temps alloué aux semences représente 11,6 % dans le référentiel national du BTS : sur les 1740 heures globales, le module « Biologie et physiologie du végétal » est doté de 87 heures et le module « Système de culture ou système semencier » de 116 heures. Quant à l'implication éventuelle des fermes des lycées agricoles dans le secteur des semences par l'obtention de contrats de multiplication, elle est obérée par la difficile compatibilité des calendriers scolaires avec ce type d'activité. La récente réforme du bac introduit un bac technologique "Sciences et technologies de l'agronomie et du vivant" (STAV) dont le référentiel ne semble pas de nature à contribuer à inverser la tendance constatée.

La visibilité réduite des enjeux végétaux au lycée ne facilite donc pas leur repérage par les jeunes dès cette phase critique de leur parcours de formation. Elle ne leur permet pas de commencer à construire là une appétence particulière pour ces matières<sup>15</sup>. Cette situation est paradoxale à de nombreux titres :

- *au plan microéconomique*, l'un des enjeux essentiels à prendre en compte dans la formation initiale des jeunes est celui de l'autonomie du chef d'exploitation vis-à-vis des semences ;
- *au plan macroéconomique*, la France occupe toujours une place importante dans le secteur semencier qui est le levier principal d'une balance commerciale agricole et agro-alimentaire encore positive ;

---

<sup>14</sup> Voir, par exemple, le lycée agricole du Valentin (Valence) avec un BTS spécialisé APV « Spécialité système semencier - Amélioration des plantes et technologie des semences ».

<sup>15</sup> En outre, les actions de sensibilisation vers les élèves menées à chaque salon de l'agriculture jusqu'en 2012 (sous forme de mini-colloques incluant des interventions du GNIS sur ses métiers et des présentations en lycée) se sont arrêtées ou ont nettement diminué, la convention DGER avec l'interprofession ayant perdu de son dynamisme, notamment dans le contexte de mise en place du plan Ecophyto et de la montée de l'aversion pour l'agrochimie.

- *au plan scientifique*, la recherche française continue de figurer parmi les meilleures mondiales ;
- *au plan stratégique, voire géopolitique*, l'enjeu mondial des semences est de plus en plus critique et concurrentiel ;
- *au plan sociétal, enfin*, le débat est vif aujourd'hui sur l'enjeu des semences, qu'il s'agisse de la recherche, des conditions de production, d'un éventuel basculement vers ces productions pour contribuer à résoudre la délicate équation de l'alimentation du futur, et bien sûr, de sa contribution essentielle à la lutte contre le réchauffement climatique.

Pour l'enseignement technique agricole, il y a donc bien un enjeu « Semences » à traiter en tant que tel, à rendre plus lisible en le dépassionnant, en pleine cohérence avec l'approche agroécologique qu'il peut parfaitement servir. Futurs professionnels mais aussi citoyens, les élèves de l'enseignement agricole constituent ainsi un public prioritaire à mieux outiller pour lui permettre d'aborder ce sujet essentiel dans les décennies à venir.

**RECOMMANDATION n° 5 : mettre en place dans l'enseignement technique agricole des contenus pédagogiques spécifiques aux enjeux majeurs du végétal pour concourir à recréer, dès cette étape-clé du cursus de formation, les conditions d'une attractivité pour des études et métiers dans ce secteur. Contributeurs à la démarche agroécologique, ces contenus objectiveront les débats en cours par la présentation adaptée de données scientifiques.**

Cette recommandation fait écho à l'action 2.33 du Plan filière du GNIS élaboré en 2018 en aval des EGA<sup>16</sup> et qui vise à construire un autre regard sur cette matière pour viser un double objectif :

- « *s'assurer de ce que les élèves qui ne poursuivront pas dans l'enseignement supérieur auront bien été sensibilisés au caractère stratégique du secteur,*
- *créer là une base solide d'intérêt pour les futurs étudiants* ».

## **2.1.2. L'enseignement supérieur agronomique : renforcer la réponse à la moindre attractivité du végétal**

L'enseignement supérieur agronomique est en phase de croissance de ses effectifs. Après une augmentation de 1000 places durant le quinquennat précédent amenant l'effectif à 17000 étudiants, un objectif de 2700 étudiants supplémentaires est affiché pour 2024. Cette évolution confirme l'attractivité générale pour ces formations.

Mais en ce qui concerne plus particulièrement les formations au domaine des semences, les établissements offrant des cursus en biologie végétale et amélioration variétale soulignent la moindre appétence des étudiants et élèves pour ces matières depuis une décennie. En effet, jusqu'aux années 2000, ces métiers étaient entourés d'une aura positive car considérés, dans une culture de la performance, comme créateurs de solutions pour développer les rendements, en pleine adéquation avec les besoins de l'aval. Portés par le progrès scientifique et les avancées technologiques, ils étaient alors faiblement interrogés sur leurs effets collatéraux.

Avec la montée du débat sur les OGM et la défiance installée à l'égard de l'agrochimie, la tendance s'est inversée. Une tentative de mettre en place une licence professionnelle spécifique «Semences» avec de solides bases en biologie végétale, cellulaire et moléculaire a ainsi échoué par le passé. Si certains acteurs et employeurs entrevoient des signes de redressement, la faible attractivité de ces cursus demeure tangible et les établissements s'y adaptent.

---

<sup>16</sup> « *Sensibiliser les étudiants à l'intérêt des sciences du végétal et de l'amélioration des plantes* ». Plan de filière semences et plants, GNIS, 2018.

### 2.1.2.1. Les grandes écoles d'ingénieurs en agronomie s'adaptent à l'érosion de l'attractivité des cursus « Amélioration des plantes »

- A *Agro ParisTech*, en moyenne 2 % seulement des 300 élèves ingénieurs d'une promotion choisissent aujourd'hui la dominante d'approfondissement en amélioration des plantes « Produire et innover dans les systèmes techniques végétaux » (PISTv<sup>17</sup>), soit respectivement 7, 6, 3, 8 et 6 élèves par an sur ces 5 dernières années.

L'évolution des contenus de cette dominante illustre la démarche d'adaptation des établissements à l'inversion de tendance observée depuis une décennie : fusionnant des spécialisations antérieures orientées « Agronomie » et « Amélioration des plantes » qui avaient de plus en plus de mal à recruter depuis quinze ans, la nouvelle dominante PISTv parie sur une approche globale des systèmes de production en incluant un volet « Environnement », déterminant pour son attractivité. Il semble avoir résulté de ce choix une stabilisation des effectifs à un niveau considéré comme décent par l'établissement.

- *Agrocampus ouest* (ACO) a opté pour une visibilité plus explicite de l'amélioration des plantes, et notamment des semences, sur le site d'Angers. L'établissement dispense la même formation à Rennes et Angers et délivre le même diplôme d'ingénieur agronome ou d'ingénieur horticole selon le parcours de formation choisi. Des spécialités et parcours approfondissent la matière végétale : « Sciences et Ingénierie du végétal » inclut un parcours « Génétique et amélioration des plantes (GAP) » dans l'objectif de former de futurs sélectionneurs ou responsables de laboratoires. Trois options sont proposées : physiologie moléculaire et adaptation aux stress des végétaux, fonctionnement et gestion des agro-systèmes, phytochimie et valeurs d'usage.

Mais l'établissement a dû, lui aussi, s'adapter à la moindre attractivité de ces formations en créant une spécialité « Agroécologie » en 2018 (exclusivement en anglais) comprenant un module spécifique « Amélioration des plantes et agroécologie » (nouveaux traits à considérer, place des interactions plantes/rhizosphère/microbiote, etc.). Ce module est ouvert à tous les étudiants, y compris d'autres spécialités, dont notamment ceux du parcours GAP. La démarche tente ainsi de concilier les deux approches : en plaçant ce nouveau module dans la spécialité « Agroécologie », ACO montre que cette dernière ne s'oppose pas à la génétique/amélioration des plantes. Ce choix semble attractif puisque 85 étudiants suivent ce module.

Sur le site d'Angers, la dernière année du cursus d'ingénieur spécialité « Sciences et ingénierie du végétal » parcours « Semences et plants » a également été repensée en 2017, mais cette fois pour s'adapter à l'évolution des attentes des employeurs. Des ajouts aux contenus ont été faits sur les questions de production et de commercialisation, ce qui a réduit les contenus formels sur la physiologie des semences. Parmi les unités d'enseignement, l'une porte sur la qualité sanitaire des semences, spécificité d'ACO, mais le nombre d'étudiants reste faible : deux élèves ingénieurs auxquels s'ajoutent huit à douze étudiants du master généraliste « Biologie Végétale parcours Semences et plants » porté conjointement par l'Université d'Angers, l'Université de Nantes et ACO.

Pour conserver une valence végétale claire, ce dernier master a d'ailleurs remplacé un master spécifique « Biologie végétale intégrative, gènes, plantes » (BIOVIGPA - Universités d'Angers, Rennes, Nantes, Brest, Tours, Poitiers et ACO) qui avait notamment l'inconvénient d'obliger les élèves ingénieurs à se déplacer sur deux sites. Mais, au moment de la refonte des diplômes, l'Université de Rennes a souhaité que le nouveau master comporte aussi une dimension animale, ce qui a conduit à une dissociation des masters.

Enfin, *Agrocampus ouest* et le GNIS ont annoncé le lancement d'un MOOC<sup>18</sup> « Semences » lors du Salon de l'agriculture 2019.

---

17 « PISTv » écrit comme tel, avec un « v » minuscule pour « végétal »

18 Massive Open On-line Course : cours massif ouvert en ligne

<https://www.fun-mooc.fr/courses/course-v1:agrocampusouest+40004+session01/about>

- Pour *Montpellier SupAgro*, l'offre de formation spécifique au végétal est présente en deuxième année du cursus Ingénieur par le choix de la dominante « Vers des agricultures durables ». Une unité d'enseignement « Protection des plantes et sélection variétale » fait partie de son tronc commun. L'un des modules optionnels d'approfondissement en biologie végétale permet d'opter pour trois domaines d'intervention spécifiques, dont un dédié à la « Biologie intégrative, représentation et prédiction du vivant ». La dominante 1 permet, en outre, d'acquérir et/ou approfondir les connaissances et compétences requises pour suivre ultérieurement l'option « Amélioration des plantes et ingénierie végétale méditerranéennes et tropicales » (APIMET) proposée en troisième année du cursus Ingénieur, également accessible aux étudiants de M2. Ces derniers peuvent aussi choisir, au sein du master international 3A « Sciences et technologies de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement », le parcours « Sélection et évolution de plantes méditerranéennes et tropicales » (SEPMET).

Les deux parcours APIMET et SEPMET intègrent plusieurs unités d'enseignement spécifiques à la biologie et à la sélection variétales<sup>19</sup>, aux outils bio-informatiques et bio-statistiques, ainsi qu'à la connaissance du secteur économique en question (production végétale et semencière : études des filières et de leurs acteurs). Ces offres sont donc explicites dans leur contenu sur les sujets les plus sensibles de l'amélioration des plantes.

- *Bordeaux SciencesAgro* propose un Master mention « Biologie AgroSciences » qui inclut en M1 et M2 des unités d'enseignement obligatoires ou optionnelles en biologie végétale et amélioration des plantes : biologie des plantes et biotechnologies, biologie intégrative, génétique, génomique et épigénétique des plantes, etc.

- *AgroSup Dijon* propose une dominante d'approfondissement en 3<sup>ème</sup> année du cursus Ingénieur « Agroécologie pour des productions végétales durables » (APOGEE), sans contenus spécifiques à l'amélioration variétale.

- *France Agro*<sup>3</sup>: les écoles d'ingénieurs privées rassemblées dans l'ex-FESIA devenue France Agro<sup>3</sup> en 2018 ne présentent aucune offre spécifique aux cursus en végétal alors qu'elles proposent un MSc<sup>®</sup><sup>20</sup> « European Animal Management and Sustainability » (EURAMA) dispensé par l'IE Purpan, co-accrédité par l'ESA Angers et labellisé Erasmus Mundus.

Malgré les efforts significatifs d'adaptation, les constats de moindre attractivité des enjeux du végétal faits par les établissements d'enseignement supérieur ne sont pas sans ressemblance avec la nouvelle donne du bac professionnel vue précédemment. Si cette situation atteste la cohérence d'une réorientation globale du système public d'enseignement agricole vers l'agroécologie, cela crée aussi, du lycée à l'université et aux grandes écoles d'agronomie, un continuum où les enjeux végétaux spécifiques sont beaucoup moins clairement identifiables qu'auparavant.

Or, l'enjeu des semences n'est pas entre temps devenu moins stratégique, tant s'en faut. La recherche comme la filière ont de plus en plus besoin de profils très qualifiés spécifiques à ces métiers dont la technicité s'accroît, dans un contexte démographique caractérisé par de nombreux départs en retraite de chercheurs et professionnels expérimentés.

---

<sup>19</sup> Structure et gestion de la diversité génétique, tolérance aux stress abiotiques/gestion des stress biotiques, fondements de la sélection variétale, biologie, technologie et législation de la production des semences et des plants, NBT et OGM en sélection végétale, sélection génomique.

<sup>20</sup> *Master of Science*, label de la Conférence des grandes écoles.

Les initiatives des établissements pour maintenir néanmoins une attractivité « Semences », tout en intégrant ces cursus dans l'approche agroécologique globale, sont salutaires. Elles concourent à maintenir un flux d'élèves vers les métiers de l'industrie et la recherche. Cet effort est à consolider et amplifier par des actions ciblées sur cet objectif, en y intégrant une ouverture plus grande vers l'entreprise, l'innovation et l'international, leviers d'attractivité.

**RECOMMANDATION n° 6 : construire pour les élèves ingénieurs des parcours «Amélioration variétale » communs aux trois principales grandes écoles d'agronomie, en lien avec l'INRA.**

Démarrant en deuxième année, ces cursus incluront des formations en laboratoire de recherche comme à l'international, viseront des sujets de thèse orientés vers l'innovation et seront davantage fondés sur des contrats d'apprentissage. Favorisé par la récente réforme, le recours accru à l'apprentissage, apparaît particulièrement pertinent au vu des attentes des employeurs du secteur car il tisse des liens pouvant aller jusqu'au recrutement en fin de cursus, en forte adéquation aux besoins de l'entreprise. La démarche peut ensuite être étendue aux doctorats et à des thèses «Conventions individuelles de formation par la recherche » (CIFRE).

### 2.1.2.2. Une offre universitaire riche mais dispersée

Outre les cursus articulés à ceux des écoles d'ingénieurs, l'offre de formation propre aux universités est composée des principaux cursus suivants.

- *En Ile-de-France :*
  - université Paris-Diderot/Agro ParisTech/Université d'Évry Val d'Essonne/Université Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines : parcours de M1 « Sciences du végétal » du master «Biologie cellulaire, physiologie et pathologie (BCPP) » ;
  - université Paris-Saclay, mutualisé avec l'université Paris Diderot/Sorbonne Paris Cité : master 1 « Biologie Intégrative et physiologie végétale » ;
  - université Paris-Saclay : master 2 « Sciences végétales ».

La création du Labex « Saclay Plant Science » (SPS) a produit un effet structurant sur ces formations en induisant la fusion des parcours universitaires. Elle a notamment pour objectif de coordonner les différentes offres de master dédiées au végétal en Ile-de-France.<sup>21</sup>

L'essentiel de la formation reste orienté vers la recherche, même s'il existe un parcours du M2 à finalité professionnalisante. Ce master intègre également une forte dimension de valorisation de la recherche, avec l'association des équipes à un partenariat accru avec les industriels, renforçant les dépôts de brevets et le *licensing*<sup>22</sup>.

En outre, le Labex SPS a été lauréat du premier appel à projets « Ecoles universitaires de recherche » pour le projet « Graduate School of Research» (SPS-GSR) doté de 4,6 M€ qui repose sur une volonté de mieux intégrer les formations d'ingénieurs et les formations master, servant l'objectif global de la politique de site de Paris-Saclay.

---

21 « A terme, l'objectif sera d'offrir un parcours unique en Ile-de-France :

- court terme (2012-2014) : mettre en place des enseignements autour du végétal en M1 et M2 avec une priorité à la formation par la pratique et un soutien aux enseignements de type projet pour donner une meilleure autonomie aux étudiants ;  
- long terme (2015-) : structurer l'enseignement du végétal en Master (M1+M2). Cette nouvelle offre sera proposée à la rentrée 2015 dans le cadre de l'université Paris-Saclay. L'enseignement végétal sera proposé dans deux mentions : la mention Biologie-Santé (BS) et la mention Biologie Intégrative et Physiologie (BIP). Ces deux mentions proposeront deux M1 avec deux plates-formes regroupant des Unités d'Enseignements végétales complémentaires. Les deux M1 BS et BIP ouvriront sur un M2 unique Sciences du Végétal avec un cursus Recherche et cursus Professionnel ». Source : université Paris-Saclay.

22. V. les Journées « PlantInnov » avec 60 partenaires industriels échangeant en *business to business* avec les laboratoires.

- *En régions :*
  - université Clermont Auvergne : master « Biologie végétale » ;
  - université Clermont Auvergne, en co-portage UCA/VetAgroSup : nouveau master « Biologie végétale » parcours « Plant Integrative Biology and Breeding » en amélioration des plantes. Il affiche une dimension internationale avec l'homologation Erasmus ainsi que des stages à l'étranger en M1 et M2 ;
  - université Clermont-Ferrand/Université Blaise-Pascal Clermont 2/VetAgro Sup : master «Génomique, écophysiologie et productions végétales ». Formation professionnalisante et Recherche (et spécialisation de 3<sup>ème</sup> année d'ingénieur) en cours de redéfinition, elle vise à former des cadres pour l'élaboration et l'amélioration de la production végétale, en lien avec les exigences environnementales et de santé ;
  - université Claude Bernard Lyon 1 : master biologie végétale. Evolution 2016 du master « Phytoressources » existant depuis 2007, il vise à former dans les domaines de la biologie végétale fondamentale et appliquée ;
  - université de Bordeaux/Bordeaux SciencesAgro/INRA : master « Bordeaux Biologie AgroScience ». Il comprend deux parcours « Génétique, sélection et amélioration des plantes » et « Biologie et biotechnologie des plantes » ;
  - université Toulouse III Paul Sabatier : master « Biologie végétale ». Il comprend deux parcours (M1 +M2) :
    - . « Adaptation, développement et amélioration des plantes en présence de micro-organismes » (ADAM) qui traite notamment des biotechnologies,
    - . « Ecologie végétale et environnement » (EVE), beaucoup plus tourné vers la préservation de l'environnement.

L'offre universitaire est donc riche, mais elle apparaît aussi dispersée. Pour y remédier, divers types d'initiatives ont déjà été prises :

- certains sites tels que Clermont-Ferrand ou Lille ont construit sur leur territoire un écosystème académique fortement articulé aux industries semencières voisines,
- à Paris-Saclay, l'effet Labex a restructuré l'offre à l'échelle de la région-capitale (v. supra).

Ces démarches mettent en lumière l'enjeu d'une meilleure coordination de l'offre au plan national.

En effet, une construction et une mise en œuvre davantage partagées de l'offre de formation universitaire permettrait de restructurer l'acquisition de compétences en biologie végétale et amélioration des plantes. Elle répondrait au besoin d'en optimiser la lisibilité et contribuerait à restaurer l'attractivité de ces cursus qui, du fait leur échelle relativement restreinte, restent maîtrisables dans leur organisation. Elle correspondait également aux besoins de compétences renforcés des industries semencières françaises qui se trouvent dans un contexte de plus en plus concurrentiel.

**RECOMMANDATION n°7 : susciter une coordination nationale des cursus Bac+5 en «Biologie végétale et amélioration variétale » copilotée par le ministère de l'agriculture et de l'alimentation et le ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation.**

## **2.2. LES COMPÉTENCES QUANTITATIVES ET DANS LE NUMÉRIQUE : NOUVEAUX DÉTERMINANTS DU SECTEUR ET MOTEURS POTENTIELS D'UNE ATTRACTIVITÉ RETROUVÉE**

Le secteur des semences est particulièrement impacté par la montée des besoins en compétences quantitatives (mathématiques, statistiques, biométrie, etc.) et numériques. Cette intensité qui façonne de plus en plus la filière semble aussi pouvoir être facteur d'une attractivité retrouvée des cursus en biologie végétale et amélioration des plantes. La formation à ces métiers intègre cette évolution pour faire face à la forte accélération des besoins dans ces compétences nouvelles.

### **2.2.1. Des compétences quantitatives de plus en plus recherchées**

L'évolution technologique du secteur des semences induit une place croissante des mathématiques, des statistiques et de la biométrie. Cela se vérifie, par exemple, par le fait que certains industriels indiquent recruter aujourd'hui des profils de haut niveau de ce type dans les secteurs de la banque et de l'assurance pour leur apporter ensuite des compétences propres au cœur de métier en biologie végétale et amélioration variétale.

Face à cette évolution, les établissements d'enseignement supérieur s'adaptent, par exemple :

- à Agro ParisTech, la réflexion sur la formation initiale a conduit à modifier les programmes de Mathématiques-Statistiques dans l'ensemble du cursus Ingénieur en première et deuxième années avant la spécialisation ;
- dans les masters de l'Université Paris-Saclay, des programmes croisés visent à attirer les licences de mathématiques et de physique vers la biologie et vice-versa, les biologistes se formant à la spécialisation « Mathématiques appliquées au vivant ». Ces dimensions sont désormais incluses dans la dominante d'approfondissement PISTv d'Agro ParisTech (v. supra) ;
- l'enseignement d'ACO à Rennes inclut un fort contenu en génétique quantitative.

En ce qui concerne les compétences en biométrie et analyse de marquage moléculaire, une insuffisance actuelle de formations est constatée par l'industrie, situation amplifiée par le fait que le faible nombre de Français formés va se spécialiser à l'étranger. Les employeurs sont alors conduits à recruter chez leurs concurrents.

### **2.2.2. L'enjeu critique des compétences numériques**

Comme dans de nombreux domaines, le numérique appliqué au vivant bouleverse les références du secteur des semences.

La recherche nécessite désormais des compétences numériques avancées appliquées aux semences. L'exemple des données massives issues du phénotypage à haut débit illustre le niveau et la complexité des compétences à mobiliser : provenant de divers types de capteurs (photo, radar, lidar, etc.), ces données recueillies en très grande quantité et fréquence le sont dans des formats de fichiers hétérogènes impliquant, tout d'abord, des traitements pour les rendre homogènes et ainsi utilisables dans les bases qu'elles nourrissent. Ensuite, intervient le développement de chaînes de calcul pour exploiter ces données. Enfin, peut alors être activé le maillon essentiel de l'interprétation desdites données grâce aux compétences agronomiques.

Cette séquence démontre la nécessité de mobiliser à la fois des compétences en biologie végétale/amélioration des plantes et en bio-informatique.

A cela s'ajoute le développement accéléré de l'offre de services digitalisés à l'exploitation : qu'il s'agisse des solutions globales de plates-formes conçues et commercialisées par les géants de l'agrochimie et des semences<sup>23</sup> ou de matériels et/ou applications spécifiques conçus par des *start up*, ou encore des solutions proposées par le français SMAG, par exemple. Ces outils résultent de l'articulation des nombreuses disciplines intégrées par le numérique. Structurant désormais la conduite d'un nombre croissant d'exploitations, ils impliquent des compétences nouvelles pour activer le potentiel des données ainsi produites.

La formation en est largement impactée et les établissements, là aussi, accompagnent cette évolution :

- la réforme de la dominante d'approfondissement « De l'information à la décision par l'analyse et l'apprentissage » (IODAA) d'Agro ParisTech en partenariat avec le master Informatique et Systèmes Intelligents (ISI) de l'université Paris Dauphine est en cours. Elle rendra plus visible cette formation en la thématisant sur les champs propres à AgroParisTech, et la différenciera mieux de celle, plus générale, proposée par Télécom ParisTech (avec Paris-Saclay ou sur le site de Sophia Antipolis)<sup>24</sup> ;
- l'intégration des équipes INRA « Génétique quantitative et évolution » du Moulon dans le Labex SPS précité accroît encore le croisement des compétences pour renforcer une interface Formation/Recherche à forte intensité numérique.

En dépit de ces adaptations, l'industrie souligne l'insuffisance globale actuelle de profils « Agro-bio-info », qualifiés par elle-même de « *mouton à 6 pattes* » tant est exigeante l'articulation de ces diverses compétences.

Majeure sur le fond, cette évolution orientée par le numérique peut aussi devenir un nouvel atout pour l'attractivité du secteur. En effet, l'enjeu est de faire de l'appétit avéré des élèves et étudiants pour les formations à dominante numérique *lato sensu* un levier pour relancer l'attractivité de la « Biologie végétale/Amélioration variétale/Semences » à travers les processus et outils innovants qui sont en train de la transformer en profondeur.

## **2.3. DES FORMATIONS EXPOSÉES A UNE FORTE CONCURRENCE**

### **2.3.1. Les grandes écoles d'ingénieur : une position relative et disputée à l'international, mais un fort potentiel à développer**

Les principaux établissements d'enseignement supérieur sont des acteurs de haut niveau qui dispensent des formations porteuses de la conception agronomique globale caractéristique de la France. Leur position internationale l'atteste, même si elle se situe aujourd'hui en-dessous de son potentiel. Elle est aussi fortement concurrencée.

Même si elle peut susciter des interrogations, l'appréciation de la qualité de la formation par les standards internationaux de classement est de plus en plus déterminante pour l'attractivité des établissements, l'obtention de contrats de recherche, et plus encore, pour la place d'un pays dans le double enjeu agricole/alimentaire et du changement climatique pour le demi-siècle à venir. Cela est particulièrement vrai pour les compétences en biologie végétale et amélioration des plantes.

La position des trois principaux établissements français dans les deux classements thématiques internationaux majeurs précise ce constat.

---

23 Notamment la plate-forme Xarvio de BASF (rachetée en 2018 à Bayer dans le cadre de la fusion avec Monsanto) et The Climate Corporation de Monsanto/Bayer.

24 Unités d'enseignement de deuxième année ou options en troisième année du cursus Ingénieur : intelligence artificielle et science des données, mathématiques et informatique théorique.



**CLASSEMENTS QS ET SHANGHAI  
D'AGROCAMPUS OUEST, AGRO PARISTECH ET MONTPELLIER SUPAGRO**

	<b>Classement QS thématique <i>Agriculture &amp; Forestry</i>  2016</b>	<b>Classement QS thématique <i>Agriculture &amp; Forestry</i>  2017</b>	<b>Classement QS thématique <i>Agriculture &amp; Forestry</i>  2018</b>	<b>Classement QS thématique <i>Agriculture &amp; Forestry</i>  2019</b>	<b>Classements thématiques  Shanghai ARWU 2018</b>
<b>AGROCAMPUS OUEST</b>	101-150	201-250	201-250	101-150	101-150 <i>Agricultural Sciences</i>  76-100 <i>Ecology</i>
<b>AGRO PARISTECH</b>	5	5	10	4	19t(-r'-r'''''''' <i>Agricultural Sciences</i>  76-100 <i>Ecology</i>
<b>MONTPELLIER SUPAGRO<sup>25</sup></b>	51-100	51-100	51-100	36	51-75 <i>Agricultural Sciences</i>  24 <i>Ecology</i>

Les classements de ces établissements rendent compte de la qualité de l'enseignement supérieur agronomique français ; leur progression au classement QS 2019 l'atteste.

Ils ne doivent cependant pas masquer la notoriété très relative des cursus spécifiques aux semences : leur dispersion entre acteurs et sur le territoire demeure réelle et leur lisibilité en pâtit. La masse critique d'une telle offre globale française reste ainsi faible par rapport à celle de ses principales concurrentes mondiales. Cette situation est d'autant plus dommageable pour le domaine des semences que la France ne place, certes bien, qu'un seul établissement (Agro ParisTech, 4<sup>ème</sup>) parmi les dix premiers mondiaux au classement QS thématique *Agriculture & Forestry*. A fortiori quand trois autres établissements européens s'y trouvent : l'université de recherche de Wageningen aux Pays-bas (1<sup>er</sup>), l'université suédoise de sciences de l'agriculture à Uppsala (3<sup>ème</sup>)<sup>26</sup>, et l'université de Reading en Angleterre (9<sup>ème</sup>).

25 A noter également que Montpellier SupAgro et AgroSup Dijon figurent honorablement dans le classement U-Multirank, cette dernière école sur critères « recherche » et « orientation internationale ».

26 Classement remarquable pour une université de 3900 étudiants seulement par rapport à Wageningen dont l'effectif est de 13 300.

Le cas de l'université publique de Wageningen - établissement particulièrement attractif sur les semences - est emblématique. Classée 20<sup>ème</sup> dans la catégorie *Life sciences* de Times Higher Education (THE)<sup>27</sup> dans laquelle ne figure aucun établissement agronomique français, elle se maintient comme leader du classement thématique QS depuis trois ans dans un environnement hyper-concurrentiel. Plus encore, sa 125<sup>ème</sup> place au classement QS mondial toutes catégories confondues est remarquable pour une université publique non-généraliste, spécialisée sur un nombre réduit de thématiques (santé, environnement, agriculture/alimentation) et de taille relativement modeste (13 300 étudiants).

Attaché à une conception de l'agronomie « à la française » et fort d'une formation et d'une recherche reconnues à l'international, le ministère de l'agriculture et de l'alimentation avait annoncé au début de l'année 2018 une stratégie ambitieuse pour relever ce défi concurrentiel international en lançant le rapprochement de trois premières grandes écoles d'ingénieur - Agrocampus ouest, Agro ParisTech et Montpellier SupAgro - au sein d'un établissement unique composé d'écoles internes ; le projet était intégré à la feuille de route gouvernementale<sup>28</sup>.

Mais en fin d'année 2018, les ministres de l'agriculture et de l'alimentation et de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation ont annoncé la constitution non plus d'un mais de deux « *deux établissements leader* » :

- d'une part, « *Agro ParisTech dans les sciences et industries du vivant et de l'environnement, membre d'une université de premier rang international, l'Université Paris-Saclay* »,
- d'autre part, un second « *établissement leader sur les questions d'agriculture, alimentation et environnement, composé d'écoles fortement ancrées dans les territoires et en lien avec les filières. Ce second établissement devrait naître dès 2020 du rapprochement de Montpellier SupAgro et d'AgroCampus Ouest. Il sera fortement associé à l'Université de Montpellier* »<sup>29</sup>.

Visant à « *structurer l'enseignement supérieur agronomique en France* », cette nouvelle et très différente approche affiche une priorité explicite donnée aux politiques de site. En revanche, cette orientation interroge sur la lisibilité de l'offre, l'intégration des cursus et la puissance réelle, notamment à l'international, qui résulteront de la constitution de deux établissements distincts face à des concurrents étrangers au positionnement clair et d'une toute autre ambition (v. supra).

Par ailleurs, dans la même finalité d'impact international, il convient de souligner que l'Institut agronomique méditerranéen de Montpellier (IAMM), au cœur du réputé écosystème agronomique montpellierain, est également un acteur appelé à jouer un rôle croissant en termes de formation. Initialement placé auprès du ministère des affaires étrangères, il est désormais auprès du ministère de l'agriculture et de l'alimentation. Il est l'un des quatre instituts agronomiques du Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes (CIHEAM), organisation méditerranéenne inter-gouvernementale ayant comme mandat le développement d'activités de formation universitaire, de formation continue, de recherche et de coopération.

---

27 Le classement THE est parfois contesté pour son caractère marchand.

28 Le CGAAER avait été missionné pour accompagner les directions de ces établissements dans ce regroupement qui avait trois objectifs :

- « *opérer maintenant les grandes mutations nécessaires face aux nouveaux défis : augmentation du nombre d'étudiants, adaptation aux nouveaux enjeux et réponse aux besoins du monde économique et des filières, projection à l'international, ouverture à des métiers émergents, transformation numérique et pédagogique, mutualisation des forces pour élaborer des solutions innovantes au réchauffement climatique, etc.* ;

- *renforcer la visibilité, l'attractivité et l'influence de la France sur les questions agronomiques, d'agriculture, d'alimentation, d'environnement et des sciences du vivant en constituant un ensemble de premier rang mondial au même titre que les grands centres de référence à l'international sur ces questions tels que Wageningen aux Pays-Bas, ou Davis et Cornell aux États-Unis, au bénéfice des étudiants, des communautés scientifiques, des entreprises et des politiques publiques ;*

- *contribuer ainsi au renforcement de l'ensemble de l'enseignement supérieur et de la recherche agricoles français à un moment particulièrement critique* ».

L'importance de ces enjeux a aussi été rappelée dans le cadre des États généraux de l'alimentation qui ont souligné tout particulièrement le besoin « *d'accroître la contribution de la formation à la souveraineté alimentaire de la France, d'accueillir plus d'étudiants et d'en former à des métiers nouveaux, en resserrant les liens avec l'enseignement technique, de renforcer la capacité d'action au niveau international* ». (Lettre de mission n°18102 du 10 juillet 2018)

29 Communiqué de presse commun du 14 décembre 2018.

Accrédité à délivrer le master, l'Institut propose une offre des formations au bénéfice des sélectionneurs du pourtour méditerranéen. Il peut ainsi conforter le rôle stratégique que la France a l'opportunité de jouer dans l'apport de solutions pour cette zone particulièrement sensible au réchauffement climatique et aux forts enjeux géopolitiques.

### **2.3.2. La concurrence entre employeurs sur les compétences : une vigilance nécessaire**

Au vu de la taille du secteur semencier en France, l'enjeu de la formation semble être davantage de nature qualitative que quantitative. En effet, hors recherche publique, le flux annuel de futurs sélectionneurs et/ou responsables de laboratoire attendu de l'appareil de formation est estimé, de source industrielle, entre 20 et 40 postes par an. Si ce volume semble maîtrisable, c'est donc dans l'adaptation fine des compétences aux besoins très évolutifs du secteur que se situe l'enjeu pour les employeurs comme pour les établissements de formation.

Le sélectionneur - entendu comme chef de laboratoire et/ou chercheur - joue un rôle-clé qui sera de plus en plus complexe. Pour pouvoir l'assumer, il doit détenir des compétences techniques fortes, mais aussi être doté de compétences managériales car il travaille avant tout en équipe avec des sélectionneurs agronomes, des techniciens de laboratoire et au champ. C'est sur ces profils de haut niveau que l'industrie fait état de difficultés à recruter.

Elle souligne également une tendance des plus grandes entreprises à aller recruter à l'étranger ; ainsi, le groupe Limagrain rassemble-t-il 40 nationalités de chercheurs. Si cette évolution est inhérente à l'internationalisation, elle est aussi induite par la maturité atteinte par le marché européen qui conduit les groupes à augmenter les effectifs de recherche hors de France, notamment en Asie, dont l'Inde notamment, et en Amérique du sud.

Dans ce contexte, il est important d'alerter sur le fait que les méga-fusions qui reconfigurent le marché mondial des semences depuis trois ans seront probablement source de fortes restructurations des ressources humaines pour mettre en œuvre les synergies annoncées dans les prévisionnels présentés à l'appui de ces acquisitions. Un important *turnover* risque de résulter de ces réorganisations, remettant sur le marché beaucoup de personnels qualifiés qui voudront retrouver rapidement un emploi. Elles seront une concurrence forte pour les recrutements en sortie de formation initiale en France.

Ce mouvement rend plus que pertinente une veille spécifique de ce phénomène que la profession pourrait assurer. Il conviendrait qu'elle la partage avec les pouvoirs publics concernés afin d'agir de concert pour éviter un tassement de l'insertion et de la mobilité professionnelles dans ce secteur.

### **2.3.3. Le pari de la professionnalisation ?**

Pour tenter de résoudre la problématique d'attractivité pour les étudiants face aux besoins évolutifs des employeurs, la stratégie de l'établissement privé UniLaSalle (Beauvais) est illustrative d'un espace spécifique qu'elle a choisi d'occuper : un positionnement repensé pour s'articuler aux besoins de l'industrie, revendiquant une diplomation professionnalisante.

Partant de la demande des entreprises en compétences d'ingénieurs agronomes pouvant secondariser des sélectionneurs qualifiés (connaissance du terrain, de la réglementation et des besoins du marché international pour développer des programmes de sélection), trois cursus à la spécificité « Semences » et à la dimension européenne affichées sont proposés :

- le Master « Biosciences, sciences du végétal, éco-production et bio-valorisation » EcoBioValo» (Université de Rouen Normandie/Université de Caen/UniLaSalle) ;
- la seconde année du master EcoBioValo est ouverte aux élèves du cursus Ingénieur et deux parcours d'approfondissement spécifiquement orientés vers l'industrie des semences sont proposés en quatrième et cinquième année : « Marketing » (semences,

coopératives, stations, commercialisation) et « Agronomie et territoires » (expérimentation végétale dans les coopératives et chez les sélectionneurs, présélection de variétés, nouvelles pratiques culturales) ;

- le *Master in Plant Breeding* (emPLant) à Beauvais : il a été labellisé Erasmus Mundus en 2017 et bâti sur des accords avec quatre universités européennes<sup>30</sup>. Ce master est promu par l'établissement comme couvrant « ...l'ensemble du champ d'activité d'un sélectionneur d'aujourd'hui. Ce domaine est très peu présent dans l'enseignement supérieur ; ce master Erasmus Mundus offre cette spécificité ». Conçu par un ancien sélectionneur et avec le soutien de la filière (UFS, GEVES, UOPV), le cursus est majoritairement ouvert aux étudiants étrangers et accueille des effectifs encore modestes de (10 à 12 étudiants/an) mais d'ampleur non négligeable au regard de l'enjeu du secteur et des effectifs de certains masters universitaires précités.

A ces cursus s'ajoute la création d'une chaire d'excellence régionale « Plant Breeding - Amélioration des plantes et intégration sociale et technique » signée en décembre 2015 avec la région Picardie et soutenue par l'UFS.

Positionnée au plus près des besoins des industriels, cette offre de formation souffre cependant de la faiblesse de son socle « Recherche » pour accéder à une autre dimension. De même, à l'exception notable de l'université d'Uppsala<sup>31</sup>, aucun des établissements partenaires du master emPlant n'est d'échelle mondiale, voire de notoriété européenne. Cependant, elle témoigne d'une approche pragmatique répondant à la fois aux souhaits d'étudiants non-européens de venir étudier les semences dans l'Union européenne (avec les avantages à terme connus de ce type de démarche : liens tissés, projets futurs, etc.) et aux besoins précis des entreprises pour ce type de profils.

## **2.4. LA FORMATION CONTINUE : DES BESOINS RÉELS, DES POSITIONS À PRENDRE**

### **2.4.1. Une situation nationale qui doit évoluer**

Le paysage est caractérisé par de faibles contacts entre formation continue et formation initiale, principalement en raison de la concurrence croissante entre l'enseignement supérieur (universités et écoles) qui est incité à se positionner de plus en plus sur la formation continue (v. rapport Germinet<sup>32</sup>) et l'ASFIS, société filiale du GNIS, qui y occupe à ce jour une position dominante.

Aucun des Masters spécialisés proposés notamment par AgroParisTech, AgroSup Dijon, Montpellier SupAgro, UniLaSalle ou encore ISARA, n'est à ce jour spécifiquement dédié aux enjeux du végétal et/ou des semences.

Étroitement articulée aux besoins du secteur, l'ASFIS dispense, elle, des formations créées au fil des ans et souvent sur-mesure pour les professionnels qui conservent la dynamique et l'attractivité du secteur ; elles mettent également à jour les compétences réglementaires et techniques. Son catalogue inclut aussi les formations qualifiantes dispensées par le GEVES afin d'acquérir les compétences requises dans les laboratoires de production de semences, en vue de la certification.

---

30 Swedish University of Agriculture and Plant (Uppsala, Suède), University of Helsinki (Finlande), Ege University (Izmir, Turquie) et Universitat Polyècnica (Valence, Espagne) réunies avec UniLaSalle dans un « European Plant Breeding College ».

31 3<sup>ème</sup> au classement thématique QS, l'université d'Uppsala dispose d'un département de formation spécifique à l'amélioration avec trois parcours de spécialisation : *Genetics and plant biomolecular biology*, *Cultivated plant's abiotic and biotic interactions*, *Plant protection and plant breeding*. Il existe également trois départements de recherche : *Plant Breeding*, *Plant Biology*, *Plant Protection Biology*.

32 « *Le développement de la formation continue dans les universités* », rapport de François Germinet à la ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche le 6 novembre 2015. Le rapport propose de fixer à 1 milliard d'euros l'objectif de chiffre d'affaires des universités en formation continue en 2020 au regard d'un montant estimé à 400 M€ en 2015.

En termes de publics formés, l'ASFIS indique que (base enquête structure GNIS 2016) :

- parmi les 11 800 ETP du secteur, l'essentiel est peu diplômé et employé dans les tâches de production en usine et de suivi au champ. Ces effectifs bénéficient de beaucoup de formation continue, notamment pour la remise à niveau : au moins une fois sur les trois premières années de prise de poste. 70 % d'entre eux seraient ainsi formés ;
- les commerciaux<sup>33</sup> sont très peu touchés par la formation (maximum 200/an à l'AFSIS) ;
- les personnels de recherche (3200 ETP) et administratifs des entreprises semencières : 10 à 40 % seraient formés, passant quasiment tous par l'ASFIS environ tous les deux ans.

Une approche pertinente de la formation continue passerait, selon l'ASFIS, par un «développement professionnel durable » reposant sur la conception de nombreux modules souples et diplômants, centrés sur les compétences-clés pour s'adapter à un contexte particulièrement mouvant : bio-informatique, utilisation de CRISPR, etc. Cette méthode reviendrait à penser la formation continue selon le modèle LMD, mais tout au long de la durée de carrière.

Il conviendrait également de veiller à pouvoir faire évoluer, en la diversifiant, la cible de la formation continue. En effet, avant la récente réforme, les universités ont rencontré des difficultés réelles à former d'autres publics que les demandeurs d'emploi. Cela s'explique à la fois par une activation difficile du compte personnel et par la politique des régions qui privilégie ce public spécifique. Or, une grande vigilance s'impose car, en ne formant pas suffisamment et fréquemment les personnels en situation d'emploi, survient le risque d'un retard cumulé devenant très difficile à combler en cours de carrière. S'enclenche alors le cercle vicieux où les salariés renoncent à la formation car ils sont trop déconnectés de l'évolution des compétences.

Enfin, si la formation continue est un indéniable relais de croissance pour les établissements d'enseignement supérieur, elle repose sur une ingénierie exigeante pour être compétitive et une approche économique qui doit se faire non pas par le seul chiffre d'affaires mais par la marge dans l'objectif de dégager des recettes nouvelles nettes pour les universités. Développer ces ressources nouvelles implique un fort volume d'activité de formation continue, arbitrage qui pose notamment la question des locaux, particulièrement sensible au vu de la surpopulation universitaire actuelle.

## **2.4.2. Une place à conquérir par la France dans l'offre internationale de formation continue**

L'enjeu de la formation continue est aussi, comme celui de la formation initiale, d'échelle internationale. Les acteurs mondiaux de ce marché sont des concurrents directs de la France. Ils sont particulièrement actifs et attractifs. Deux exemples illustrent le positionnement fort de grandes universités :

- la « *Master Class in Seed Technologies* » de l'université de Wageningen : sur un rythme biennal, elle offre depuis vingt ans à 15 à 20 candidats issus des métiers des semences la possibilité de mettre à niveau leurs compétences. S'appuyant sur son très réputé master « *Plant Breeding* », l'établissement continue à faire référence et maintient des liens étroits avec la profession ;
- l'Université de Davis (Californie) : depuis cinq ans sa « *Plant Breeding Academy* » se développe en Afrique, en Asie et en Europe. Son programme est étalé sur deux années et construit sur six semaines ; il inclut même une semaine à Angers. A l'origine, des liens avaient été noués avec ACO, Végépolys et l'ESA, cette dernière ayant grandement contribué au démarrage du projet. Mais d'année en année, les partenaires initiaux ont été progressivement écartés de ce programme très attractif à l'international. Davis a également développé un « *Seed Technology Center* » qui délivre des formations professionnelles destinées aux industriels.

---

33 L'AFSIS estime leur effectif à 4600 ETP : 1800 commerciaux-développeurs-marketeurs, 800 conseillers et vendeurs en culture de distribution/négoce, 2000 en coopératives.

De telles offres, proposées jusque sur le territoire français, et l'échec d'une tentative de création d'une « Limagrain Académie » avec ACO, mettent en lumière l'existence d'un besoin réel - et donc d'un marché porteur - pour ce type de formation continue que les acteurs français sont parfaitement à même de satisfaire de manière très concurrentielle.

L'alerte est claire et appelle une réponse à la hauteur du potentiel du système d'enseignement supérieur agronomique public français et de l'importance de ce secteur économique. A fortiori si l'offre de formation continue se construit de manière, là aussi, coordonnée pour éviter une concurrence franco-française délétère, et si elle est s'appuie sur une approche de différenciation par la marque, essentielle sur ce marché mondialisé.

\* \* \* \* \*

## CONCLUSION

L'état des lieux de la recherche et de l'offre de formation dans le secteur des semences végétales fait apparaître :

- **une recherche française toujours performante**, grâce notamment à :
  - . l'héritage du département « Génétique et amélioration des plantes » de l'INRA,
  - . l'investissement significatif de l'industrie,
  - . la décennie exceptionnelle rendue possible par le PIA ;
- **une offre de formation présente et de qualité, mais beaucoup moins attractive qu'il y a dix ans pour les étudiants, dispersée sur le territoire et donc insuffisamment lisible, notamment à l'international.**

La recherche et la formation aux semences se trouvent donc à la croisée des chemins car l'avenir de la filière est interrogé à un niveau inédit :

- *la difficulté d'utiliser les NPBT dans l'Union européenne* est une hypothèque qui pèse sur les recherches susceptibles de mener à des innovations majeures ;
- *la fin du PIA2, à l'initiative de l'État, bouleverse ce modèle décennal de recherche pourtant initié par l'État* (stabilité du financement, constitutions de communautés, avancées scientifiques, etc.) sans lui en substituer rapidement un autre ni tracer de perspective claire pour la décennie à venir pourtant critique ;
- *ces obstacles pénalisent un secteur lui-même bouleversé au plan mondial par une vaste recomposition capitaliste qui change radicalement la place des acteurs* : s'il restait en 2017 cinq groupes français parmi les vingt premiers semenciers mondiaux, ces derniers sont désormais décrochés du groupe de tête en termes de chiffre d'affaires<sup>34</sup> et donc de budget dédié à la R&D : ainsi, l'ordre de grandeur du budget R&D annuel cumulé du nouvel ensemble Bayer-Monsanto (1,9 Md€) serait-il quasi-équivalent au chiffre d'affaires annuel de Limagrain dans les semences (2 Mds€) ;
- *la recherche de l'autonomie protéique* - objectif français et affiché dans la future PAC - a besoin dès maintenant d'un investissement massif en recherche ;
- *le besoin accru et urgent de solutions face à l'accélération du changement climatique* place la France dans une position potentiellement forte pour sa propre adaptation comme pour celle des pays du sud, à condition qu'elle maintienne et développe son investissement dans la recherche et les compétences acquises ;
- *la transformation numérique* amplifie les défis par la rupture qu'elle déclenche. Elle offre aussi des solutions pour les relever.

La période actuelle apparaît donc particulièrement appropriée pour avancer sur la base d'une stratégie française forte en faveur de la recherche et de la formation dans le champ des semences végétales afin d'en faire un levier pour le développement du secteur.

Associant le secteur privé, cette stratégie est à impulser par les pouvoirs publics français et à cordonner autant que possible au plan européen, échelle pertinente au vu des enjeux internationaux. Elle sera à même de mobiliser des marges de progrès considérables pour développer ce secteur et lui permettre de relever ses défis actuels et à venir.

---

34 V. annexe 9 : classement 2017 des entreprises semencières mondiales.

Comme la France a su le faire à la Libération, l'enjeu est aujourd'hui de construire, par la recherche et la formation, la capacité à nourrir demain, en quantité comme en qualité, une population mondiale plus nombreuse, ainsi qu'à satisfaire une demande sociétale sans cesse plus exigeante, dans des conditions climatiques sensiblement plus difficiles.

Au printemps 2019, la France aura une occasion exceptionnelle d'affirmer son rôle majeur dans les semences en présentant sa stratégie à toute la communauté mondiale réunie du 3 au 5 juin à Nice pour le congrès de l'International Seeds Federation.

- - -

## **Signatures des auteurs**



# **ANNEXES**

## **ANNEXES**

**Annexe 1 : lettre de mission**

**Annexe 2 : note de cadrage de la mission**

**Annexe 3 : liste des personnes rencontrées**

**Annexe 4 : liste des sigles utilisés**

**Annexe 5 : liste des UMR ou laboratoires de recherche publics  
impliqués dans la recherche sur les semences et plants**

**Annexe 6 : Programmes d'investissements d'avenir 1 par espèce**

**Annexe 7 : Programmes d'investissements d'avenir 1 transversaux**

**Annexe 8 : projets du Fonds unique interministériel**

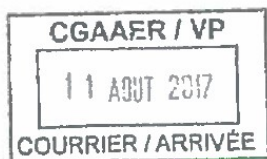
**Annexe 9 : classement 2017 des entreprises semencières  
mondiales par montant des ventes**

## **Annexe 1 : lettre de mission**



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE  
ET DE L'ALIMENTATION

Paris, le 08 AOÛT 2017



Le Ministre de l'Agriculture  
et de l'Alimentation

à

Monsieur le Vice-Président  
du Conseil Général  
de l'Alimentation, de l'Agriculture  
et des Espaces Ruraux (CGAAER)

N/Réf : CI 801650

V/Réf :

Objet : Mission d'expertise CGAAER – Plan « semences et plans pour une agriculture durable » – Action : « Soutenir la recherche dans le secteur des semences et plants ».

PJ :

Faisant suite au plan précédent initié en 2011, dénommé « Semences et agriculture durable », le nouveau plan « Semences et plants pour une agriculture durable » a été publié en décembre 2016. Une des sous-actions de ce plan est ainsi libellée : **Faire un état des lieux des compétences de l'appareil de recherche, de ses besoins et de l'offre de formation initiale et continue.** Elle est une des préconisations de la mission d'évaluation du plan « Semences et agriculture durable » réalisée conjointement par le conseil général de l'environnement et du développement durable et le CGAAER en 2015.

Je souhaite confier au CGAAER la réalisation de cet **état des lieux**, qui comportera un diagnostic sur l'appareil de recherche tant public que privé, et sur le **besoin et l'offre en formation relatifs aux enjeux de ce plan**, ainsi que des **propositions d'actions pour corriger les manques et faiblesses identifiés.**

.../...

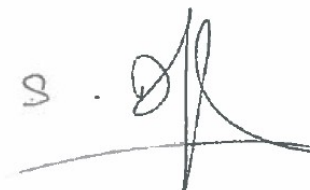
Ces diagnostics devront tenir compte de l'évolution du contexte général mais aussi technique, notamment :

- l'accélération des avancées technologiques, dont les avancées biotechnologiques, qui impacte les modalités de conservation des ressources phylogénétiques, les méthodes de sélection et les possibilités de caractérisation des variétés ;

- la production massive de données, issues du séquençage des génomes, des résultats des essais d'inscription et de post-inscription, ou celles recueillies lors de la culture des variétés.

Je souhaiterais disposer des résultats de cette expertise pour fin 2017.

Pour le Ministre et par délégation  
La Directrice de Cabinet

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'S' followed by a vertical line and a horizontal stroke.

Sophie DELAPORTE

**Annexe 2 : note de cadrage de la mission**



# Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux

## NOTE DE CADRAGE

concernant

**l'état des lieux des compétences de l'appareil de recherche, de ses besoins et de l'offre de formation initiale et continue constituant la sous-action 2-3-2 du plan « SEMENCES ET PLANTS POUR UNE AGRICULTURE DURABLE »**

établie par

**Etienne ACHILLE**  
Administrateur général

**Sylvie DUTARTRE**  
Ingénieure générale des ponts, des eaux et des forêts

**Novembre 2017**

**CGAAER n°17104**

CGAAER N°17104

1/9

## Sommaire

<b>. 1</b>	<b>Contexte .....</b>	<b>3</b>
<b>. 2</b>	<b>Objectifs de la mission.....</b>	<b>3</b>
<b>. 3</b>	<b>Désignation des missionnaires.....</b>	<b>4</b>
<b>. 4</b>	<b>Méthodologie et phases de travail.....</b>	<b>4</b>
<b>. 5</b>	<b>Calendrier et attendus de la mission .....</b>	<b>5</b>
	.5.1. Calendrier .....	5
	.5.2. Diffusion du rapport .....	6
	<b>ANNEXE : lettre de mission .....</b>	<b>7</b>



## . 1 Contexte

Le secteur semencier représente l'un des fleurons de l'industrie française. Premier producteur européen et second exportateur mondial (premier en grandes cultures), il réalise un chiffre d'affaires annuel de 3,6 Mds€. Il se distingue par un solde positif et en hausse continue de sa balance commerciale depuis dix ans, atteignant un niveau record de 901 M€ en 2016. Plus encore, l'investissement dans la recherche y est en moyenne de 13 % du chiffre d'affaires, soit près de 50 % au-dessus de la pharmacie ou de l'aéronautique. L'emploi dans la recherche y a progressé de 38 % de 2011 à 2016.

La première entreprise française du secteur (groupe Limagrain) se classe quatrième au plan mondial, avec 3,8 % de parts de marché derrière Monsanto (Etats-Unis, 21,8 %), DuPont-Pioneer (Etats-Unis, 15,5 %) et Syngenta (Suisse, 7,1 %), lesquels sont aussi largement mobilisés par leur activité de fabrication et vente de produits phytopharmaceutiques, notamment en France.

Malgré la concentration qui caractérise le secteur, il existait encore 71 entreprises françaises de sélection en 2016, dont un nombre non négligeable à caractère familial. Les emplois directs de l'ensemble des activités du secteur s'établissaient à 11 664 ETP en 2016 (+25 % par rapport à 2011), auxquels s'ajoutaient 18 961 agriculteurs multiplicateurs de semences.

Le secteur bénéficie d'une bonne concertation entre pouvoirs publics, professionnels de l'amont et de l'aval, et les acteurs de la recherche. Elle s'opère au sein d'une instance singulière, le Comité technique permanent de la sélection (CTPS) qui régule depuis 1942 l'inscription au catalogue français des plantes cultivées. Il a favorisé la réactivité des acteurs de la recherche et des professionnels pour candidater aux financements du Programme d'investissements d'avenir (PIA) en présentant des projets d'excellence. Dans sa première vague, le PIA a ainsi soutenu six projets d'amélioration variétale, principalement par espèce ou groupe d'espèces. La plupart arrivera à échéance d'ici 2019.

Afin de définir et partager avec tout ce secteur stratégique une vision commune de son développement, le ministère a conçu en 2011 un premier plan "Semences pour une agriculture durable". En vue de l'actualiser et de l'étendre, de nouvelles lignes ont constitué un second plan fin 2016, intitulé "SEMENCES ET PLANTS POUR UNE AGRICULTURE DURABLE". L'une de ses sous-actions - dont la mission n°17104 est l'objet - vise à réaliser l'état des lieux des compétences des appareils de recherche et de formation du secteur.

## . 2 Objectifs de la mission

Le plan "SEMENCES ET PLANTS POUR UNE AGRICULTURE DURABLE" 2016 est construit autour de six axes. L'axe 2 est intitulé "Favoriser une innovation au service de l'agro-écologie dans le secteur des semences et plants". En son sein, l'action 2-3 vise à "*soutenir la recherche dans le secteur des semences et plants*".

A cette fin, une sous-action 2 prévoit de "*faire un état des lieux des compétences de l'appareil de recherche, de ses besoins et de l'offre de formation initiale et continue*".

Tel est l'objet de la présente **mission d'évaluation et d'expertise n°17104** confiée au CGAAER.

La démarche du plan fait partie intégrante d'une stratégie plus large visant à faciliter l'innovation dans le domaine de l'amélioration variétale et de la qualité des semences en vue de :

- défendre la compétitivité des entreprises,
- mettre sur le marché des variétés réduisant la consommation de produits phytopharmaceutiques et des semences de qualité, en lien avec le plan Ecophyto 2,
- adapter les cultures au changement climatique.

La mission établira un diagnostic des compétences des appareils de recherche et de formation, tant initiale que continue, et préparera un plan d'action pour corriger les manques et faiblesses identifiés.

Elle prendra pleinement en considération, d'une part, les dernières avancées biotechnologiques et leur environnement réglementaire et juridique, et d'autre part, l'enjeu de la production et du traitement massif de données issues de l'ensemble des opérations de sélection, d'inscription et de culture des variétés.

### **. 3 Désignation des missionnaires**

Deux membres du CGAAER ont été désignés par son bureau pour mener à bien cette mission :

- M. Etienne ACHILLE, administrateur général ;
- Mme Sylvie DUTARTRE, ingénieure générale des ponts, des eaux et des forêts.

Cette mission est suivie par le Président de la cinquième section « Recherche, formation et métiers ».

### **. 4 Méthodologie et phases de travail**

Cette mission d'expertise sera réalisée dans le respect des règles professionnelles et du code de déontologie du CGAAER.

La méthode de travail est fondée sur des entretiens, directifs ou non, avec les acteurs de cette filière et l'examen des documents liés au thème de la mission.

#### **Phase de cadrage**

- Etablir la liste des organismes et personnes à rencontrer.
- Se procurer l'ensemble de la documentation concernée dont,
  - le plan 2011 "Semences et agriculture durable" et le plan 2016 "Semences et plants pour une agriculture durable"
  - les rapports CGAAER en lien avec le sujet, notamment le rapport CGEDD n°010164-01/CGAAER n°15030 de novembre 2015 "Evaluation du plan semences et agriculture durable"
  - des notes de présentation des structures et des projets, notamment ceux du PIA
  - des rapports d'activités des principaux acteurs du secteur
  - des avis et évaluations divers.
- Participer au séminaire de restitution des projets scientifiques soutenus par le CTPS, au séminaire de PROMOSOL, à l'assemblée générale de l'Union française des semenciers, à la réunion annuelle du projet BreedWheat (PIA), etc.

#### **Phase de déroulement**

- Entretiens avec les acteurs concernés :
  - Ministère de l'agriculture et de l'alimentation : Direction générale de l'alimentation (DGAL/sous-direction de la qualité, de la santé et de la protection des végétaux),

Direction générale de l'enseignement et de la recherche (DGER/sous-direction de la recherche, de l'innovation et des coopérations internationales ; sous-direction de l'enseignement supérieur ; sous-direction des politiques de formation et de l'éducation

- Comité scientifique du Comité technique permanent de la sélection (CTPS)
- Etablissements d'enseignement supérieur et de recherche : AgroCampus Ouest, AgroParis Tech
- Institut national de la recherche agronomique (INRA) et ses UMR et SFR concernées, notamment : Institut de génétique, environnement et protection des plantes (IGEPP) de Rennes, Institut de recherche en horticulture et semences (IRHS) d'Angers, INRA-Clermont-Ferrand, INRA-Toulouse, INRA-Dijon, Institut Jean Pierre Bourgin (Versailles), etc.
- Le responsable INRA du GIS Biotechnologies vertes
- Au moins une université impliquée dans la recherche fondamentale amont
- Responsables et/ou coordinateurs de projets dans le cadre du PIA : BreedWheat, AKER, Rapsodyn, etc.)
- Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation
- Instituts techniques agricoles (ITA) : Association de coordination technique agricole (ACTA), Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL), ARVALIS
- Groupement national interprofessionnel des semences et plants (GNIS)
- Fédération nationale des agriculteurs multiplicateurs de semences
- Union française des semenciers
- Entreprises dans le domaine de la sélection variétale tant de première importance que de taille modeste
- Département de biologie du centre de recherche Bayer Cropscience et UMR 5240
- La Présidente de l'International Society for Seed Science (ISSS).
- S'agissant de l'environnement européen et compte-tenu des premiers contacts engagés, un véritable parangonnage ne semble pas opportun. Toutefois, l'étude de la situation des Pays-Bas et d'un autre pays encore à définir permettra d'éclairer la situation française en vue d'un état des lieux qui n'aura pas vocation à être exhaustif.
- En accord avec les Directions concernées du ministère, il n'est pas prévu de note d'étape ni de présentation du rapport au cabinet du Ministre.

Les missionnaires se réservent la possibilité de s'entretenir avec toute autre personne qu'ils estimeraient utile de rencontrer afin de mener à bien leur mission.

### **Phase de clôture**

Après avoir transmis le rapport de mission à la directrice du cabinet du ministre, une réunion de présentation lui sera proposée.

## **. 5 Calendrier et attendus de la mission**

### **.5.1. Calendrier**

- 8 août : lettre de mission
- 26 septembre 2017 : désignation des missionnaires
- Fin septembre - octobre 2017 : rencontre de cadrage avec la DGER et la DGAI afin de préciser les attentes. Début des entretiens avec les acteurs de la filière

- Novembre 2017 : poursuite des entretiens. Rédaction de la présente note de cadrage
- Décembre 2017 - Janvier 2018 : fin des entretiens. Début de la rédaction du rapport.
- Février 2017 : finalisation de la rédaction et remise du rapport.

## **.5.2. Diffusion du rapport**

En raison de la nature du sujet traité, ce rapport a vocation à être publié.

\* \*

\*

### **Annexe 3 : liste des personnes rencontrées**

Cécile ABALAIN, directrice technique innovation, pôle de compétitivité Végépolys, Angers

Didier ANDRIVON, Directeur de Recherche - UMR Institut de génétique, environnement et protection des plantes Rennes, équipe résistance et adaptation - INRA

Alicia AYERDI GOTOR, coordinatrice pédagogique programme Erasmus – UniLaSalle Beauvais

Michel BECKERT, chargé de mission Bio-économie - Direction générale de la recherche et de l'innovation - Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, Paris

Yann BINTEIN, adjoint Programme Fruits - Direction Recherche Innovation et Expertise, Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes

Jean-Paul BORDES, chef du département R&D - ARVALIS Institut du végétal

Elise BOURMEAU, directrice, Union française des semenciers

Mathilde CAUSSE, directrice Unité de recherche 1052 « Génétique et Amélioration des Fruits et Légumes » - INRA, Centre de recherche PACA

Judith BURSTIN, directrice de recherche INRA - UMR 1347 Agroécologie Dijon. Coordinatrice du projet PEAMUST

Rémi CAILLIATE, adjoint au département Biologie et amélioration des plantes, INRA Avignon. Coordinateur des programmes Innovation variétale et diversification - Directeur-adjoint de l'Institut Carnot Plant2Pro

Alain CHARCOSSET, directeur de recherche INRA. Directeur-adjoint UMR 320 Génétique Quantitative et Évolution - Le Moulon/Saclay. Coordinateur projet Amaizing

Gilles CHARMET, directeur de recherche INRA, Clermont-Ferrand

Anne-Marie CHEVRE, UMR Institut de génétique, environnement et protection des plantes équipe biodiversité et polyploïdie – INRA Rennes

Bernard COMMERE, chargé de mission - Direction générale de la recherche et de l'innovation - Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation, Paris

Jérôme COPPALLE, sous-directeur de l'enseignement supérieur - Direction générale de l'enseignement et de la recherche - Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, Paris

Françoise CORBINEAU, professeure des universités, vice-présidente déléguée à l'université Pierre et Marie Curie. UMR 7622 Institut de biologie Paris Seine. Présidente de l'International Society for Seed Sciences

Jean-Christophe DANTONEL, directeur du programme Santé et biotechnologies – Secrétariat général pour l'investissement

Philippe DEBAEKE, directeur de recherches INRA. animateur de l'équipe Variétés et systèmes de culture pour une production agroécologique UMR AGIR 1248, Toulouse

Thibaut DECOURCELLE, chargé du développement des activités du Laboratoire national de recherche - Station nationale d'essai de semences - Groupe d'étude des variétés et des semences, Angers

Régine DELOURME, directrice-adjointe de l'UMR Institut de génétique, environnement et protection des plantes de Rennes, équipe résistance et adaptation- INRA

Bruno DESPREZ, président du groupe FLORIMOND DESPREZ VEUVE et Fils, Président du pôle de compétitivité santé nutrition longévité

Thierry DORE, directeur scientifique, AgroParisTech

Jean-Albert FOUGEREUX, directeur de la Fédération nationale des agriculteurs multiplicateurs de semences

Yveline GUEGAN, cheffe du bureau des partenariats professionnels, direction générale de l'enseignement et de la recherche, ministère de l'agriculture et de l'alimentation

David GOUACHE, directeur-adjoint Terres Inovia. Directeur des opérations de recherche, d'études et d'expérimentation

Aurélia GOULEAU, coordinatrice scientifique du Groupe d'étude des variétés et des semences, Angers. Secrétaire du comité scientifique du Comité technique permanent de la sélection

Joëlle GUYOT, adjointe au sous-directeur des politiques de formation, direction générale de l'enseignement et de la recherche, ministère de l'agriculture et de l'alimentation

Christian HUYGHE, directeur scientifique Agriculture, INRA

Marie-Agnès JACQUES, directrice de la Structure fédérative de recherche « Qualité et santé du végétal » QuaSaV, Institut de recherche en horticulture et semences, Angers

Laurent JACQUIOT, chef du bureau des semences et de la protection intégrée des cultures, direction générale de l'alimentation, ministère de l'agriculture et de l'alimentation

Cyril KAO, sous-directeur Recherche et partenariats internationaux, direction générale de l'enseignement et de la recherche, ministère de l'agriculture et de l'alimentation

Patrick de KOCHKO, coordinateur du réseau Semences paysannes

Thierry LANGIN, directeur de l'unité mixte de recherche UMR 1095 « Génétique, Diversité, Ecophysiologie des Céréales (GDEC) », INRA Clermont-Ferrand

Nicolas LANGLADE, directeur de recherche INRA. Coordinateur du projet Sunrise

Christian LANNOU, directeur scientifique, Institut français de la vigne et du vin

Jacques LE GOUIS, directeur de recherche INRA Clermont-Theix. - Coordinateur du projet BreedWheat

Yves LE HINGRAT, responsable Recherche et développement, Fédération nationale des planteurs et producteurs de pommes de terre. Animateur de l'UMT INNOPLANT FN3PT-INRA

Loïc LEPINIEC, directeur de recherche INRA. Coordinateur du Labex Plant Science Saclay

Olivier LEPRINCE, enseignant-chercheur, Institut d'horticulture et des semences, Agrocampus ouest

Emmanuel LESPRIT, directeur de la commission Réglementation et innovation - Union française des semenciers

Maria MANZANARES-DAULEUX, directrice de l'UMR Institut de génétique, environnement et protection des plantes Rennes -, Agrocampus ouest

Annie MARION-POLL, directeur de recherche INRA Versailles – Institut Jean-Pierre Bourgin

Valérie MAZZA, directrice scientifique, groupe LIMAGRAIN

Raphaëlle MALOT, chargée d'études « Semences et sélection végétale », bureau des semences et de la protection intégrée des cultures, direction générale de l'alimentation, ministère de l'agriculture et de l'alimentation

Marie-Laure NAVAS, directrice générale déléguée aux formations et à la politique scientifique, Montpellier SupAgro

Axel OLIVIER, directeur de l'ASFIS, société de formation, d'expertise et de conseil de la filière semences

Romain PIOVAN, directeur du Groupement d'intérêt scientifique Biologie végétale (GIS BV), Paris  
Frédérique POIROUX, responsable Recherche, Nova Genetic, Longué-Jumelles  
Jean-Pierre RENO, directeur de l'Institut de recherche en horticulture et semences, Angers

Peter ROGOWSKY, Ecole normale supérieure de Lyon, UMR Reproduction Développement Plantes INRA 879. Adjoint au chef du département Biologie-Amélioration des plantes, INRA. Coordinateur du projet GENIUS. Président du directoire opérationnel du Groupement d'intérêt scientifique Biotechnologies vertes (GIS BV)

Laurent ROSSO, directeur Terres Univia/Terres Inovia

Claude TABEL, président, Directeur Général de RAGT

François TARDIEU, directeur de recherche INRA. Coordinateur du projet European Plant Phenotyping Network 2020

Patrice THIS, directeur de recherche INRA, directeur de l'UMR Amélioration génétique et adaptation des plantes méditerranéennes et tropicales, Montpellier

Alain TRIDON, sous-directeur de la qualité, de la santé et de la protection des végétaux, direction générale de l'alimentation, ministère de l'agriculture et de l'alimentation, Paris



## Annexe 4 : liste des sigles utilisés

**ADAM** : Adaptation, Développement et Amélioration des plantes en présence de Micro-organismes  
**ADEME** : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie  
**ADN** : Acide DésoxyriboNucléique  
**ACO** : Agrocampus ouest  
**ANR** : Agence Nationale de la Recherche  
**ANSES** : Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail  
**APIMET** : Amélioration des Plantes et Ingénierie végétale Méditerranéennes Et Tropicales  
**APOGEE** : Agroécologie pour des productions végétales durables  
**APV** : Agronomie/Productions végétales  
**ASFIS** : Association pour la Formation de l'Interprofession des Semences et plants  
**BCPP** : Biologie Cellulaire, Physiologie et Pathologie  
**BAP** : Biologie et Amélioration des Plantes  
**BIP** : Biologie Intégrative et Physiologie  
**BS** : Biologie Santé  
**BTSA** : Brevet de Technicien Supérieur Agricole  
**BIOVIGPA** : Biologie Végétale Intégrative, Gènes, Plantes  
**CASDAR** : Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural  
**CE** : Commission Européenne  
**CGAAER** : Conseil Général de l'Agriculture de l'Alimentation et des Espaces Ruraux  
**CIFRE** : Conventions Individuelles de Formation par la Recherche  
**CIHEAM** : Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes  
**CIMMYT** : International Maize and Wheat Improvement Center  
**CJUE** : Cour de Justice de l'Union Européenne  
**CNRS** : Centre National de la Recherche Scientifique  
**CRB** : Conservatoire de Ressources Botaniques  
**CRISPR** : Clustered Regular Interspaced Short Palindromic Repeats  
**CTPS** : Comité Technique Permanent de la Sélection  
**DGER** : Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche  
**DGESIP** : Direction Générale de l'Enseignement Supérieur et de l'Insertion Professionnelle  
**EGA** : Etats Généraux de l'Agriculture  
**ENS** : Ecole Normale Supérieure  
**ESA** : Ecole Supérieure d'Agriculture (Angers)  
**ETP** : Equivalent temps Plein  
**ECPGR** : European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources  
**FRB** : Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité  
**EURAMA** : European Animal Management and Sustainability  
**EVE** : Ecologie végétale et Environnement  
**FERA** : Food and Environment Research Agency  
**FSOV** : Fonds de Soutien à l'Obtention Végétale  
**FUI** : Fonds Unique Interministériel  
**GAP** : Génétique et Amélioration des Plantes  
**GEVES** : Groupe d'Etudes et de contrôles des Variétés et des Semences  
**GIS** : Groupement d'Intérêt Scientifique  
**GNIS** : Groupement National Interprofessionnel des Semences et plants  
**GPI** : Grand plan d'investissement  
**GSR** : Graduate School of Research  
**HCB** : Haut Commissariat aux Biotechnologies  
**INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique  
**IODAA** : de l'InformatiOn à la Décision par l'Analyse et l'Apprentissage  
**IRRI** : International Rice Research Institute



**ISARA** : Institut Supérieur d'Agriculture Rhône Alpes  
**ISI** : Informatique et Systèmes Intelligents  
**ISSS** : International Society for Seed Science  
**IRHS** : Institut de Recherche en Horticulture et Semences  
**ISTA** : International Seed Testing Association  
**RPG** : Ressources PhytoGénétiques  
**IT** : Institut Technique  
**LaBEX** : Laboratoire d'EXcellence  
**LMD** : Licence Master Doctorat  
**MAA** : Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation  
**MEM** : Méta-omiques des Ecosystèmes Microbiens  
**MOU** : Memorandum of Understanding  
**NPBT** : New Plant Breeding Techniques  
**OAD** : Outil d'Aide à la Décision  
**OGM** : Organisme Génétiquement Modifié  
**PDG** : Président Directeur Général  
**PGM** : Plantes Génétiquement Modifiées  
**PIA** : Programme des Investissements d'Avenir  
**PIEPA** : Pédagogie Innovante pour Enseigner à Produire Autrement  
**PISTv** : Produire et Innover dans les Systèmes Techniques végétaux  
**PME** : Petites et Moyennes Entreprises  
**PSPC** : Projets Structurants des Pôles de Compétitivité  
**QS** : Quacquarelli Symonds  
**SEPMET** : Sélection et Evolution des Plantes Méditerranéennes et Tropicales  
**SGPI** : Secrétariat Général Pour l'Investissement  
**SDN** : Site Directed Nuclease  
**SPAD** : Semences et Plants pour une Agriculture Durable  
**SPS** : Saclay Plant Science  
**THE** : Times Higher Education  
**TPE** : Très Petites Entreprises  
**UE** : Union Européenne  
**UFS** : Union Française des Semenciers  
**UMR** : Unité Mixte de Recherche  
**UR** : Unité de Recherche  
**VATE** : Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale  
**WUR** : Université de recherche de Wageningen

## **Annexe 5 : liste des UMR ou laboratoires de recherche publics impliqués dans la recherche sur les semences et plants**

### **PRINCIPAUX LABORATOIRES OU ÉQUIPES DE RECHERCHE PUBLICS COMPÉTENTS EN PHYSIOLOGIE DES SEMENCES**

#### **UMR 5667 RDP Reproduction et développement des Plantes**

**ENS Lyon, CNRS, INRA, INRIA, Université de Lyon**

Mécanismes de la reproduction sexuée des plantes supérieures conduisant à la formation de la graine

Pollinisation, fécondation et compatibilités

Christian Dumas, Peter Rogowsky, Gwyneth Ingram

[Peter.rogowsky@ens-lyon.fr](mailto:Peter.rogowsky@ens-lyon.fr)

#### **UMR 7622 IBPS Institut de Biologie Paris Seine**

**Sorbonne Universités, Université Pierre et Marie Curie, CNRS**

**Equipe biologie des semences**

Régulation métabolique, cellulaire et moléculaire de la germination et des dormances

Christophe Bailly

[Christophe.bailly@upmc.fr](mailto:Christophe.bailly@upmc.fr)

Françoise Corbineau

[francoise.corbineau@upmc.fr](mailto:francoise.corbineau@upmc.fr)

#### **IJPB, UMR 204 Biologie des Semences,**

**INRA Versailles, AgroParisTech, Université Paris-Saclay**

Développement, germination, hormones, composés phénoliques, tégument et mucilage

Loïc Lepiniec (INRA versailles) Annie Marion-Poll (INRA versailles)

Loïc Rajjou (AgroParis Tech)

[loic.rajjou@agroparistech.fr](mailto:loic.rajjou@agroparistech.fr)

#### **UMR1345(SFR QUASAV)**

**Agrocampus Ouest, INRA (IRHS), Université d'Angers**

Germination, longévité des semences, tolérance à la dessiccation, développement

Olivier Leprince, Julia buitink

[olivier.leprince@agrocampus-ouest.fr](mailto:olivier.leprince@agrocampus-ouest.fr)

David Macherel (Université d'Angers)

[David.macherel@univ-angers.fr](mailto:David.macherel@univ-angers.fr)

#### **UMR1349 IGEPP**

**Agrocampus Ouest-Université Rennes 1**

Lipides des graines et sélection

Nathalie Nesi,

[nathalie.nesi@inra.fr](mailto:nathalie.nesi@inra.fr)

#### **UMR 7622 Biologie du Développement Paris Seine**

**CNRS, Université SORBONNE**

Biologie cellulaire, développement, évolution-développement, reproduction

Organisation, expression et évolution des génomes. Bio-informatique et biologie des systèmes

Thierry Jaffredo

[thierry.jaffredo@upmc.fr](mailto:thierry.jaffredo@upmc.fr)

**UMR AGAP Amélioration génétique et adaptation des plantes tropicales et méditerranéennes**

**INRA, Montpellier SupAgro, CIRAD, INRIA**

Génétique et biologie des plantes tropicales et méditerranéennes dont plantes ligneuses

Patrice This

[diragap@cirad.fr](mailto:diragap@cirad.fr)

**UMR 1318 IJPB Institut Jean-Pierre Bourgin**

**INRA, AgroParisTech**

Biologie, chimie et mathématiques dédiées à la recherche sur le végétal

Anne-Marie Krapp

[anne.krapp@inra.fr](mailto:anne.krapp@inra.fr)

**LSTM Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes**

**IRD, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Université Montpellier**

Adaptation et mécanismes fonctionnels des associations microorganismes-plantes

Graines non orthodoxes, café, palmier à huile

Thierry Joet

[Thierry.joet@ird.fr](mailto:Thierry.joet@ird.fr)

Stéphane Dussert

[stephane.dussert@ird.fr](mailto:stephane.dussert@ird.fr)

**UMR AE Agroécologie**

**AgroSup Dijon, INRA, Université Bourgogne Franche-Comté**

Remplissage des graines et stress abiotiques

Karine Gallardo, Richard Thompson

[karine.gallardo@inra.fr](mailto:karine.gallardo@inra.fr)

**UMR IATE Ingénierie des Agro-polymères et Technologies Émergentes**

**INRA, CIRAD, Montpellier SupAgro, Université de Montpellier**

Utilisation des semences pour l'alimentation, technologies des semences dont propriétés liées à amidon

Process, caractérisation physique des grains

Valérie Lullien-Pellerin

[valerie.lullien-pellerin@inra.fr](mailto:valerie.lullien-pellerin@inra.fr)

Joel Abecassis (Filière céréalière)

[Joel.abecassis@supagro.inra.fr](mailto:Joel.abecassis@supagro.inra.fr)

**UMR 5096 LGDP Laboratoire génome et développement des plantes**

**CNRS, IRD, Université de Perpignan**

Organisation du génome et développement des plantes-micro-organismes

Martine Devic

[devic@univ-perp.fr](mailto:devic@univ-perp.fr)

**UMR 759 LEPSE Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux**

**INRA, Montpellier Sup Agro**

Réponses des plantes à la sécheresse et aux températures élevées et exploration de leur variabilité génétique

Pierre Martre

[Pierre.martre@inra.fr](mailto:Pierre.martre@inra.fr)

**UMR5004 BPMP Biochimie et Physiologie Moléculaire des Plantes**

**CNRS, INRA, SupAgro, Université Montpellier**

Mécanismes fondamentaux régissant la nutrition hydro-minérale des plantes et leurs réponses aux contraintes abiotiques de l'environnement

Stéphane Mari

[Stephane.mari@inra.fr](mailto:Stephane.mari@inra.fr)

**UMR 1095 GDEC Génétique, Diversité et Ecophysiologie des Céréales**

**Université Clermont Auvergne-INRA**

Génomique et génétique des céréales

Phénotypage des céréales au champ

Julie Boudet, Catherine Ravel

[Julie.boudet@uca.fr](mailto:Julie.boudet@uca.fr)

[catherine.ravel@inra.fr](mailto:catherine.ravel@inra.fr)

**UMR 0320/UMR 8120 Génétique végétale et génétique quantitative et évolution**

**INRA , Université Paris-Sud, IBP à Orsay**

Jean-Louis Prioul

[Jean-Louis.Prioul@u-psud.fr](mailto:Jean-Louis.Prioul@u-psud.fr)

**UMR 206 Chimie biologique**

Lipides de la graine

Thierry Chardot

[Thierry.chardot@inra.fr](mailto:Thierry.chardot@inra.fr)

**UMR102 LEG Génétique et écophysiologie des légumineuses**

**INRA Dijon**

Protéines des légumineuses, développement des graines

Judith Burstin

[judith.burstin@inra.fr](mailto:judith.burstin@inra.fr)

**GEVES, SNES, Station nationale d'essais de semences**

Plateforme de Phénotypage PHENOSEM et pathologie des semences

Valérie Grimault, Sylvie Ducournau

Marie-Hélène Wagner

[marie-helene.wagner@geves.fr](mailto:marie-helene.wagner@geves.fr)

**PRINCIPAUX LABORATOIRES OU ÉQUIPES DE RECHERCHE PUBLICS  
COMPÉTENTS EN AMÉLIORATION DES PLANTES**

**SFR 4207 QUASAV Qualité et santé du végétal** (INRA Angers, Agrocampus Ouest, Université d'Angers, ANSES, ESA, GEVES, Végépolys)

3 axes : gestion durable de la santé des plantes, biologie, qualité et santé des semences.

Une équipe sur les aspects sanitaires liés aux semences et une équipe sur la physiologie moléculaire des semences, germination et qualité de productions végétales spécialisées (dont amélioration des espèces fruitières à pépins et des plantes horticoles)

**UMR IGEPP Institut de génétique et environnement et protection des plantes**

(INRA, AGROCAMPUS OUEST, Université Rennes 1)

3 axes :

. Diversité et évolution des plantes et de leurs organismes associés

. Réponses des plantes et adaptation de leurs organismes associés aux stress biotiques et abiotiques

. Processus adaptatifs et évolutifs dans les agro-écosystèmes

**UMR AE agroécologie**

(INRA, AgroSup Dijon, Université de Bourgogne)

Pôle interactions plantes micro-organismes et pôle GEAPI avec une équipe écophysiologie des Légumineuses et une équipe espèces cibles protéagineux

**UMR AGAP Amélioration génétique et adaptation des plantes tropicales et méditerranéennes**

(INRA, Montpellier SupAgro, CIRAD, INRIA)

**UMR GDEC Génétique, diversité et écophysiologie des céréales**

(INRA, Université Clermont-Ferrand)

et son unité expérimentale PHACC Phénotypage au champ des céréales

**UR P3F Unité de recherche pluridisciplinaire Prairies et plantes fourragères**

INRA Lusignan

avec une équipe sur la microbiologie environnementale

**UMR Agronomie**

(INRA, AgroParis Tech)

**UR 0588 AGPF Amélioration, génétique et physiologie forestières**

INRA Centre Val de Loire

**UR 1052 GAFL Génétique et amélioration des fruits et légumes,**

INRA Avignon

in SFR TERSYS Valorisation de produits végétaux naturels - qualité et environnement (INRA, CNRS, Université d'Avignon)

**UR AgrolImpact**

INRA Hauts de France

**UR ATRO Agrosystèmes tropicaux**

INRA Antilles

**UMR BPMP Biochimie et physiologie moléculaire des plantes**

(CNRS, INRA, SupAgro, Université Montpellier)

**US EPGV Etude du polymorphisme des génomes végétaux**

(INRA, CEA, Evry)

**UMR 1287 EGFV Ecophysiologie et génomique fonctionnelle de la vigne** (INRA, Université de

Bordeaux, Bordeaux Sciences Agro)

Fonctionnement de la vigne greffée et déterminants de la qualité des baies de raisin dans un contexte de changements climatiques et agronomiques

**UMR PCV Laboratoire de physiologie cellulaire et végétale**

(CEA, CNRS, INRA, Université de Grenoble)

**UMR 5667 RDP Reproduction et développement des plantes**

(ENS Lyon, CNRS, INRA, Université de Lyon, INRIA)

Compréhension quantitative multi-échelle du développement et de l'évolution des structures reproductives des plantes

**UR GCO Ressources génétiques végétales en conditions océaniques**

INRA Rennes

**UMR SVQV Santé de la vigne et qualité du vin**

(INRA Colmar, Université de Strasbourg)

**UMR GQE génétique quantitative et évolution**

(INRA du Moulon, Université Paris Sud, CNRS, AgroParisTech)

**UMR LEPSE Laboratoire d'écophysiologie des plantes sous stress environnementaux**

(INRA, Montpellier SupAgro)

**UMR SADV Stress abiotiques et différenciation des végétaux cultivés**

(INRA, Université Lille 1)

**UMR IJPB Institut Jean-Pierre Bourgin**

(INRA Versailles, AgroParis Tech)

**UMR BFP Biologie du fruit et pathologie**

(INRA Bordeaux, Universités Bordeaux 1 et 2)

**UMR MIA Mathématiques et informatique appliquées**

(INRA, AgroParisTech)

**UMR AGIR Agrosystèmes, gestion des ressources, innovation et ruralités**

(INRA, ENSAT)

**UMR MIAT Unité de mathématiques et informatique appliquées de Toulouse**

(INRA, ENSAT)

**CNRGV Centre national de ressources génomiques végétales**

INRA

**UMR PCMP Physiologie cellulaire et moléculaire des plantes,**

Université Pierre et Marie Curie

**UMR GV Génétique végétale**

(INRA, Université Paris Sud, CNRS)

**UMR GBF Génomique et biotechnologie des fruits 990 (INRA, INPT-ENSAT)**

Contrôle multi-hormonal et épigénétique de formation, développement et maturation des fruits

**US EPGV Etude du polymorphisme des génomes végétaux,**

INRA Versailles-Grignon

**UMR BFP Biologie du fruit et pathologie**

(INRA, Université de Bordeaux)

**UMR GAEL Economie appliquée**

INRA ARA

**UMR LIPM Laboratoire des interactions plantes-micro-organismes**

(INRA Toulouse, CNRS)

**UMR IEES Institut d'écologie et des sciences de l'environnement**

(INRA Versailles, Université Pierre et Marie Curie, CNRS, IRD, Université Paris Est Créteil, ENS)

**Unité sous contrat AFP adaptation au froid du pois**

(INRA, Université Lille 1)

**UR URGI Génomique et bio-informatique**

INRA Versailles

**UMR 9213 IPS2 Institut des plantes de Paris Saclay**

(INRA Versailles, Université de Paris Sud, CNRS)

**UMR 040 LSTM laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes**

(IRD, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, université de Montpellier)

**UMR EVA Ecophysiologie végétale, agronomie et nutritons**

(INRA, Université Caen)

**UMR EcoSys Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes** (INRA, AgroParis Tech)

**UMR Agronomie 211**

(INRA, AgroParis Tech)

**UMR IRISA institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires**

(CNRS, Université Rennes 1, INSA, ENS Cachan)

**UR BIOGER Biologie, gestion des risques en agriculture,**

INRA Versailles

**UMR EcoSys Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes**

(INRA, AGRO PARIS TECH)

**UMR LIMOS, Laboratoire d'informatique, de modélisation et d'optimisation des systèmes**

(CNRS, Université de Clermont -Ferrand)

**UMR EMMAH, Environnement méditerranéen et modélisation des agro-hydrosystèmes,**

INRA PACA

**UMR SAD – APT Sciences action développement – activités produits territoires**

(INRA, AGRO PARIS TECH)

## Annexe 6 : Programme d'investissements d'avenir PIA 1 par espèces : programme « Biotechnologies et Bio-ressources » Les projets de génétique végétale par espèces

### AMAIZING

27,5 M€ dont 9 M€ PIA1

Soutien de la compétitivité des filières françaises de sélection et de production de maïs tout en répondant aux attentes d'une production durable et de qualité

<b>Description</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- création d'outils de méthodes et de matériel génétiques pour cartographier les déterminants des caractères d'intérêt agronomique et mener des études de l'adaptation du maïs aux stress abiotiques (eau, azote et froid)</li> <li>- évaluation des nouvelles méthodes de sélection pour l'obtention de variétés de maïs améliorées</li> </ul>
<b>Objectifs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- soutenir la compétitivité des filières de production et la valorisation du maïs en France</li> <li>-développer les connaissances, les méthodes de sélection et les pratiques agricoles nécessaires au développement de variétés à haut rendement et à valeur environnementale améliorée</li> <li>- comprendre les facteurs génétiques ou épigénétiques qui confèrent au maïs sa capacité d'adaptation à divers environnement et contraintes</li> <li>- identifier les loci/gènes candidats qui contrôlent rendement et stabilité en conditions de stress</li> <li>- développer des outils et méthodes innovants pour optimiser l'utilisation des ressources génétiques afin de créer de nouvelles variétés de maïs améliorées pour les caractères concernés</li> <li>- disposer d'une meilleure connaissance de l'organisation du génome et de ses mécanismes d'adaptation et de plasticité</li> <li>- réduire le temps entre la découverte d'un caractère et la commercialisation des variétés, sur des bases moléculaires</li> </ul>
<b>Résultats</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- caractérisation de la diversité du maïs européen comparé à des lignées américaines</li> <li>- création d'un système d'information dédié pour stockage et partage des données</li> <li>- création de lignées expérimentales originales</li> <li>- identification de 25 régions du génome pour la réponse au froid, la phénologie et l'efficacité d'utilisation de l'azote et de l'eau</li> <li>- développement d'un modèle de croissance de feuille</li> </ul>
<b>Partenaires académiques</b>	<p>UMR Génétique quantitative et évolution (GQE-INRA, Université Paris Sud, CNRS, AgroParisTech)</p> <p>UMR LEPSE Laboratoire d'écophysiologie des plantes sous stress environnementaux (INRA, Montpellier SupAgro)</p> <p>UMR AGAP Amélioration génétique et adaptation des plantes tropicales et méditerranéennes (INRA, Montpellier SupAgro, CIRAD,INRIA)</p> <p>UMR SADV Stress abiotiques et différenciation des végétaux cultivés (INRA, Université Lille1)</p> <p>Institut Jean-Pierre Bourgin IJPB (INRA, AgroParis Tech)</p> <p>UMR BFP Biologie du fruit et pathologie (INRA, Universités Bordeaux 1 et 2)</p> <p>UMR MIA Mathématiques et informatique appliquées (INRA, AGroParisTech)</p> <p>UMR LIPM Laboratoire des interactions plantes-micro-organismes, CNRS, INRA Toulouse)</p> <p>UR URGI Génomique et bio-informatique INRA Versailles</p> <p>US EPGV Etude du polymorphisme des génomes végétaux (INRA, CEA, Evry)</p> <p>UMR RDP Reproduction et développement des plantes (INRA, ENS Lyon, CNRS, Université Lyon 1)</p> <p>UMR GAEL Economie appliquée (INRA, CNRS, Université Grenoble Alpes, Grenoble INP)</p>
Privés (dont étrangers) et autres	BIOGEMMA, MAÏSADOUR, CAUSSADE, EURALIS, LIMAGRAIN, SYNGENTA, KWS, RAGT 2N ARVALIS Institut du Végétal, GEVES
<b>Commentaires</b>	Présence de SYNGENTA et KWS (étrangers), pas de volet formation



## AKER

### 18,5 M€ dont 5M€ PIA

Innover pour une filière betterave française durable : Réinvestir la diversité allélique de la betterave par le développement de nouveaux outils et de nouvelles stratégies de sélection

<b>Description</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Programme de génétique de la betterave par constitution d'une collection de gènes en provenance de ressources du monde entier</li><li>-Valorisation du matériel génétique obtenu en le croisant avec du matériel élite de manière à produire de nouvelles variétés à haut potentiel- Utilisation d'équipements de génotypage de haut débit, de nouvelles méthodes de phénotypage, avec les supports statistiques et informatiques adéquats pour un réel saut méthodologique en réduisant le temps de création variétale</li></ul>
<b>Objectifs</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- augmenter la compétitivité de la betterave par rapport à la canne à sucre</li><li>- doubler le rythme de croissance annuelle du rendement de la betterave</li><li>- caractériser la qualité des semences en vue de prédire le comportement des variétés au champ, puis d'automatiser leur acquisition de données à haut débit afin de phénotyper 3000 génotypes</li><li>- rechercher de la variabilité utile en allant chercher une diversité génétique dans des populations sauvages</li><li>- analyser et mieux appréhender la variabilité observée et surtout sa dynamique</li><li>- former des ressources humaines adaptées aux nouvelles avancées de la bio-informatique et à l'intégration des outils de la génomique</li></ul>
<b>Résultats</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- outils de phénotypage au champ mis au point et premiers essais en 2018 sur 63 000 parcelles</li><li>- mise au point d'un protocole de phénotypage des semences</li><li>- capitalisation sur les compétences : tous les chercheurs en CDD ont été recrutés chez Florimond Desprez</li><li>- amélioration de la compétitivité de la filière betterave qui donne un sucre à meilleur bilan carbone que la canne à sucre</li><li>- sélection parmi 10 000 plantes issues des banques de gènes mondiales de 15 plantes de référence couvrant à elles seules la totalité de la variabilité allélique du genre Beta, complémentaire à celle déjà utilisée</li></ul>
<b>Partenaires Académiques</b>	INRA, Direction scientifique UMR LIPM Laboratoire des interactions plantes-micro-organismes,CNRS, INRA (Toulouse) UR URGI génomique et bio-informatique, INRA Versailles INRA IRHS Institut de recherches en horticulture et semences, équipe PMS physiologie moléculaire des semences et germination, Angers Université d'Angers, LARIS IRSTEA - ITAP - Imagerie phénotypage racine et plante entière GEVES - Phénotypage semences et germination Agrocampus Ouest - Enseignement et pédagogie Université de Lille - Enseignement et pédagogie
<b>Privés et autres</b>	Florimond Desprez, ITB
<b>Commentaires</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Seul projet ne comportant qu'un seul semencier, leader français sur la betterave, face à des concurrents étrangers</li><li>- Comité scientifique du projet présidé par un généticien américain</li><li>- Important volet formation</li></ul>

## SUNRISE

21,7 M€ dont 7 M€ PIA1

Améliorer la production d'huile issue de la culture d'hybrides de tournesol en conditions de disponibilité réduite en eau

<b>Description</b>	3 axes scientifiques : <ul style="list-style-type: none"><li>- caractériser le génome du tournesol afin de pouvoir identifier les gènes d'intérêt et comprendre les mécanismes moléculaires qui permettent à la plante de résister à la sécheresse</li><li>- modéliser les caractéristiques agronomiques des futures variétés pour prédire leur comportement dans différents scénarios climatiques</li><li>- évaluer les impacts socio-économiques associés à la diffusion des innovations SUNRISE pour la sélection des hybrides du tournesol</li></ul>
<b>Objectifs</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- améliorer la production d'huile dans des conditions adaptées aux changements climatiques et respectueuses de l'environnement</li><li>- comprendre les bases génétiques et moléculaires contrôlant la physiologie et le développement de la plante pour :<ul style="list-style-type: none"><li>- prédire les caractéristiques des hybrides et leur comportement selon des scénarios climatiques</li><li>- stimuler le progrès génétique par le déploiement d'une approche de prédiction génomique en déterminant l'idéotype génotypique à partir de la caractérisation conjointe du polymorphisme des ressources génétiques impliquées et de leurs réponses phénotypiques à l'environnement de culture</li></ul></li></ul>
<b>Résultats</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- le génome de référence du tournesol décrypté</li><li>- l'identification de gènes conférant potentiellement une tolérance à la sécheresse et de nouveaux outils de génotypage et phénotypage développés</li><li>- une meilleure compréhension des mécanismes de la germination : rôle du stress oxydant</li><li>- l'identification de marqueurs biochimiques et moléculaires de tolérance au stress, au stade de la germination qui seront facilement mesurables par les semenciers et utilisés comme marqueurs de sélection de la qualité physiologique des semences</li><li>- La France est devenue leader mondial de la recherche sur le tournesol</li></ul>
<b>Partenaires Académiques</b>	UMR LIPM Laboratoire des interactions plantes-micro-organismes (CNRS, INRA Toulouse) UMR AGIR Agrosystèmes, gestion des ressources, innovation et ruralités (INRA, ENSAT) UMR MIAT Unité de mathématiques et informatique appliquées de Toulouse (INRA, ENSAT) CNRGV Centre national de ressources génomiques végétales, INRA Toulouse EPGV Etude du polymorphisme des génomes végétaux, INRA UMR PCMP Physiologie cellulaire et moléculaire des plantes, Université Pierre et Marie Curie UMR GV Génétique végétale (INRA, Université Paris Sud, CNRS) LEREPS Laboratoire d'étude et de recherche sur l'économie, les politiques et les systèmes sociaux, Université Toulouse UMR BFP Biologie du fruit et pathologie (INRA, Université de Bordeaux)
Privés dont étrangers	BIOGEMMA, MAÏSADOUR, EURALIS, CAUSSADE, LIMAGRAIN, SYNGENTA, RAGT 2N
Autres	Terres Inovia
<b>Commentaires</b>	Fin en 2020 pas de volet formation des difficultés de transfert car IT ayant une culture d'agronomes mais pas de généticiens

## BREEDWHEAT

34 M€ dont 9 M€ PIA

Soutenir la compétitivité des filières françaises de sélection et de production du blé en répondant aux enjeux de société pour une production durable et de qualité

<b>Description</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- mise en œuvre de nouvelles technologies de génotypage et phénotypage à haut débit et modélisation pour identifier de nouvelles régions associées aux caractères cibles que sont l'efficacité d'utilisation de l'azote et de l'eau, la tolérance à la septoriose et la résistance à la chaleur et la sécheresse, par génétique d'association</li><li>- conduite d'un programme d'amélioration en propre sur le blé</li><li>- création d'une base de données pour de nouveaux outils d'analyse sur un portail dédié aux sélectionneurs</li></ul>
<b>Objectifs</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- décrypter le génome du chromosome 1B</li><li>- développer des approches combinées pour déchiffrer les bases éco-physiologiques, génétiques et moléculaires des facteurs clés du rendement, de la tolérance aux stress biotiques et abiotiques et de la composition du grain en protéines</li><li>- caractériser et exploiter la diversité génétique avec de nouvelles sources pour l'élargir en vue de la sélection</li><li>- établir un référentiel centralisé des données générées avec une interface utilisateur</li></ul>
<b>Résultats</b>	<p>A mi parcours :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- plus de 2 milliards de données de génotypage</li><li>- production de la séquence du chromosome 1B pour contribuer au séquençage mondial du génome complet du blé dans le cadre de l'International Wheat Genome Sequencing Consortium (IWGSC)</li><li>- caractérisation de la diversité de 4 600 accessions mondiales du blé et 9 populations recombinantes sont en cours de développement dans le but d'introduire de la diversité dans le matériel élite des semenciers français</li><li>- phénotypage de 70 000 parcelles expérimentales</li><li>- conception d'une puce de génotypage de plus de 420000 marqueurs SNP</li><li>- construction d'une carte génétique de plus de 307 000 SNP</li><li>- conception d'une chaîne d'analyse pour prédire avec précision les valeurs de sélection</li><li>- définition d'idéotypes</li><li>- élaboration d'un modèle écophysologique carbone -azote capable de simuler la période post floraison du blé</li><li>- identification de plusieurs protéines impliquées dans la régulation de la synthèse de protéines de réserve du grain</li></ul>
<b>Partenaires académiques</b>	<p>UMR GDEC Génétique, diversité et écophysologie des céréales (INRA, Université Clermont-Ferrand)</p> <p>UMR BIA Biopolymères, interactions, assemblages, INRA Nantes</p> <p>US EPGV Etude du polymorphisme des génomes végétaux, INRA</p> <p>CNRGV Centre national de ressources génomiques végétales, INRA Toulouse</p> <p>UMR GQE Génétique quantitative et évolution (INRA, Université Paris Sud, CNRS, AgroParisTech)</p> <p>UR URGI Génomique et bio-informatique, INRA Versailles</p> <p>UR BIOGER Biologie, gestion des risques en agriculture, INRA Versailles</p> <p>UMR GAEL Economie appliquée (INRA, CNRS, Université Grenoble Alpes, Grenoble INP)</p> <p>UMR BFP Biologie du fruit et pathologie (INRA, Université de Bordeaux)</p> <p>UMR EcoSys Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes (INRA, AgroParis Tech)</p> <p>LIMOS UMR UCA, Laboratoire d'informatique, de modélisation et d'optimisation des systèmes (CNRS, Université de Clermont -Ferrand)</p> <p>UMR EMMAH Environnement méditerranéen et modélisation des agro-hydrosystèmes, INRA PACA</p> <p>UMR Agronomie (INRA, AgroParisTech)</p> <p>UMR SAD – APT Sciences action développement – activités produits territoires (INRA,</p>

	AgroParis Tech) GEVES
Privés dont étrangers	AGRI-OBTENTIONS, BIOGEMMA, FLORIMOND DESPREZ, CAUSSADE, LIMAGRAIN, KWS MOMONT, SECOBRA, SYNGENTA, BAYER, RAGT 2N
Autres	Arvalis Institut du Végétal INRA Transfert Céréales Vallée
Commentaires	- dimension formation peu importante - grands groupes étrangers présents uniquement pour observer la concurrence

## PEAMUST

18 M€ dont 5,5 M€ PIA 1

Adaptation MUlti-STress et régulations biologiques pour l'amélioration du rendement et de la stabilité du pois protéagineux

<b>Description</b>	Utilisation des technologies de séquençage, de génotypage et de phénotypage à haut débit, pour résoudre les problèmes posés par les stress multiples qui pénalisent le rendement de la culture en pois et à un moindre degré de la féverole
<b>Objectifs</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- développer de nouvelles variétés de pois et optimiser leurs interactions symbiotiques pour stabiliser le rendement et la qualité des graines, dans le contexte du changement climatique et de la réduction du recours aux pesticides</li><li>- apporter des solutions innovantes en matière de sélection génomique sur le pois</li><li>- fournir de nouveaux outils et des résultats novateurs, comme le clonage de gènes de résistance et une meilleure compréhension :<ul style="list-style-type: none"><li>de l'impact sur la tolérance aux stress,</li><li>des interactions entre architecture de la plante et organismes symbiotiques associés,</li><li>et de l'identification des régions du génome impliquées dans la stabilité du rendement</li></ul></li></ul>
<b>Résultats</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- données génomiques importantes multi-caractères sur le pois s'appuyant sur un système international très collaboratif</li><li>- résultats ayant vocation à servir aussi les approches sur féveroles et lentilles</li><li>- coordination du projet séquençage international du pois par la coordinatrice PEAMUST</li></ul>
<b>Partenaires académiques</b>	UMR AE Agroécologie, pôle GEAPSI (INRA, AgroSup Dijon, Université de Bourgogne) UMR Agronomie (INRA, AgroParis Tech) UMR IGEPP Institut de génétique et environnement et protection des plantes (INRA, AGROCAMPUS OUEST, Université Rennes 1) UMR GAEL Economie appliquée (INRA, CNRS, Université Grenoble Alpes, Grenoble INP) UMR IJPB institut Jean Pierre Bourguin (INRA, AGroParis Tech) UMR LIPM Laboratoire des interactions plantes-micro-organismes, (INRA Toulouse, CNRS) UMR IEES Institut d'écologie et des sciences de l'environnement (INRA Versailles, Université Pierre et Marie Curie, CNRS, IRD, Université Paris Est Créteil, ENS) Unité sous contrat AFP adaptation au froid du pois (INRA, Université Lille 1) UR URGI Génomique et bio-informatique, INRA Versailles UMR IPS2 Institut des sciences des plantes (INRA Versailles, Université de Paris Sud, CNRS) Université de Picardie – BIOPI UMR LSTM laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes (IRD, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, université de Montpellier) GEVES
Privés dont étrangers	Agri Obtentions, Biogemma, SATT Grand Est, Limagrain, KWS Momont, Novozymes, RAGT 2n, Roquette, Unisigma, Cosucra, Florimond Desprez
Autres	Terres Inovia et Terres Univia
Labellisation	Vitagora
<b>Commentaires</b>	Évolution des attentes variétales pour un débouché en alimentation humaine, marché potentiel fort y compris en bio

**RAPSODYN****20,3 M€** dont 6 M€ PIA1

Optimiser la teneur et le rendement en huile chez le colza cultivé sous contrainte azotée

<b>Description</b>	accélération de la sélection de variétés adaptées, grâce à des approches de génétique et génomique pour apporter la bonne dose d'azote, au bon moment, sur la bonne variété cultivée dans un environnement donné
<b>Objectifs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- soutenir la compétitivité à long terme du secteur français de la sélection et la production de colza via l'amélioration du rendement en huile des variétés et la réduction des intrants azotés pendant le cycle de culture</li> <li>- diminuer le temps entre la caractérisation et la preuve de concept</li> <li>- répondre à la demande sociétale pour la durabilité et la qualité des produits en développant des innovations dans les méthodes de sélection pour la production des variétés à hauts rendements et mieux adaptées à leur environnement</li> <li>- identifier les gènes impliqués dans le rendement, la teneur en huile, et l'efficacité d'utilisation de l'azote</li> <li>- briser les barrières qui ont pu interférer par le passé dans l'application et l'utilisation des connaissances et des ressources génétiques en sélection, explorer la diversité génétique de ces dernières</li> <li>- obtenir une meilleure compréhension de l'organisation du génome, du fonctionnement de la plante, des mécanismes d'adaptation aux contraintes abiotiques et de la plasticité du génome</li> <li>- créer des variétés performantes</li> </ul>
<b>Résultats</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- découverte de 104 QTL relatifs à la période de floraison et aux composantes du rendement</li> <li>- déploiement d'un système d'information dédié pour intégration et partage des données générées avec une approche innovante pour la détection de SNP sans génome de référence</li> <li>- cartographie d'un génome de référence</li> </ul>
<b>Partenaires académiques</b>	<p>UMR IGEPP Institut de génétique et environnement et protection des plantes (INRA, Agrocampus Ouest, Université Rennes 1)</p> <p>UMR EVA Ecophysiologie végétale, agronomie et nutrition (INRA, Université Caen)</p> <p>UMR EcoSys Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes (INRA, AgroParis Tech)</p> <p>UMR Agronomie (INRA, AgroParis Tech)</p> <p>UMR IJPB Institut Jean Pierre Bourguin (INRA, AgroParis Tech)</p> <p>UMR GAEL Economie appliquée (INRA, CNRS, Université Grenoble Alpes, Grenoble INP)</p> <p>UR URGI Génomique et bio-informatique, INRA Versailles</p> <p>UMR IRISA institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires (CNRS, Université Rennes 1, INSA, ENS Cachan)</p> <p>UR TERE Technologies de équipements agro-alimentaires (IRSTEA)</p>
Privés dont étrangers	BIOGEMMA, MAÏSADOUR, EURALIS, LIMAGRAIN, SYNGENTA, RAGT 2N
Autres	Terres Inovia
Commentaires	Un Comité Consultatif Scientifique (SAB) externe, principalement européen, plus un canadien

## Annexe 7 : Programme d'investissements d'avenir PIA1

### Les projets transversaux

#### PHENOME

24 M€ dont 6M€ PIA1

Préparer les plantes à faire face au changement climatique, par le développement d'outils de phénotypage

<b>Description</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infrastructures de phénotypage haut-débit pour équiper la communauté végétale française avec un réseau de plate-formes destinées à caractériser des collections de génotypes de différentes espèces pour leur réponse à divers scénarios environnementaux associés au changement climatique</li> <li>- Recours à France Grid et Institut français de bio-informatique (INBS) pour les aspects de sécurité des données</li> </ul>
<b>Objectifs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- construire des plates-formes fortement instrumentées sur 7 sites de France, répondant aux besoins des principales espèces agronomiques et permettant de tester les contraintes environnementales majeures</li> <li>- développer de nouveaux capteurs, méthodes d'analyse statistiques et bases de données compatibles avec les milliards de données qui seront générées</li> <li>- diffuser ces nouvelles techniques et méthodes vers la communauté française de phénotypage (semenciers, recherche publique, instituts techniques)</li> <li>- faciliter l'émergence de PME françaises impliquées dans le développement de méthodes de phénotypage</li> </ul>
<b>Partenaires académiques</b>	<p>UMR LEPSE Laboratoire d'écophysiologie des plantes sous stress environnementaux (INRA, Montpellier SupAgro)</p> <p>UMR AE Agroécologie (INRA, AgroSup Dijon, Université de Bourgogne)</p> <p>UMR GDEC Génétique, diversité et écophysiologie des céréales (INRA, Université Clermont-Ferrand)</p> <p>UMR AGAP Amélioration génétique et adaptation des plantes méditerranéennes et tropicales (INRA, Montpellier SupAgro, CIRAD)</p> <p>UMR AGIR Agrosystèmes, gestion des ressources, innovation et ruralités (INRA, ENSAT)</p> <p>UMR BFP Biologie du fruit et pathologie (INRA, Université de Bordeaux)</p> <p>UMR BIA Biopolymères, interactions, assemblages, INRA Nantes</p> <p>UMR EMMAH Environnement méditerranéen et modélisation des agro-hydrosystèmes, INRA PACA</p> <p>UR URGI Génomique et bio-informatique, INRA Versailles</p> <p>UMR MISTEA Mathématiques, informatique, statistique pour l'environnement et l'agronomie, (INRA, Montpellier SupAgro, INRIA)</p>
<b>Instituts techniques</b>	Arvalis Institut du Végétal et Terres Inovia
<b>Labellisation</b>	labellisation par les pôles de compétitivité Céréales Vallée, Végépolys, Vitagora et Qualiméditerranée et par le GIS Biotechnologies Vertes
<b>Résultats</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Outils : serres ou au champ ou sur plate formes instrumentées ou phénotypage mobile avec mesures environnementales trans échelles et réseau de parcelles dans toute l'Europe</li> <li>- Grâce à PHENOME la France se trouve en position de co-leadership au plan européen sur : <ul style="list-style-type: none"> <li>EMPHASIS (European Infrastructure for Multi-Scale Plant Phenotyping and Simulation for Food Security in a Changing climate) avec la France en charge du WP sur les e-infrastructures et l'Allemagne de la coordination globale</li> <li>EPPN 2020 (European Plant Phenotyping Network) qui met à disposition de la recherche des infrastructures des phénotypage dans toute l'Europe avec une coordination par le coordinateur de PHENOME</li> </ul> </li> </ul>

	- Emergence de PME françaises compétentes capables d'exporter
<b>Commentaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prolongation jusqu'en 2024</li> <li>- l'approche PHENOME a résisté au tout biologie moléculaire américain en se concentrant sur la physiologie végétale</li> <li>- PHENOME est devenu EMPHASIS France avec son élargissement à d'autres acteurs</li> <li>- la France est devenue co-leader au plan européen avec l'Allemagne (plate-forme de Jülich et université de Bonn sur semences)</li> <li>- volume de données en pétabits et sur principe de fiabilité, accessibilité, interopérabilité et réutilisation possible (FAIR) impliquant le recours à l'intelligence artificielle</li> <li>- fort enjeu sur le devenir des données et les projets méthodologiques à construire</li> <li>- coût élevé du maintien des infrastructures et de la manipulation (80 000 € par manipulation)</li> <li>- risque d'obsolescence, jouvences non prévues dans le projet actuel sauf sur 2 sites</li> <li>- il existe une menace sur la pérennité des outils mis en place si, suite à l'arrêt des projets PIA1 par espèces, les utilisateurs actuels ne consomment plus de données</li> </ul>

## GENIUS

21,3 M€ dont 6M€ PIA1

Genome **EN**gineering Improvement for Useful plants of a Sustainable agriculture

Vers des modifications précises et efficaces du génome des végétaux

<b>Description</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ingénierie cellulaire : amélioration et innovations technologiques pour les plantes d'une agriculture durable</li> <li>- développement de nouveaux outils dans le domaine des biotechnologies à des fins de recherche et d'amélioration du blé, du maïs, du riz, du colza, de la tomate, de la pomme de terre, du peuplier, du pommier et du rosier ainsi que de 2 plantes modèles Arabidopsis et Brachypodium par : <ul style="list-style-type: none"> <li>insertion précise de gènes,</li> <li>modification et remplacement de gènes,</li> <li>transfert facilité de gènes, sans introduction d'ADN ailleurs dans le génome</li> </ul> </li> <li>- étude des impacts socio-économiques</li> </ul>
<b>Objectifs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- production de connaissances et de matériel biologique pour des modifications précises du génome, à destination de chercheurs français et des semenciers</li> <li>- édition de génome (mutagénèse induite)</li> <li>- preuves de concept concernant la résistance aux maladies et au sel, l'architecture des plantes et les traits de qualité</li> </ul>
<b>Partenaires académiques et privés</b>	<p>UMR RDP Reproduction et développement des plantes, (INRA, ENS Lyon)</p> <p>UMR GAEL Economie appliquée (INRA, CNRS, Université Grenoble Alpes, Grenoble INP)</p> <p>UR GAFL Génétique et amélioration des fruits et légumes, INRA avignon</p> <p>UMR AGAP amélioration génétique et adaptation des plantes tropicales et méditerranéennes (INRA, Montpellier SupAgro, CIRAD, INRIA)</p> <p>UMR IGEPP Institut de génétique, environnement et protection des plantes (INRA, Agrocampus Ouest, Université Rennes 1)</p> <p>SFR QUASAV Qualité et santé du végétal (INRA, Agrocampus Ouest, Universités d'Angers et de Nantes, ANSES, ESA)</p> <p>UMR Institut Jean-Pierre Bourgin IJPB (INRA, AgroParisTech)</p> <p>UR AGPF Amélioration, génétique et physiologie forestières, INRA Orléans</p> <p>UMR GDEC Génétique, diversité et écophysiologie des céréales (INRA, Université Clermont-Ferrand, Université Jean Moulin, Lyon 3)</p>



	Germicopa, Biogemma, Vilmorin, Georges Delbard, Celectis
<b>Résultats</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bien au delà des espérance du projet initial grâce aux progrès sur les matériels séquenceurs de 3<sup>e</sup> génération beaucoup plus rapides et grâce à la technologie CRISPR</li> <li>- Pour la majorité des plantes étudiées, les plantes transgéniques ont d'ores et déjà été obtenues</li> </ul>
<b>Commentaires</b>	<p>Une très forte dynamique d'évolution à laquelle le projet a dû s'adapter :</p> <p>Initié en 2012 sur la base de l'outil TALEN (Institut Pasteur) pour modifier le génome, le projet s'est rapidement tourné exclusivement vers l'outil CRISPR ( licence de DuPont - Pioneer) car il modifie plus précisément les séquences d'ADN et est 3 fois plus rapide</p> <p>-Projet 100 % confiné</p>

## Annexe 8 : Projets du Fonds unique interministériel depuis 2005 portant sur les semences et l'amélioration des plantes

POLE DE COMPÉTITIVITÉ LABELLISATEUR	PROJET
<b>Qualimed</b>	Génotypes et adaptation régionale des itinéraires techniques du blé dur aux contraintes climatiques
<b>Vitagora</b>	Nouveaux plants de vigne assainis, moins sensibles aux pathogènes et améliorant la qualité des vins
	Développement des légumineuses (pois, féveroles, lentilles, lupins), sélection variétale, procédés de transformation, qualités organoleptiques et nutritionnelles renforcées, produits de seconde transformation
<b>Terralia</b>	Approches biotechnologiques pour sur-exprimer les réserves aromatiques des fruits et développer des produits alimentaires « Clean Label » et des arômes naturels à haute valeur ajoutée
<b>Végépolys</b>	Amélioration variétale de fruits à pépins
	Création de variétés de carottes résistantes au champignon <i>Alternaria dauci</i>
	« Breeding, Research and Innovation on Ornamentals » : mise au point d'un outil innovant d'aide à la décision et intégration dans la stratégie de création variétales d'entreprises de la filière ornementale
	Développement d'une alternative naturelle pour la protection des semences, des plantes et contre les insectes domestiques, à partir d'extraits de plantes à parfums aromatiques et médicinales
	Optimisation de l'implantation des semis de blé et de maïs par la recherche et développement de solutions alternatives applicables aux semences
<b>Céréales Vallée</b>	Recherche des mécanismes génétiques déterminant la qualité du blé tendre
	Utilisation de nouveaux outils en création variétale pour créer de nouvelles variétés de blé prenant en compte l'évolution économique et l'environnement pédo-climatique
	Développement d'une variété de blé plus riche en fibres et en nutriments pour une meilleure santé, des outils d'aide à la sélection naturelle des grains de blé, des progrès agronomiques liés à la moindre consommation d'engrais
<b>Agri Sud-Ouest Innovation</b>	Nouvelles ressources technologiques pour l'amélioration variétale du tournesol
	Développement de variétés fourragères nouvelles, adaptées aux besoins de l'élevage en zones difficiles et aux conséquences du changement climatique

	Prédiction de la valeur génétiques des variétés hybrides de maïs, à partir de génotypes de leurs lignées parentales
	Programme d'amélioration agronomique du maïs : sélection et adaptation des variétés, nouveaux itinéraires culturaux, mycorhization, enrobage de semences
<b>Valorial, Xylofutur, IAR</b>	Aucun

## Annexe 9 : classement 2017 des entreprises semencières mondiales par montant des ventes

**ATTENTION : ce classement ne prend pas en compte les effets de la fusion Bayer-Monsanto, et notamment l'acquisition par BASF de l'activité semencière de Bayer.**

### Sales of Top 20 Global Seed Companies in 2017\*



	Company (Country)	2017 Sales (US\$ m)	2016 Sales (US\$ m)	Change %
1	Monsanto (US)	10,913	9,988	9.26%
2	Corteva Agriscience (DowDuPont) (US)	8,143 <sup>1</sup>	8,188 <sup>2</sup>	-0.55%
3	Syngenta (ChemChina) (China)	2,826	2,657	6.36%
4	Limagrain (France)	1,900	1,746	8.82%
5	Bayer (Germany)	1,805	1,427	26.49%
6	KWS (Germany)	1,596	1,506	5.98%
7	Sakata Seed (Japan)	558	529	5.48%
8	DLF (Denmark)	542	533	1.69%
9	Long Ping High-Tech (China)	492	331	48.64%
10	Rijk Zwaan (Nederland)	480	431	11.37%
11	Takii Seed (Japan)	459	480	-4.38%
12	Barenbrug (Nederland)	291	258	12.8%
13	Enza Zaden (Nederland)	NA <sup>3</sup>	281 <sup>4</sup>	NA
14	Bejo Zaden (Nederland)	NA <sup>3</sup>	270 <sup>4</sup>	NA
15	Florimond Desprez (France)	NA <sup>3</sup>	255	NA
16	RAGT Semences (France)	238	239	-0.42%
17	Advanta Seeds (UPL) (India)	231	234	-1.28%
18	Beidahuang Kenfeng Seed (China)	220	244	-9.8%
19	Euralis Semences (France)	NA <sup>3</sup>	192	NA
20	InVivo (France)	189	178	6.18%

Source : agropages.com

