



Races animales françaises menacées d'abandon pour l'agriculture



Rapport méthodologique

Novembre 2014

*document ayant été présenté le 14 avril 2015
à la Commission Nationale d'Amélioration Génétique*

Sommaire

	Page
RESPONSABILITE DE L'ETUDE ET POTENTIELS CONFLITS D'INTERETS	5
I. ENJEUX, OBJECTIFS ET CHAMP DE L'ETUDE	7
A / Contexte et enjeux	7
B / Objectifs	7
C / Espèces et territoires concernés	8
II. ETABLISSEMENT DES LISTES DE RACES LOCALES	9
A / Définition et approche générale	9
B / Analyse des différentes situations rencontrées	9
C / Bilan	11
III. METHODE D'EVALUATION DU DEGRE DE MENACE	13
A / Une approche multi-indicateurs	13
B / Propriétés recherchées des indicateurs	13
C / Les indicateurs retenus	14
D / Règles pour désigner les races menacées d'abandon	16
E / Règles pour autoriser le recours au croisement	19
IV. PRESENTATION DETAILLEE DES INDICATEURS RETENUS	21
A / Le nombre de femelles reproductrices	21
B / L'évolution récente du nombre de femelles reproductrices	23
C / La proportion de femelles ne se reproduisant pas en race pure	24
D / La taille efficace de la population	25
E / Les deux indicateurs de nature socio-économique	29
REFERENCES	31

Responsabilité de l'étude et potentiels conflits d'intérêts

L'étude dont il est rendu compte dans le présent rapport visait à établir une liste de races considérées comme menacées d'abandon pour l'agriculture et, à ce titre, éligibles aux dispositifs de soutien financier mis en place au sein de l'Union Européenne.

Cette étude, commanditée par le Ministère chargé de l'Agriculture, a été confiée à l'INRA, en tant qu'organisme scientifique reconnu. Outre des chercheurs et ingénieurs de cet institut, elle a mobilisé des ingénieurs d'instituts techniques nationaux ou de fédérations d'organismes gestionnaires de races (voir ci-dessous). Le motif de cette collaboration était double :

- D'une part, il est tout de suite apparu qu'il était indispensable d'associer des personnes connaissant de très près les enjeux et les conditions pratiques de la gestion des races au sein d'un groupe d'espèces donné, afin d'éviter qu'il n'y ait une trop grande décalage entre les recommandations de l'étude et la réalité.
- D'autre part, certaines données nécessaires à la réalisation de cette étude sont des données privées et il n'est pas possible de récupérer et d'utiliser ces données sans associer les organismes correspondants. A titre d'exemple, on peut citer le cas des petits ruminants, pour lesquels seuls les Organismes de Sélection sont détenteurs de l'information relative aux effectifs totaux de femelles reproductrices, ou le cas des volailles, pour lesquelles les données zootechniques sont détenues par des associations et/ou un organisme fédératif.

La participation de représentants d'organismes gestionnaires de races à une telle étude soulève immédiatement une question de potentiels conflits d'intérêt. Afin de gérer dans de bonnes conditions une telle situation, les dispositions suivantes ont été adoptées :

- Chaque contributeur s'est engagé oralement à contribuer à cette étude en tant qu'expert *Intuitu personæ*.
- Au démarrage de chaque séance de travail collectif, le coordonnateur a rappelé cette première disposition.
- En cas de divergence de vues quant à certains choix (de méthode, de critère, ...), c'est l'INRA qui a tranché.
- Au final, c'est l'INRA qui signe le rapport d'étude, en assume les conclusions et les porte devant les instances concernées.

Ont contribué à cette étude :

Annick Audiot ⁽⁴⁾, *Christine Bertrand* ⁽¹⁾, *Hervé Chapuis* ⁽⁵⁾, *Eléonore Charvolin* ⁽³⁾, *Coralie Danchin-Burge* ⁽⁶⁾, *Sophie Danvy* ⁽⁷⁾, *Jean-Luc Gourdine* ⁽¹⁾, *Pauline Gaultier* ⁽⁵⁾, *Daniel Guémené* ⁽⁵⁾, *Denis Laloë* ⁽¹⁾, *Herveline Lenoir* ⁽⁸⁾, *Grégoire Leroy* ⁽²⁾, *Michel Naves* ⁽¹⁾, *Stéphane Patin* ⁽⁹⁾, *Margot Sabbagh* ⁽⁷⁾, *Etienne Verrier* ⁽²⁾ (coordonnateur).

⁽¹⁾ INRA, département de Génétique Animale (GA) ; ⁽²⁾ AgroParisTech/INRA-GA ; ⁽³⁾ INRA-GA/Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB) ; ⁽⁴⁾ INRA, département Sciences pour l'Action et le Développement (SAD) ; ⁽⁵⁾ Syndicat des Sélectionneurs Avicoles et Aquacoles Français (SYSAAF) ; ⁽⁶⁾ Institut de l'Élevage ; ⁽⁷⁾ Institut Français du Cheval et de l'Équitation (IFCE) ; ⁽⁸⁾ Institut du Porc (IFIP) ; ⁽⁹⁾ Races de France.

I. Enjeux, objectifs et champ de l'étude

A / CONTEXTE ET ENJEUX

En application du règlement de développement rural (RDR2), les Etats membres de l'Union Européenne peuvent apporter une aide financière directe aux éleveurs des **racés animales locales menacées d'abandon pour l'agriculture** (*local breeds in danger of being lost to farming*), grâce à la mise en œuvre d'une Mesure Agro-Environnementale (MAE) appelée 'Protection des Races Menacées' (PRM). Dans la version actuelle du RDR2, l'éligibilité à cette MAE est simplement fondée sur le nombre de femelles reproductrices de chaque race, l'effectif de ces femelles devant être établi à l'échelle des pays de l'Union Européenne, le seuil d'éligibilité variant d'une espèce à l'autre.

Dans le cadre des travaux relatifs à la mise en œuvre du prochain règlement de développement rural (RDR3) pour la période 2014-2020, la Commission Européenne a fixé de nouveaux critères d'éligibilité des races locales menacées, dont les éleveurs sont susceptibles de bénéficier d'une aide au titre de la biodiversité des animaux d'élevage. Ces nouveaux critères sont les suivants :

- L'effectif national des femelles reproductrices de la race doit être connu.
- L'effectif ainsi que l'état de danger dans lequel se trouve la race concernée doivent être certifiés par un organisme scientifique reconnu.
- Un organisme technique reconnu doit enregistrer et tenir à jour le livre généalogique.
- La preuve doit être apportée que cet organisme technique possède les compétences et les connaissances nécessaires pour identifier les animaux des races menacées.

C'est pour la certification des effectifs et de l'état de danger que l'étude est envisagée. L'octroi d'une prime au titre de la PRM est en effet de nature 'tout ou rien' : selon que la race est éligible ou non, ses éleveurs bénéficient ou pas de la prime. Un enjeu majeur est alors de fournir des critères d'éligibilité transparents, équitables et fondés sur des informations vérifiables.

B / OBJECTIFS

L'objectif de l'étude est double : (1) définir des critères d'état de danger et (2) définir les critères permettant de justifier un éventuel recours au croisement. Dans les deux cas, outre la définition des critères, des listes de races concernées sont attendues.

1) Définition des critères d'état de danger

L'arrêté ministériel du 26 juillet 2007 (NOR : AGRP0761512A) définit avec des critères très précis les notions de 'race locale' (article 3) et de 'race à petits effectifs' (article 4). La liste des races locales et des races à petits effectifs est fournie en annexe de cet arrêté pour les espèces bovine, ovine, caprine et porcine.

La notion de 'race menacée' (article 5) est conditionnée à (i) des effectifs insuffisants, (ii) un programme de gestion mettant en péril la diversité génétique ou (iii) un cas de force majeure mettant en péril la gestion zootechnique de la race. Pour chacune de ces trois

conditions, le texte de l'article fait référence à une évaluation 'au moyen d'indicateurs dont les valeurs sont issues des systèmes nationaux d'information génétique', sans plus de précision. L'arrêté ne fournit pas de liste de races concernées.

Le principe de la PRM est issu d'un rapport commandité par la Commission Européenne à l'Institut de l'Élevage et auquel le coordonnateur de la présente étude avait contribué (Avon *et al.*, 1992). Le contenu de l'arrêté du 26 juillet 2007 avait été préparé dans le cadre d'une étude confiée au Bureau des Ressources Génétiques (BRG), plusieurs membres de l'équipe rassemblée pour la présente étude ayant fait partie du groupe de travail constitué à cet effet. Dans les deux cas, la difficulté de définir précisément la notion de 'race menacée' avait été soulignée et plusieurs pistes avaient été avancées sans avoir été explorées de façon approfondie.

Il est donc nécessaire de remettre l'ouvrage sur le métier, en tenant compte des avancées récentes en matière d'outils et de méthodes et en tirant parti de réflexions menées dans d'autres pays ou dans le cadre de réseaux internationaux.

2) Définition des critères justifiant le recours au croisement

Le croisement peut être considéré comme une menace pour la gestion des races locales ou la conservation des races à petits effectifs (Scherf *et al.*, 2005). A ce titre, le taux de femelles se reproduisant en croisement pourrait figurer parmi les critères de définition d'une race menacée (cf. précédente section). Le croisement peut également être vu comme une opportunité pour des races dont la variabilité génétique est devenue insuffisante (Guittérez *et al.*, 2003). L'utilisation du croisement d'absorption peut aussi constituer une opportunité pour les races dont les effectifs sont limités au point qu'il est impossible d'accéder à un nombre suffisant de reproductrices pour démarrer un cheptel en race pure (Audiot, 1995).

De fait, le croisement est une pratique qui, de tout temps, a fortement contribué à faire évoluer les races domestiques ou à en créer de nouvelles. Force est de constater cependant que le recours au croisement peut faire l'objet de vives controverses. S'il est nécessaire de s'en convaincre, et en se restreignant à l'espèce bovine en France, on pourra se reporter aux cas de deux races locales, l'une à petits effectifs, la Rouge Flamande (Lauvie *et al.*, 2008), l'autre non, l'Abondance (Lambert-Derkimba, 2007 ; Verrier *et al.*, 2009).

L'objectif est donc de préciser dans quelles situations, à quel degré, et avec quelles conséquences pour la tenue des livres généalogiques, il est justifié d'avoir recours au croisement.

C / ESPECES ET TERRITOIRES CONCERNES

Le champ de la présente étude est plus large que le champ actuel d'application de la PRM, puisque sont concernées les 12 espèces suivantes : bovins, ovins, caprins, chevaux, ânes, porcs, poule, pintade, dinde, oie, canard commun et canard de Barbarie.

L'ensemble du territoire national est concerné par cette étude : les races locales de la Métropole comme celles des Départements et Territoires d'outre-mer doivent être prises en compte.

II. Etablissement des listes de races locales

A / DEFINITION ET APPROCHE GENERALE

L'étude porte sur les races locales qui, seules, sont éligibles dans le cadre de la PRM (cf. les termes de la réglementation européenne rappelés plus haut). La première étape de l'étude a donc consisté à délimiter le champ des races à expertiser ou, autrement dit, à exclure les races non éligibles pour défaut de 'localisme'. Pour ce faire, deux références ont été utilisées : les règles de classification des races de la FAO et le code rural français.

1) Restriction aux races '*native*' ou '*locally adapted*' selon la FAO et le Point Focal Régional Europe (ERFP)

S'agissant de la mission régaliennne que les Etats ont de veiller à la préservation de leurs ressources zoogénétiques, il convient de restreindre le champ des races concernées aux celles qui sont originaires du pays (*native breeds*, selon la FAO) ou qui sont implantées depuis suffisamment longtemps et gérées de façon suffisamment indépendante pour que l'on puisse les considérer comme une ressource nationale (*locally adapted* selon la FAO).

L'ERFP (point focal européen pour la mise en œuvre de la stratégie mondiale de la FAO en faveur des ressources génétiques) a précisé les définitions (Duchev, 2014) et ce sont ces dernières qui ont été retenues dans le cadre de la présente étude :

- **Native breed:** *A breed in its country of origin (i.e. the country where the breed was created originally from genetic material that was available when the initial breed development commenced). It is important to note that a breed may be a native breed in more than one country if it has a transboundary origin.*
- **Locally adapted breed:** *A breed that jointly meets the following three criteria:*
 - [1] *It has existed in the country for 40 years plus minimum 6 generations*
 - [2] *There has been limited interbreeding with the breed in other countries*
 - [3] *It has diverged into a distinct type**Note: it should be given a new name (for example, add the name of the country).*

2) Restriction aux races locales selon le Droit Français

L'article D-653-9 du Code Rural Français définit la notion de **race locale** : ***une race majoritairement liée par ses origines, son lieu et son mode d'élevage, à un territoire donné.*** Selon l'espèce et l'existence ou non de listes officielles de races, la procédure pour arrêter la liste des races locales a été plus ou moins simple et rapide.

B / ANALYSE DES DIFFERENTES SITUATIONS RENCONTREES

1) Situations où il existe des listes de races reconnues et de races locales : cas des ruminants et du porc

La situation des quatre espèces historiquement visées par la Loi sur l'Élevage de 1966 (espèces bovine, ovine, caprine et porcine) est la plus simple puisque, pour les races reconnues de ces espèces, il existe des listes de races locales (arrêté du 26 juillet 2007 et arrêté modificatif du 16 juillet 2013), établies selon les termes de l'arrêté de juillet 2007 :

INRA, Etude 'Races menacées', Rapport méthodologique, novembre 2014

‘une race est locale si des liens suffisants avec un territoire spécifique sont démontrés, notamment si 30 % des effectifs sont situés dans un seul département ou 70 % dans trois départements limitrophes deux à deux’.

Les listes des races retenues pour expertise reprennent, à peu de choses près, les listes de races locales établies en 2013. Les modifications introduites ont été les suivantes :

- Quelques races à petits effectifs ont récemment connu une expansion territoriale, notamment car elles sont prisées par un certain nombre d'éleveurs-amateurs (se revendiquant comme tels) dans diverses régions. Dans ce cas, il suffit d'un nombre peu élevé d'animaux 'excentrés' pour que la race tombe en dessous des seuils de 'concentration géographique' retenus dans l'Arrêté sus-évoqué (exemples de la race bovine Bretonne Pie Noire et de la race ovine Solognote). Les races concernées ont un historique bien établi qui les rattache sans conteste à un territoire bien défini. Elles ont donc été maintenues dans la liste des races à expertiser.
- A l'extrême, il peut arriver qu'une race à petits effectifs ne soit plus représentée dans son berceau de race car l'élevage y a quasiment disparu, mais qu'elle subsiste ailleurs. C'est typiquement le cas de la race ovine Mérinos Précoce, qui a été incluse dans la liste des races à expertiser bien qu'elle n'apparaisse plus dans la liste officielle des races locales.
- Quelques races ont été exclues de la liste des races locales :
 - soit car un rapprochement est en cours avec une autre race d'extension mondiale (cas de la race bovine Pie Rouge, ex Pie Rouge des Plaines) ;
 - soit car elles ne peuvent pas être considérées comme des races 'native' ou 'locally adapted' (cas de la race bovine Hérens).

2) Situations où il existe des listes de races reconnues mais pas de listes de races locales : cas des équidés

Les équidés présentent une longue antériorité de reconnaissance de races mais n'ont pas été concernées par l'attribution du statut de race locale. Le cas de chacune des races reconnues a donc fait l'objet d'une analyse fondée (i) sur les éléments historiques et patrimoniaux, (ii) sur la répartition géographique actuelle des animaux telle qu'attestée par les données d'immatriculation, avec les mêmes règles que pour les ruminants et le porc (cf. plus haut) et, (iii) sur le recours possible ou non, selon le règlement du stud-book, à des croisements pour produire dans la race.

En ce qui concerne les chevaux, toutes les races de trait ont été considérées comme 'native' ou 'locally adapted' et comme locales, y compris celles qui ont actuellement des effectifs importants dans des régions d'élevage hors berceau comme le Massif Central et les Pyrénées (cas du Comtois et du Breton). En effet, outre l'histoire qui rattache encore ces races à un lieu précis, l'analyse de l'origine géographique des reproducteurs montre que plus de 90 % des étalons utilisés dans ces zones d'extension géographique sont eux-mêmes nés dans leur berceau de race. Quelques races de chevaux de selle ou de poneys ont été considérées comme locales au sens du code rural, sur des arguments historiques, ou de répartition des animaux, ou les deux à la fois : c'est, par exemple, le cas du cheval Camargue ou du poney Landais. D'autres races, enfin, ont été exclues malgré une répartition géographique plutôt restreinte, au motif qu'il s'agit de races de croisement non stabilisé faisant intervenir des races internationales (cas de l'Anglo-Arabe et du Henson) et ne répondant donc pas au deuxième critère de définition des races 'locally adapted' (cf. plus haut).

En ce qui concerne les ânes, toutes les races reconnues sont très clairement ‘*native*’ ou ‘*locally adapted*’, et sont rattachées à une région bien délimitée. Hormis le cas du Baudet du Poitou, les animaux recensés de ces races sont localisés sur des territoires restreints, compatibles avec les seuils de l’arrêté de 2007. Le Baudet du Poitou, quant à lui, est illustratif de la situation sus-évoquée de races connaissant un engouement hors de leur berceau mais il bénéficie à l’évidence de l’argument ‘histoire et patrimoine’ pour affirmer son ‘localisme’. Ainsi, toutes les races asines reconnues ont été considérées comme locales et ont été incluses dans la liste des races à expertiser.

3) Situations où il n’existe pas de listes de races reconnues : cas des volailles

Compte tenu de l’adoption précoce (dès les années 1950/60) d’un système pyramidal pour l’organisation de la sélection avicole, et de la perte concomitante de la valeur opératoire de la notion de race dans ces espèces, il n’existe pas de races reconnues chez les volailles en France. Il existe cependant de très nombreuses races ‘anciennes’, désignées comme telles par leurs éleveurs, ces derniers étant généralement regroupés en associations. Par ailleurs, dans le cadre du projet ‘BioDiva’ financé par le CASDAR et coordonné par l’ITAVI, un travail d’expertise conduit par l’ITAVI, le SYSAAF et l’INRA, est en cours de réalisation afin, *in fine*, de proposer une liste de races reconnues de poule (*Gallus domesticus*).

Les lignes directrices adoptées pour le projet ‘BioDiva’ ont été appliquées à l’ensemble des espèces de volailles et les listes de races à expertiser établies en considérant (i) les éléments historiques connus et, (ii) les informations disponibles dans les dossiers de demande de reconnaissance qui ont été transmis par les associations, suite à une demande conjointe de l’ITAVI et du SYSAAF incluant un courrier type et un questionnaire à compléter, en réponse à une sollicitation de la DGPAAT dans le cadre de la CNAG (Commission Nationale d’Amélioration Génétique).

C / BILAN

Le tableau 1 montre le nombre de races concernées au sein de chacune des espèces. Sur les 12 espèces potentiellement concernées, au total, 179 races ont été retenues pour expertise. Les deux espèces présentant le plus grand nombre de races locales sont le mouton et la poule, ce qui est cohérent avec la diversité raciale constatée au sein des espèces considérées. A l’opposé, il n’y a pas, en France, de race locale connue au sein de deux espèces, à savoir la pintade et le canard de Barbarie.

Tableau 1. Nombre de races considérées comme locales et retenues pour expertise (*n*), au sein des 12 espèces concernées par la présente étude.

Espèce	<i>n</i>	Espèce	<i>n</i>	Espèce	<i>n</i>	Espèce	<i>n</i>
Bœuf	29	Porc	7	Poule	47	Oie	9
Mouton	47	Cheval	16	Pintade	0	Canard commun	4
Chèvre	10	Ane	7	Dinde	3	Canard de Barbarie	0

III. Méthode d'évaluation du degré de menace

A / UNE APPROCHE MULTI-INDICATEURS

Jusqu'à aujourd'hui, la décision de l'attribution de la PRM était fondée sur un critère unique, à savoir le nombre de femelles reproductrices de la race, à l'échelle nationale (Règlement CE n° 1974/2006). C'est ce même critère qui, pour l'essentiel, a permis à la FAO d'apprécier le statut des races animales vis-à-vis d'une menace de disparition (Lotus et Scherf, 1993 ; Sherf, 2000). Il est toutefois bien établi que les causes d'abandon de races animales sont multiples (voir, par exemple, Audiot, 1995 ; FAO, 2004), de même que la réussite des programmes de conservation est multi-factorielle (voir, par exemple, Lauvie *et al.*, 2011). Ainsi, plusieurs auteurs proposent des méthodes d'évaluation du risque plus élaborées : par exemple, Gandini *et al.* (2004) proposent d'employer conjointement deux critères, un de nature démographique et l'autre de nature génétique, et Alderson (2003, 2010) suggère un critère démographique, deux critères génétiques (non indépendants entre eux) et un critère de répartition géographique.

Ici, une approche multi-indicateurs a été développée, visant à satisfaire deux exigences : (i) tenir compte de la multi-factorialité de la menace d'abandon et (ii) permettre la mise en place d'une mesure de politique publique simple et transparente. Dans une première partie, nous présentons les indicateurs retenus suite à une analyse des multiples causes d'abandon d'une race pour l'agriculture, ainsi que la manière concrète dont ils sont combinés au final pour aboutir à une décision d'éligibilité d'une race donnée et à l'établissement des listes de races menacées. La présentation détaillée de chacun des indicateurs, et la manière dont ils sont renseignés, fait l'objet du prochain chapitre.

B / PROPRIETES RECHERCHEES DES INDICATEURS

Outre que les indicateurs retenus ne doivent pas être trop nombreux et être peu ou pas redondants entre eux, chacun des indicateurs doit posséder trois propriétés majeures.

1) Avoir un sens non ambigu par rapport à la notion de menace

Par 'non ambigu', nous entendons que les variations de l'indicateur dans un sens donné ont des conséquences qui vont toutes dans le même sens pour la menace. Par exemple, une décroissance des effectifs de reproducteurs ne peut qu'accroître la menace qui pèse sur une race. En revanche, la concentration géographique dans une aire restreinte a des conséquences opposées : d'un côté, cela accroît les risques encourus par la race au cas où une épidémie toucherait la zone concernée ; d'un autre côté, cela facilite les échanges entre éleveurs et la coordination des actions entre eux, toutes conditions favorables au maintien de la race. Ainsi, du fait de cette ambiguïté, nous n'avons pas retenu d'indicateur de répartition géographique lors de cette étape (mais ce type d'indicateur a bien été pris en compte pour établir les listes de races locales, cf. le chapitre précédent).

2) Ne pas induire d'effet pervers

Un des enjeux est de définir les critères d'éligibilité à une prime financière. Un autre enjeu est de suivre l'évolution des races dans le temps et de mettre en évidence les

leviers sur lesquels les éleveurs peuvent agir pour éloigner les menaces d'abandon ou, mieux, redynamiser leur race. Si, pour les éleveurs d'une race donnée, l'enjeu lié à l'obtention d'une prime venait à prendre le pas sur toute autre considération, alors, pour ce qui dépend d'eux et de leur action collective, ces éleveurs ne seraient pas encouragés à améliorer la valeur des indicateurs de leur race. Dans la mesure du possible, donc, ces indicateurs ne doivent pas se prêter à de tels effets indésirables.

3) Etre faciles à renseigner

Un indicateur utile est un indicateur pour lequel on dispose de l'information requise. Au-delà de cette lapalissade, il n'est pas envisageable de mettre en place de nouveaux dispositifs de recueil d'information pour la seule mesure PRM : les indicateurs doivent donc valoriser les systèmes de collecte et de gestion de l'information déjà en place, ainsi que les réseaux existants de personnes-ressources pour ce qui est des informations à dire d'experts. La pratique montre que la facilité de renseigner un indicateur donné est hétérogène d'une espèce à l'autre, voire d'une race à l'autre de la même espèce. Cela nécessite une adaptation pragmatique à la diversité des situations rencontrées.

C / LES INDICATEURS RETENUS ET LEUR UTILISATION

1) Indicateurs retenus

Après un inventaire des causes de menace d'abandon des races animales pour l'agriculture, six indicateurs ont été retenus, dont deux de nature démographique, deux de nature génétique, et deux de nature socio-économique :

- [1] Le nombre de femelles reproductrices.**
- [2] L'évolution récente du nombre de femelles reproductrices.**
- [3] La proportion de femelles ne se reproduisant pas en race pure.**
- [4] La taille efficace de la population (N_e).**
- [5] L'organisation des éleveurs, la gestion de la race et l'appui technique.**
- [6] Le contexte social et économique.**

La définition exacte de ces indicateurs, et la façon concrète de les renseigner, sont décrites au chapitre suivant. Avant même cet examen détaillé de chacun des indicateurs, nous indiquons la manière dont ils sont combinés pour aboutir à des critères d'éligibilité.

2) Un indicateur principal et cinq indicateurs modulateurs

La manière dont les indicateurs ci-dessus sont employés répond à un principe souhaité de prééminence du premier indicateur démographique, d'une part, et, d'autre part, s'appuie sur les règles usuelles de combinaison d'informations de nature différente (comme dans la théorie des index de sélection, par exemple).

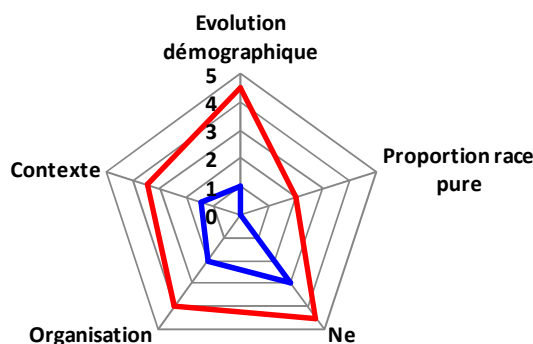
En réponse à l'une des demandes de la Commission Européenne, relative à la lisibilité des seuils de décision, ainsi qu'en cohérence avec la grille en usage à la FAO, le nombre de femelles reproductrices est considéré comme le principal indicateur, en fonction duquel le seuil d'éligibilité est exprimé. Les cinq autres indicateurs sont considérés comme des modulateurs du seuil d'éligibilité.

3) Modulateurs : calcul d'une note globale et représentation en radar

Chaque race est caractérisée par une valeur numérique pour chacun des cinq indicateurs considérés comme modulateurs. Cette valeur est traduite en une note sur une échelle de 0 (pas de menace) à 5 (menace maximale). Ainsi, les notes attribuées aux différents indicateurs ont toutes le même champ de variation. La correspondance entre les valeurs enregistrées et les notes sur cette échelle est explicitée en détail au chapitre suivant.

A fin de communication, les notes des cinq indicateurs modulateurs sont représentées selon un graphique dit 'en radar' (Figure 1), dont la publication est fortement recommandée : outre que ce type de représentation est très familier dans le monde de l'élevage, il permet une bonne visualisation des points susceptibles d'être améliorés.

Figure 1. Exemples de représentation en radar des notes attribuées aux cinq indicateurs 'modulateurs'. Rouge : race ayant recueilli des notes élevées de menace. Bleu : race ayant recueilli de faibles notes de menace.



Une note globale est calculée pour chaque race en pondérant chacune des cinq notes qu'elle a reçue. En l'absence d'argument décisif quant à la hiérarchie entre indicateurs, un poids relatif de 1/5 (20%) est accordé à chacun d'eux. Soit X_i la note obtenue pour l'indicateur i , la note globale (X), qui varie de 0 à 5, s'écrit :

$$X = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 X_i$$

En fonction des valeurs recueillies pour les indicateurs modulateurs, les circonstances seront qualifiées de fragilisantes ou non. Les circonstances seront considérées comme fragilisantes si au moins l'une des deux conditions ci-dessous est remplie :

- La note globale (X) est supérieure à 2,5.
- Au moins deux notes sur les cinq notes de modulateurs (X_i) sont supérieures ou égales à 4.

Cette qualification permettra de relever le seuil d'éligibilité (voir ci-après).

D / REGLES POUR DESIGNER LES RACES MENACEES D'ABANDON

1) Une approche dynamique

Le seuil d'éligibilité est exprimé en termes de nombre de femelles reproductrices. Des seuils différents sont définis pour des espèces ou groupes d'espèces différents, en fonction des paramètres biologiques de leur reproduction. La logique générale est de ne pas se limiter à la situation présente d'une population mais de considérer son avenir possible.

La détermination des seuils pour l'application de la PRM, dans sa version antérieure, suivait cette logique de projection vers l'avenir. Le critère retenu était l'évolution de la consanguinité, et la probabilité concomitante de perte d'allèles, sur un pas de temps exprimé en années (D. Planchenault, communication personnelle). La consanguinité individuelle découle du lien de parenté qui existe entre les deux parents, elle s'accumule génération après génération. De ce fait, à effectifs de reproducteurs égaux, le rythme annuel d'évolution de la consanguinité est d'autant plus élevé que l'intervalle de génération est court. Par exemple, avec le même nombre de reproducteurs mâles et femelles, le même mode de choix de ces reproducteurs et le même régime d'accouplements, l'élévation de la consanguinité entre deux générations sera la même dans une population équine que dans une population de poules mais, avec des intervalles de génération respectifs de 10 ans et 1 an, le rythme annuel sera 10 fois élevé chez les poules. Ainsi, et selon cet indicateur, à effectifs constants, une population de poules paraîtra plus en danger qu'une population équine. C'est pourquoi les seuils retenus jusqu'à maintenant pour la PRM sont d'autant plus élevés que l'intervalle de génération de l'espèce est court (Règlement CE n° 1974/2006, Annexe IV).

Nous ne retenons pas cette approche liée à la consanguinité, pour deux raisons :

- Si pour certaines espèces, comme l'espèce bovine, le seuil retenu (7 500 femelles) a du sens par rapport à la réalité des populations élevées en France et en Europe, ce n'est pas le cas pour d'autres espèces comme le porc (15 000 femelles) ou les volailles (25 000 femelles). A cette aune, c'est l'ensemble de la sélection porcine française et sans doute l'ensemble des lignées de poules sélectionnées à l'échelle mondiale qui devraient être considérées comme menacées ...
- Dans notre approche, l'évolution de la consanguinité n'intervient que comme un indicateur modulateur, au travers de la taille efficace (cf. ci-dessus). C'est bien le nombre de femelles reproductrices qui demeure l'indicateur principal et c'est donc sur des considérations démographiques qu'il convient de fonder notre approche.

La dynamique retenue pour déterminer les seuils est la **capacité de relancer la race sur le plan démographique**, ce qui dépend étroitement des paramètres de la reproduction de chacune des espèces. Il y aura donc des seuils différents selon l'espèce ou le groupe d'espèces. Nous procédons en trois temps :

- Etablissement d'une gradation des espèces quant à leur capacité de relance.
- Fixation du seuil pour une espèce où cette notion peut le plus facilement faire l'objet d'un consensus, et déduction des autres seuils d'après la gradation établie.
- Confrontation des résultats avec la réalité zootechnique, ajustements si nécessaire.

2) Capacité de relance démographique selon l'espèce

Pour établir la gradation des espèces, on peut se poser la question suivante : combien de temps faut-il, au minimum, pour doubler les effectifs d'une population ? A l'évidence, la

réponse ne dépend pas des effectifs actuels mais des paramètres de la reproduction et des usages liés à la réforme et au renouvellement des reproductrices.

Faisons l'hypothèse que, chaque année, toutes les jeunes femelles sont conservées pour la reproduction. Soit Nf_t le nombre de femelles reproductrices l'année t , r le taux de réforme (supposé constant), et PN la productivité numérique de l'espèce, c'est-à-dire le nombre de jeunes sevrés (mammifères) ou nés vivants (volailles) par femelle et par an. En considérant un sex-ratio de $\frac{1}{2}$ (valeur habituelle hors sexage de la semence de mammifères), le nombre de jeunes femelles disponibles une année donnée (N_t) vaut :

$$N_t = \frac{1}{2}Nf_t \times PN$$

Le nombre de femelles réformées, quant à lui, vaut $r \times Nf_t$. En régime de croisière, c'est-à-dire après quelques années pendant lesquelles toutes les jeunes femelles ont été systématiquement conservées, nous pouvons écrire l'équation de récurrence permettant de calculer le nombre de femelles reproductrices, comprenant les anciennes femelles qui n'ont pas été réformées et les nouvelles :

$$Nf_{t+1} = Nf_t(1 - r) + \frac{1}{2}Nf_t \times PN = Nf_t \left(1 - r + \frac{1}{2}PN \right)$$

Cette équation ne s'applique cependant pas dès la première année pour toutes les espèces car l'âge des femelles à la première mise-bas (ou première procréation pour les volailles), peut être supérieur à un an : les jeunes femelles nées une année donnée ne deviendront alors reproductrices qu'au bout de deux, trois ou quatre ans. Il faut donc introduire un décalage en fonction de cet âge à la première mise-bas.

En définitive, le Tableau 2 présente le temps minimal requis pour doubler la taille d'une population, et les paramètres démographiques employés dans le calcul. Ce temps minimal de doublement, qui est un bon indicateur de capacité de relance, décroît des équidés aux volailles, en passant par les ruminants et le porc.

Tableau 2. Paramètres démographiques et temps minimal requis pour le doublement des effectifs d'une population, selon l'espèce ou le groupe d'espèce.

Espèce ou groupe d'espèces	Productivité numérique (PN)	Taux de réforme (r) (%)	Age à la 1 ^{ère} mise-bas ou ponte (ans)	Temps minimal requis pour un doublement (ans)
Bovins	0,8	20%	3	6
Petits ruminants	1,5	20%	2	3
Porc	9 – 12 ^(a)	25%	1	1
Equidés	0,6	15%	4	8
Volailles	40 – 150	100%	0,5	0,5

^(a) La valeur de PN des races porcines locales est sensiblement plus faible que celle des races porcines sélectionnées.

3) Etablissement de seuils proportionnels au temps de doublement

A effectif constant, une population sera d'autant plus considérée comme menacée que l'espèce a une faible capacité de relance démographique, c'est-à-dire que le temps minimal requis pour son doublement de taille est long. Il convient donc d'élever les seuils d'effectifs qui déterminent l'éligibilité, au titre de la menace, au fur et à mesure que ce temps de doublement s'accroît. En première approche, nous définissons donc des seuils proportionnels à ce temps de doublement des effectifs.

La nécessité demeure de déterminer le seuil pour au moins une espèce, dont on déduira les seuils pour les autres espèces. Pour ce faire, il est préférable de choisir une espèce pour laquelle ce type de seuil a déjà été raisonné, ce qui exclut *de facto* les volailles et aussi les équidés qui, bien que déjà concernés par la PRM, ne l'ont pas été pour déterminer une liste de races à petits effectifs. Restent donc les espèces 'historiques' de la Loi sur l'Élevage de 1966, à savoir les ruminants et le porc.

Bien que le choix d'une espèce parmi ces quatre ait pu faire l'objet de débats au sein du groupe d'experts réunis pour la présente étude, un consensus s'est établi au sujet de l'espèce bovine. En effet, par rapport aux trois autres, l'espèce bovine présente une plus faible variation entre races des paramètres démographiques employés plus haut. C'est par ailleurs l'espèce où les seuils définis dans divers textes réglementaires (PRM, races à petits effectifs) ou suggérés par divers auteurs (FAO, 2004 ; Alderson, 2003, 2010) divergent le moins. Sur la base de ces diverses références, d'une part, et, d'autre part, de considérations empiriques (par exemple, existence ou non de pratiques collectives de sélection ou de gestion en fonction des effectifs), le seuil de 7 500 femelles reproductrices a été retenu pour l'espèce bovine, c'est-à-dire celui-là même qui est en usage pour l'actuelle mesure PRM.

Pour déterminer le seuil chez les autres espèces, en fonction du temps minimal de doublement de la taille d'une population, une simple règle de trois suffit. On en déduit le gradient suivant de seuils d'éligibilité : 10 000 pour les équidés, 7 500 pour les bovins, 3 750 pour les petits ruminants, 1 250 pour le porc et 625 pour les volailles.

4) Ajustements et détermination des seuils

Le gradient ci-dessus reflète bien les différences entre espèces en ce qui concerne les capacités de reproduction et, à l'inverse, l'inertie au développement démographique. Deux groupes d'espèces paraissent cependant mériter un réexamen des seuils, notamment car cette approche ne prend pas du tout compte les structures d'élevage et l'organisation de la gestion génétique.

Dans le cas des petits ruminants, de façon plus prononcée pour les ovins que pour les caprins, les troupeaux sont généralement de grande taille, même dans le cas des races à petits effectifs. Ceci aggrave nettement les conséquences d'une cessation d'activité quand il n'y a pas de repreneur : la perte d'un seul troupeau a de beaucoup plus fortes répercussions dans le cas des petits ruminants que dans le cas des bovins. Et, dans la pratique, les cessations d'activité représentent une cause non négligeable de baisse des effectifs ou d'entrave à leur augmentation. Ces considérations sur les structures d'élevage avaient été prises en compte lors de la fixation des seuils pour la définition des races à petits effectifs en France (arrêté du 26 juillet 2007). Pour l'éligibilité à la PRM, la valeur de 6000 femelles est proposée comme seuil pour les petits ruminants.

Dans le cas des volailles, la gestion génétique peut revêtir une forme qui se rapproche de l'organisation pyramidale de la sélection avicole. Ce n'est pas systématique mais c'est typiquement le cas des races dont le noyau de sélection est géré par un centre spécialisé. Or la valeur de 625 femelles déduite de l'approche ci-dessus se situe très largement au-dessus des seuils minimaux d'effectif de femelles retenus pour l'espèce poule dans le référentiel du SYSAAF, à savoir 200 ou 100 femelles selon le type de lignée et le nombre de produits terminaux à produire. Comme cette gestion pyramidale n'est cependant pas généralisée, il n'est pas proposé de rabaisser le seuil PRM à ces valeurs de référentiel, mais à un effectif de 500 femelles.

Dans le cas du porc, enfin, bien que la gestion des races locales ne soit pas pyramidale, il est proposé de rabaisser le seuil à 1000 femelles, à la fois car il s'agit d'un chiffre rond, car cette valeur est la même que celle retenue pour la définition des races à petits effectifs et car elle délimite bien le cas des races locales de celui des races 'commerciales'.

En définitive, les seuils de femelles reproductrices en deçà desquels une race est considérée comme menacée d'abandon pour l'agriculture sont indiqués au Tableau 3.

Tableau 3. Seuil de nombre de femelles reproductrices en deçà duquel une race est considérée comme menacée d'abandon pour l'agriculture, en fonction de l'espèce. Les espèces sont classées par ordre croissant de capacité de relance démographique.

Espèce ou groupe d'espèces	Equidés	Bovins	Petits ruminants	Porc	Volailles
Seuil (*)	10 000	7 500	6 000	1 000	500

(*) Si, sur la base des cinq indicateurs modulateurs, la race est considérée en circonstances fragilisantes, alors le seuil est relevé de 20%.

E / REGLES POUR AUTORISER LE RECOURS AU CROISEMENT

Par '*recours au croisement*', il faut entendre la pratique qui consiste à faire se reproduire des animaux en dehors des règles admises pour '*produire dans la race*' par le Livre généalogique. On parlera de 'croisement de sauvegarde', dont le principe est celui du croisement d'absorption. Soit une race 'R', à sauvegarder, on réalise des croisements entre des mâles de cette race 'R' et des femelles d'une autre race 'S' (ou, dans certains cas, entre des mâles de race 'S' et des femelles de race 'R'). Les femelles croisées 'RxS' sont à leur tour croisées avec des mâles 'R', etc. On obtient des générations d'animaux avec une proportion croissante d'allèles 'R' : 1/2, 3/4, 7/8, etc., jusqu'à l'autorisation à l'inscription à titre initial au livre généalogique de la race 'R'.

Dans la pratique, ce recours au croisement de sauvegarde s'observe dans diverses situations. Tout d'abord quand les effectifs de femelles de la race 'R' sont tellement faibles qu'ils compromettent l'avenir de la population (on est au-delà de la menace). C'est typiquement ce qui s'est produit pour la reconstitution d'un cheptel de Baudets du Poitou en France (Audiot, 1995). Cet usage peut également être motivé par l'existence de risques sanitaires, l'indisponibilité de jeunes femelles pour des éleveurs désireux de s'installer, le faible coût de la méthode, etc.

En définitive, l'autorisation du recours au croisement ne peut être considérée que comme une mesure d'urgence, motivée par l'une ou l'autre des trois situations ci-dessous :

- Les effectifs de femelles reproductrices se situent en dessous d'un seuil qualifié de 'critique', seuil déterminé en s'inspirant, entre autres, des seuils recensés ou pris en compte par divers auteurs pour qualifier de 'critique' le statut d'une race animale (FAO, 2004 ; Alderson, 2010). Ces seuils (Tableau 4) suivent la logique de lien avec la capacité de relance d'une race développée pour l'éligibilité, mais en distinguant deux catégories d'espèces seulement ('gros' vs. 'petits' animaux). Ils sont en outre beaucoup plus bas que les seuils de menace (Tableau 3), soulignant le caractère exceptionnel de l'autorisation au recours au croisement.
- La race est considérée dans une situation de 'cul-de-sac' en matière de capacité d'évolution génétique. Une telle situation s'apprécie en termes de taille efficace (N_e , voir plus loin). Nous retenons un N_e de 30 comme valeur en dessous de laquelle l'autorisation est accordée. Cette valeur-seuil a été choisie car elle correspond à une perte attendue d'un dixième de la variabilité génétique en 6 générations seulement (voir § IV.D.3).
- Des circonstances exceptionnelles, appréciées par des experts indépendants (INRA, Instituts techniques), justifient ce recours : épidémie, abattages massifs, brusque chute du nombre de reproducteurs mâles disponibles, etc.

Tableau 4. Seuil de nombre de femelles reproductrices en deçà duquel le recours au croisement de sauvegarde est autorisé, en fonction de l'espèce. Les espèces sont classées par ordre croissant de capacité de relance démographique.

Espèce ou groupe d'espèces	Equidés	Bovins	Petits ruminants	Porc	Volailles
Seuil (*)	150	150	150	75	75

(*) Si, sur la base des indicateurs modulateurs, la race est considérée en circonstances fragilisantes, alors le seuil est relevé de 20%.

IV. Présentation détaillée des indicateurs retenus

A / LE NOMBRE DE FEMELLES REPRODUCTRICES

1) Définition

La définition du terme ‘femelle reproductrice’ sur laquelle nous nous sommes appuyés est la suivante :

Une femelle ayant déjà engendré au moins un descendant

Elle est inspirée de celle qui a été fournie lors de la réunion du 9 décembre 2013 du comité Général de la CNAG :

Une femelle ayant mis bas au moins une fois

Outre que ‘mettre-bas’ ne convient pas aux volailles, ces définitions, pour banales qu’elles soient, correspondent plus ou moins bien à la réalité des différentes espèces étudiées et ont pu nécessiter une adaptation.

2) Recueil de l’information

L’accès aux données est très variable selon les espèces :

- **Bovins** – Une base de données publique et exhaustive est disponible, la BDNI (Base de Données Nationale de l’Identification). Néanmoins, dans les cas des races à très petits effectifs et du Créole de Guadeloupe, les données ont parfois dû être consolidées auprès de l’organisme gestionnaire de la race.
- **Petits ruminants** – On dispose des effectifs de femelles contrôlées (base nationale) et des effectives de femelles inscrites au Livre Généalogique (bases de données des Organismes de Sélection ou équivalents). Dans certains cas, ces informations ont été recoupées avec d’autres données : RGA 2000, base nationale ‘béliers’, ...
- **Porc** – On dispose des effectifs de femelles inscrites au LIGERAL, géré par l’IFIP, et, pour le Porc Créole, des effectifs gérés par l’association locale des éleveurs avec l’appui de l’INRA-URZ.
- **Équidés** – La base SIRE (Système d’Information Relatif aux Équidés) est bien une base nationale publique qui inventorie l’ensemble des équidés élevés sur le territoire national. Toutefois, l’information relative au décès des animaux est extrêmement lacunaire. Ainsi, la base SIRE comprend un nombre important de femelles non déclarées mortes alors qu’elles le sont dans la réalité.
- **Volailles** – Les données pedigrees, lorsqu’elles existent, sont disponibles dans des bases privées gérées par les associations de race et/ou leur organisme référent (SYSAAF).

Par ailleurs, selon l’espèce et les paramètres biologique de sa reproduction, la définition rappelée au § 1 a dû être adaptée. C’est le cas notamment pour les volailles, où les reproducteurs sont renouvelés très rapidement.

En définitive, la manière concrète dont les effectifs de femelles reproductrices ont été déterminés est détaillée au Tableau 5.

Tableau 5. Sources d'information mobilisées et méthode de détermination du nombre de femelles reproductrices selon l'espèce.

Espèce ou groupe d'espèces	Dates ou période considérées	Sources	Méthode
Bovins	2012 ou 2013	BDNI IDELE	Extraction des données BDNI
Petits ruminants	2012, 2013 ou 2014	Cont. Performances OS et associations IDELE, Base 'béliers'	Extraction des bases existantes Estimation du taux de pénétration du contrôle des performances et/ou de l'inscription au Livre Généalogique
Porc	2014	INRA-URZ LIGERAL IFIP INRA-URZ	Recoupement des informations Extraction des bases existantes
Equidés	2009 à 2010 (moyenne annuelle)	SIRE IFCE	Extraction du nombre annuel d'immatriculations Estimation de la proportion de juments mettant-bas sur l'ensemble des juments potentielles. Recoupement avec les données de durée de carrière.
Volailles	2013 ou 2014	Bases privées SYSAAF	Extraction des bases existantes

B / L'EVOLUTION RECENTE DU NOMBRE DE FEMELLES REPRODUCTRICES

1) Mode de calcul

Pour cet indicateur, nous nous fondons sur la même définition et nous mobilisons les mêmes sources d'information que pour l'indicateur précédent (§ IV.A).

Le pas de temps considéré est de 5 ans pour les espèces à générations chevauchantes, et de 5 générations pour les espèces à générations séparées. Ces dernières sont des espèces de volailles, avec des intervalles de génération de l'ordre d'une année.

Soit Nf_t le nombre de femelles reproductrices à l'année ou à la génération t , le taux d'évolution sur 5 ans (τ_5) est calculé comme suit (et est exprimé en %) :

$$\tau_5 = \frac{Nf_t - Nf_{t-5}}{Nf_{t-5}}$$

2) Traduction de l'indicateur en note sur une échelle de 0 à 5

On considère qu'un taux de croissance positif ou nul correspond à une absence de cause additionnelle de menace (l'indicateur venant ici seulement moduler l'information contenue dans le nombre total de femelles reproductrices). La note de 0 est donc attribuée dans ce cas, ce qui, en outre, limite les possibilités d'effets pervers (aucune incitation à réfréner une évolution positive).

En cas d'évolution négative, la valeur du taux correspondant à la note maximale a été définie en se fondant sur la notion de demi-vie (durée nécessaire pour la réduction des effectifs de moitié). Le risque maximal est considéré comme atteint quand la demi-vie de la population est inférieure à 25 ans (ou 25 générations en cas de générations séparées).

Sous l'hypothèse d'un taux de croissance annuel (τ) constant, soit Nf_0 l'effectif initial, l'effectif au temps t (Nf_t) vaut :

$$Nf_t = Nf_0(1 + \tau)^t$$

La demi-vie d'une population ($D_{1/2}$) correspond à la valeur de t pour laquelle, dans le membre de droite de l'équation, le coefficient multiplicateur de Nf_0 vaut $\frac{1}{2}$, soit :

$$D_{1/2} = \log\left(\frac{1}{2}\right) / \log(1 + \tau)$$

De cette équation, on déduit que le taux d'évolution annuel des effectifs correspondant à une demi-vie de 25 est égal = -0,027 (- 2,7%). Toujours sous l'hypothèse d'un taux annuel constant, cette valeur correspond à une évolution sur 5 ans de -12,9%. Cette dernière valeur est arrondie à -12%, afin de faciliter la répartition sur une échelle de 1 à 5 (le cas de la note 0 ayant déjà été traité plus haut). On considère alors que les notes s'élèvent de 1 point par 3 points de pourcentage du taux d'évolution constaté sur 5 ans (τ_5).

En définitive, la correspondance entre valeurs observées et notes, valable quelle que soit l'espèce, est donnée au Tableau 6.

Tableau 6. Correspondance entre la valeur observée du taux d'évolution des effectifs de femelles reproductrices sur 5 ans (ou 5 générations pour une reproduction en générations séparées) et les notes pour l'indicateur correspondant. On rappelle que la note de 5 correspond à une menace maximale.

Taux observé	$\geq 0\%$	0 ; -3%	-3 ; -6%	-6 ; -9%	-9 ; -12%	$< -12\%$
Note	0	1	2	3	4	5

C / LA PROPORTION DE FEMELLES NE SE REPRODUISANT PAS EN RACE PURE OU NE REPRODUISANT PAS DANS LA RACE

1) Recueil de l'information

Au moins deux phénomènes sont considérés ici : (i) la reproduction entre une femelle de la race concernée et un mâle d'une autre race non autorisée pour l'inscription du produit dans le Livre Généalogique et (ii) toute autre cause d'exclusion des produits du Livre Généalogique (père inconnu, etc.). Dans tous les cas, les descendants ne sont pas officiellement reconnus dans la race et ne peuvent pas contribuer à son maintien numérique. Par commodité, nous désignerons toutes ces causes par 'croisement'.

L'information correspondante est hétérogène d'une espèce à l'autre, et elle est généralement diffuse. La proportion de femelles se reproduisant 'en croisement' est établie sur l'ensemble des femelles mises à la reproduction, en recoupant (i) les données disponibles dans les bases, (ii) les informations détenues par les Organismes de Sélection ou associations de race et (iii) les éléments d'appréciation dont disposent les spécialistes au sein des instituts techniques concernés.

2) Evaluation de la menace et traduction en notes sur une échelle de 0 à 5

La mise à la reproduction 'en croisement' représente une menace dans la mesure où elle diminue le nombre de mères disponibles pour produire, dans la race, de jeunes femelles de renouvellement. Soit c le taux de femelles se reproduisant 'en croisement', la note de menace maximale de menace (5) est attribuée à la valeur de ce taux à partir de laquelle le renouvellement n'est plus assuré sur le strict plan numérique, valeur-seuil désignée par c_{\max} . A l'opposé, la note d'absence de menace (0) est attribuée en cas d'absence de 'croisement' ($c = 0$). Des notes intermédiaires sont attribuées entre ces deux valeurs de c , même si le renouvellement est numériquement possible : en effet, la réduction du nombre de jeunes femelles de renouvellement dans la race entraîne, d'une part, une diminution des marges de sélection intra-race et, d'autre part, une limitation des possibilités de vente à des éleveurs désireux de s'installer dans la race. Dans ce qui suit, nous décrivons comment la valeur seuil c_{\max} est calculée.

Soit N_f le nombre de femelles reproductrices à un temps donné, et PN la productivité numérique de l'espèce, c'est-à-dire le nombre de jeunes (sevrés pour les mammifères, nés pour les volailles) par femelle et par cycle de reproduction. En considérant un sex-ratio de $\frac{1}{2}$, le nombre de jeunes femelles de renouvellement disponibles après un cycle de reproduction (N_j) s'exprime comme suit :

$$N_j = \frac{1}{2} N_f \times (1 - c) \times PN$$

INRA, Etude 'Races menacées', Rapport méthodologique, novembre 2014

Soit r le taux de femelles reproductrices réformées à l'issue d'un cycle de reproduction, le nombre de jeunes femelles de renouvellement doit être supérieur ou égal au nombre de femelles réformées :

$$\frac{1}{2}Nf \times (1 - c) \times PN \geq Nf \times r$$

On en déduit la valeur seuil du taux de 'croisement' (c_{\max}) au-delà de laquelle il n'est plus possible d'assurer le renouvellement à effectifs constants :

$$c_{\max} = 1 - \frac{2r}{PN}$$

La Tableau 7 montre les valeurs retenues pour les paramètres démographiques dans les différentes espèces, la valeur de c_{\max} calculée en conséquence et, en définitive, la correspondance avec les notes sur une échelle de 0 à 5.

D / LA TAILLE EFFICACE DE LA POPULATION

1) Nature de l'indicateur et information requise

La taille efficace (N_e) est un paramètre de première importance en génétique des populations, introduit par Wright (1931) dans le cadre de la modélisation du phénomène de dérive génétique. Il est très usité pour le suivi et la gestion des populations animales, domestiques ou sauvages. Il s'agit d'un nombre unique, qui s'apparente à un effectif de reproducteurs, mâles et femelles confondus. Il prend en compte l'hétérogénéité des tailles de descendance d'un reproducteur à l'autre, ainsi que la parenté et la consanguinité moyennes des animaux de la population. Ce paramètre permet de prédire l'évolution dans le temps de la variabilité génétique intra-race : plus la taille efficace est faible, plus la variabilité génétique s'érode rapidement.

Au sein des populations réelles, trois types d'information sont mobilisables pour estimer la taille efficace *a posteriori* (notion de taille efficace réalisée) : Les paramètres démographiques, les généalogies et les résultats de typage sur un plus ou moins grand nombre de marqueurs moléculaires. Dans le cadre de la présente étude, nous ne retenons que les deux premiers types d'information (démographie, généalogies) car ce sont celles qui sont disponibles à large échelle et sans coût additionnel. Lorsqu'elle est disponible par ailleurs (dans le cadre de la sélection génomique, par exemple), l'information moléculaire peut apporter un complément très utile mais, à ce stade, nous n'en recommandons pas l'usage pour la mise en œuvre de la PRM.

2) Méthode de calcul selon la qualité des informations généalogiques

La méthode employée ici s'inspire de la procédure retenue dans le cadre de l'observatoire de la variabilité génétique des ruminants et des équidés (projet CASDAR VARUME, Danchin-Burge *et al.*, 2013) et reprend les conclusions de l'analyse comparée de 6 méthodes différentes d'estimation appliquées à 140 races de 4 espèces différentes (Leroy *et al.*, 2013).

Tableau 7. Correspondance entre la valeur observée du taux de femelles ne se reproduisant pas en race pure (c) et les notes pour l'indicateur correspondant. Pour les volailles, ce taux est apprécié sur la période de mise en reproduction-pedigree.

Espèce ou groupe d'espèces	Productivité Numérique (PN)	Taux moyen de réforme des femelles (r , en %)	Taux de croisement au-delà duquel le renouvellement est insuffisant (c_{\max} , en %)	Valeurs du taux de croisement (c , en %) correspondant aux notes					
				0	1	2	3	4	5 ^(b)
Bovins	0,8	20%	50%	0%	0 ; 12,5%	12,5 ; 25%	25 ; 37,5%	37,5 ; 50%	> 50%
Petits ruminants	1,5	20%	72%	0%	0 ; 18%	18 ; 36%	36 ; 54%	54 ; 72%	> 72%
Porc	9 ^(a)	25%	94%	0%	0 ; 23%	23 ; 46%	46 ; 69%	69 ; 92%	> 92%
Equidés	0,6	15%	40%	0%	0 ; 10%	10 ; 20%	20 ; 30%	30 ; 40%	> 40%
Volailles	40 – 150	100%	95 – 99%	0%	0 ; 24%	24 ; 48%	48 ; 72%	72 ; 96%	> 96%

^(a) La valeur de PN est plus élevée pour le Porc Créole. Nous appliquons néanmoins à cette race l'échelle de correspondance établie ici car, à ce niveau de PN , le renouvellement est très largement assuré et les notes ne varient quasiment plus.

^(b) Pour l'attribution de la note 5, dans certains cas, on a utilisé la valeur divisible par 4 la plus proche de la valeur calculée de c_{\max} .

Pour chaque race, on définit une population ‘analysée’, qui comprend l’ensemble des femelles nées et enregistrées au cours des 4 ou 5 dernières années ou générations, selon la situation (générations chevauchantes ou séparées) et l’accessibilité des informations. Dans le cas des équidés, dans la mesure où les mâles sont élevés en grand nombre et immatriculés, les populations analysées comprennent à la fois les mâles et les femelles.

L’utilisation des généalogies pour estimer la taille efficace de la population analysée n’a de sens que si les pedigrees de cet ensemble d’animaux remontent suffisamment loin dans le temps. En effet, quelle que soit la méthode employée, lorsqu’un animal est répertorié sans parent connu (notion de fondateur ‘informatique’), on fait l’hypothèse qu’il est lui-même non consanguin et non apparenté à ses contemporains. Cette dernière hypothèse peut ne pas être vérifiée et, dans ce cas, la fiabilité des calculs s’en trouve affectée. Il est donc important de vérifier que la proportion d’informations manquantes dans les pedigrees est suffisamment modérée pour que les calculs demeurent valables. Le paramètre pertinent pour évaluer cette ‘qualité’ des pedigrees est l’Equivalent Nombre de Générations connues (*EqG*, Boichard *et al.*, 1997). Ce paramètre, dont le calcul repose sur le comptage des ancêtres connus de chaque animal, s’interprète comme suit : la qualité des généalogies de la population analysée est équivalente à celle d’une population où, sur un nombre de générations égal à *EqG*, tous les ancêtres seraient connus.

En fonction de la valeur calculée d’*EqG*, la taille efficace *Ne* est calculé selon la méthode la plus fiable à notre disposition (Leroy *et al.*, 2013).

- ***Pedigrees suffisamment connus : EqG ≥ 2,5***

Sur la population analysée (cf. définition ci-dessus), on estime l’accroissement moyen de la parenté ($\Delta\Phi$), selon la méthode proposée par Cervantes *et al.* (2011). La taille efficace (*Ne*) se déduit alors directement, selon l’équation classique (Wright, 1931) :

$$Ne = \frac{1}{2\Delta\Phi}$$

- ***Pedigrees insuffisamment connus : EqG < 2,5***

Dans cette situation, *Ne* est simplement estimé à partir des effectifs de reproducteurs mâles (*Nm*) et femelles (*Nf*), selon la formule établie par Wright (1931) :

$$\frac{1}{Ne} = \frac{1}{4Nm} + \frac{1}{4Nf}$$

3) Traduction de l’indicateur en notes sur une échelle de 0 à 5

En vue du maintien de la variabilité génétique, ce qui à terme est une des conditions de la pérennité d’une race, la taille efficace doit être la plus élevée possible. Dans de nombreux documents techniques relatifs à la conservation des ressources génétiques animales (édités par la FAO, par exemple), il est recommandé que la taille efficace soit au minimum de 50. Le choix de cette valeur-seuil est fondé sur des études concernant des populations sauvages, modélisant la dépression de consanguinité ou l’accumulation d’allèles létaux sur le court ou long terme, par exemple (pour une synthèse récente, voir Frankham *et al.*, 2014).

Nous proposons donc de mobiliser, là encore, la notion de durée au-delà de laquelle une variable observée, ici la variabilité génétique, est réduite d’une certaine quantité.

Compte tenu de l'aspect asymptotique de l'évolution de la variabilité génétique sous l'effet de la dérive (voir plus loin), ce n'est pas la demi-vie que nous retenons car ce paramètre nous entrainerait vers des termes très lointains, au-delà des considérations des gestionnaires des populations animales (par exemple, avec une taille efficace de 40, la demi-vie de la variabilité génétique est de 55 générations, soit de l'ordre de 5 siècles de sélection équine !). Nous proposons d'utiliser la notion de 'dixième-de-vie' et de nous fixer un horizon de 10 générations : le risque maximal est considéré comme atteint (soit une note de 5) quand la durée nécessaire à la perte de 10% de la variabilité génétique est inférieure à 10 générations. Si l'on compare à l'application faite sur les effectifs (cf. § III.B.2), raisonner par générations et non par années est lié au fait que, en générations chevauchantes comme en générations séparées, la notion de taille efficace décrit le phénomène de dérive génétique génération après génération.

Selon le modèle de Wright (1931), la variabilité génétique intra-population, décrite en un locus quelconque par le taux d'hétérozygotie attendue (He), décroît d'autant plus vite que la taille efficace (Ne) est faible :

$$He_t = He_0 \left(1 - \frac{1}{2Ne}\right)^t$$

avec He_t le taux d'hétérozygotie attendue à la génération t . Le 'dixième-de-vie' de la variabilité génétique ($D_{1/10}$) correspond à la valeur de t pour laquelle, dans le membre de droite de l'équation, le coefficient multiplicateur de He_0 vaut 0,9, soit :

$$D_{1/10} = \log(0,9) / \log\left(1 - \frac{1}{2Ne}\right)$$

De cette équation, on déduit que la taille efficace correspondant à un dixième-de-vie de 10 générations est égale = 47,7, ce qui sera arrondi à 45. De la même façon, nous considérons une absence de menace (note de 0) quand le dixième-de-vie de la variabilité génétique est supérieur à 50 générations, ce qui correspond à une taille efficace de 237,5, ce qui sera arrondi à 245. Les notes intermédiaires sont attribuées en divisant l'écart entre ces deux valeurs de taille efficace par 5 (6 'piquets', donc 5 intervalles), et en considérant un pas de 50 pour 1 point sur l'échelle de notes.

En définitive, la correspondance entre valeurs observées et notes, valable quelle que soit l'espèce, est donnée au Tableau 8.

Tableau 8. Correspondance entre la valeur calculée de la taille efficace (Ne) et la note attribuée pour cet indicateur.

Ne calculé	≥ 245	245 ; 195	195 ; 145	145 ; 95	95 ; 45	< 45
Note	0	1	2	3	4	5

E / LES DEUX INDICATEURS DE NATURE SOCIO-ECONOMIQUE

Ces deux indicateurs portent, l'un, sur l'organisation des éleveurs, la gestion et l'appui technique et, l'autre, sur le contexte social et économique. Vu la nature-même des informations recherchées, qualitative et non quantitative, l'approche est sensiblement différente de ce qui précède.

Pour un indicateur donné, on identifie 5 sous-indicateurs qui y contribuent chacun, avec le moins possible de redondance entre sous-indicateurs. Le Tableau 9 présente les 5 sous-indicateurs et leur grille de notation, explicitée par la suite, pour l'indicateur 'organisation des éleveurs, la gestion et l'appui technique'. Le Tableau 10 présente les mêmes éléments pour l'indicateur 'contexte social et économique'.

Chaque sous-indicateur est évalué par une information de type 'présence' *vs.* 'absence', ou une réponse oui/non. La traduction en note chiffrée est 'oui' = 0 (absence de menace) et 'non' = 1 (menace). Notons que, pour certains sous-indicateurs, une note intermédiaire, égale à 0,5, est possible.

La note globale (Z) pour un indicateur socio-économique donné est la simple somme des notes (Z_i) obtenues aux cinq sous-indicateurs considérés :

$$Z = \sum_{i=1}^5 Z_i$$

Pour chacun des deux indicateurs socio-économiques, la note globale d'une race varie bien comme celle attribuée aux autres indicateurs, entre 0 (absence de menace) et 5 (menace maximale).

Tableau 9. Sous-indicateurs employés pour évaluer l'organisation des éleveurs, la gestion et l'appui technique, et grille de notation. Rappel : une note de 0 correspond à une absence de menace et une note de 1 à une menace maximale.

Sous-indicateur	Notation
Existence d'une association d'éleveurs	oui = 0 ; non = 1
Existence d'un programme de gestion <i>in situ</i>	oui = 0 ; non = 1
Existence d'un stock à la Cryobanque Nationale	oui, avec plus de 10 donneurs = 0 ; non pour une espèce où c'est techniquement impossible, ou stock avec moins de 10 donneurs = 0,5 ; non pour une espèce où c'est techniquement possible = 1
Appui technique par un animateur (Institut technique, chambre d'agriculture, etc.)	oui, avec animateur local et appui national = 0 ; oui, avec animateur local ou (exclusif) appui national = 0,5 ; non = 1
Cohésion et dynamisme du collectif d'éleveurs	oui = 0 ; intermédiaire = 0,5 ; non = 1

Tableau 10. Sous-indicateurs employés pour évaluer le contexte économique et social, et grille de notation. Rappel : une note de 0 correspond à une absence de menace et une note de 1 à une menace maximale.

Sous-indicateur	Notation
Installation de jeunes éleveurs	oui = 0 ; intermédiaire = 0,5 ; non = 1
Débouchés pour les produits et services	oui, rémunérateurs et diversifiés = 0 ; oui, moyens = 0,5 ; non = 1
Disponibilités de reproducteurs à la vente	oui = 0 ; non = 1
Existence d'un signe de différenciation	oui = 0 ; non = 1
Appui financier des collectivités territoriales	oui = 0 ; non = 1

Références

- Alderson L. (2003) Criteria for the recognition and prioritisation of breeds of special genetic importance. *Animal Genetic Resources Information* 33, 1-9.
- Alderson L. (2010) Breeds at risk : criteria and classification. *Joint ERFPP/RBI/RBST workshop summary report*, London, 16-17 February 2010.
- Audiot A. (1995) Races d'hier pour l'élevage de demain. *INRA Editions*, Paris.
- Avon L., Gastinel P.L., Verrier E. (1992) Les races domestiques menacées de ruminants dans la CEE. Inventaire et état de ces populations, propositions d'aménagements des dispositifs réglementaires en leur faveur. *Rapport pour la Commission de la Communauté Economique Européenne*, 35 p.
- Boichard D., Maignel L., Verrier E. (1997) Value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genetics Selection Evolution* 29, 5-23.
- Cervantes I., Goyache F., Molina A., Valera M., Gutiérrez J.P. (2011) Estimation of effective population size from the rate of coancestry in pedigreed populations. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 128, 56-63.
- Danchin-Burge C., François L., Laloë D., Leroy G., Verrier E. (2013) Using the information collected for genetic evaluation to assess the French ruminant and equine within-breed genetic variability. *Interbull Bulletin* 47.
- Duchev Z. (2014) New breed classification system, the new interface and the status of implementation. *ERFP meeting*, Thessaloniki (Greece), 05-06 March 2014 [http://www.rfp-europe.org/fileadmin/SITE_ERFP/WG_Docu/new_breeds_class.pdf].
- FAO (2004) Lignes directrices secondaires pour le développement de plans de gestion des ressources génétiques animales au niveau national. FAO publications.
- Frankham R., Bradshaw C.J.A., Brook B.W. (2014) Genetics in conservation management: revised recommendations for the 50/500 rules, red list criteria and population viability analyses. *Biological Conservation* 170, 56-63.
- Gandini G, Ollivier L., Danell B., Distl O., Geogoudis A., Groeneveld E., Martyniuk E., van Arendonk J., Woolliams J. (2004) Criteria to assess the degree of endangerment of livestock breeds in Europe. *Livestock Production Science* 91, 173-182.
- Gutiérrez J.P., Altarriba J., Díaz C., Quintanilla R., Cañón J., Pieddrafitia J. (2003) Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. *Genetics Selection Evolution* 35, 43-63.
- Lauvie A., Danchin-Burge C., Audiot A., Brives H., Casabianca F., Verrier E. (2008) A controversy about crossbreeding in a conservation programme: the case study of the Flemish Red cattle breed. *Livestock Science* 118, 113-122.
- Lambert-Derkimba (2007) Inscription des races locales dans les conditions de production des produits animaux sous AOC : enjeux et conséquences pour la gestion collective des races mobilisées. *Thèse de doctorat AgroParisTech*, [<http://pastel.archives-ouvertes.fr>].
- Lauvie A., Audiot A., Couix N., Casabianca F., Brives H., Verrier E. (2011) Diversity of rare breed management programs: between conservation and development. *Livestock Science* 140, 161-170.
- Leroy G., Mary-Huard T., Verrier E., Danvy S., Charvolin E., Danchin-Burge C. (2013) Estimating the effective population size using pedigree data: what method in practice? Examples in Dog, Sheep, Cattle and Horses. *Genetics Selection Evolution* 45, 1.
- Loftus R., Sherf B. (Eds.) (1993) World Watch List for Domestic Animal Diversity, 1st ed. FAO, Rome.
- Sherf B. (Ed.) (2000) World Watch List for Domestic Animal Diversity, 3rd ed. FAO, Rome.
- Sherf B., Rischkowsky B., Hoffmann I. (2005). Status of the farm animal genetic resources conservation : time for action? IPGRI/FAO International Workshop, Montpellier, November 7-10, 2005, pp. 9-16.
- Verrier E., Danchin-Burge C., Le Mézec P., Moureaux S. (2009) La variabilité génétique des races bovines laitières : indicateurs, bilans, moyens de gestion. *Assemblée générale Coopérative d'Élevage et d'Insémination Animale de Haute-Savoie*, Cruseilles, décembre 2009.
- Wright S. (1931) Evolution in Mendelian populations.

