

VOLUME
2



VERS DES AGRICULTURES À HAUTES PERFORMANCES

CONCEPTION ET ÉVALUATION DE SYSTÈMES
INNOVANTS EN AGRICULTURE CONVENTIONNELLE

Étude réalisée pour le Commissariat général à la stratégie et à la prospective



Membre fondateur de



VERS DES AGRICULTURES À HAUTES PERFORMANCES

VOLUME 2

CONCEPTION ET ÉVALUATION DE SYSTÈMES INNOVANTS EN AGRICULTURE CONVENTIONNELLE

Hervé Guyomard, Christian Huyghe, Jean-Louis Peyraud, Jean Boiffin,
Bernard Coudurier, François Jeuland, Nicolas Urruty



Septembre 2013

Etude réalisée pour le Commissariat général à la stratégie et à la prospective

POUR CITER CE DOCUMENT :

Guyomard H., Huyghe C., Peyraud J.L., Boiffin J., Coudurier B., Jeuland F., Urruty N. 2013. Vers des agricultures à hautes performances. Volume 2. Conception et évaluation de systèmes innovants en agriculture conventionnelle. Inra. 234 pages.

AVANT-PROPOS

D'ici dix ans, la ferme France aura profondément évolué. Grâce à de nombreuses initiatives, la transition est déjà en route. La course à la production poursuivie par l'agriculture française depuis les années 1950 - sa productivité a été multipliée par 10 depuis - est en voie d'évoluer vers la multi-performance.

Comme partout dans le monde, le modèle agricole développé après-guerre en France rencontre un certain nombre de limites, notamment dans ses atteintes à la biodiversité et à l'environnement, mais également en termes de plafonnement des rendements agricoles ou encore d'émergence de phénomènes de résistances aux pesticides chez certains ravageurs. Son évolution vers des modes de production plus durables et tout aussi productifs est indispensable. Pour faire face aux enjeux de demain - agricoles, alimentaires, énergétiques, mais également environnementaux et sociaux - il apparaît de plus en plus clair qu'une agriculture diverse, y compris dans ses modes de production, est indispensable.

C'est dans ce contexte que le Commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP) a confié à l'Inra, suite à un appel d'offres lancé en avril 2012, une étude destinée à déterminer les possibilités d'évolution de l'agriculture française vers des systèmes de production agricole plus durables. L'objectif était d'analyser les marges de progrès offertes par, d'une part, les systèmes de production dits « biologiques » et, d'autre part, les systèmes de production dits « conventionnels », au travers de deux questions :

- **Comment rendre l'agriculture biologique plus productive et plus compétitive ?**
- **Comment organiser la transition de l'agriculture conventionnelle vers une agriculture plus durable ?**

Ces deux questions ont été explorées en s'appuyant sur une grille commune d'indicateurs des performances productives, économiques, environnementales et sociales, et en mobilisant l'ensemble des connaissances disponibles sur les systèmes agricoles innovants proposant de nouveaux compromis entre ces différentes performances, tant en agriculture biologique qu'en agriculture conventionnelle.

Les travaux conduits dans le cadre de cette étude sont organisés sous forme d'un rapport composé de quatre volumes distincts et autonomes, mais complémentaires :

- **Le volume 1** « Analyse des performances de l'agriculture biologique » propose une revue de littérature de l'ensemble des performances de l'agriculture biologique, des études statistiques originales sur les performances productives et économiques des exploitations agricoles françaises biologiques, et une analyse de la compétitivité de la filière biologique nationale sur la base d'une enquête spécifique ;
- **Le volume 2** « Conception et évaluation de systèmes innovants en agriculture conventionnelle » présente la méthodologie adoptée pour identifier et apprécier les pratiques et ensembles de pratiques qu'il serait possible de mettre en œuvre pour une transition des différentes agricultures françaises vers la multi-performance ;
- **Le volume 3** « Evaluation des performances de pratiques innovantes en agriculture conventionnelle » propose une analyse détaillée des performances productives, économiques, environnementales et sociales de plus de 200 pratiques agricoles élémentaires organisées en un certain nombre de classes de pratiques ou méta-pratiques ;

- **Le volume 4** « Analyse des voies de progrès en agriculture conventionnelle par orientation productive » propose une analyse des freins et leviers à la multi-performance pour les principales filières agricoles, végétales et animales, de l'agriculture française.

Le présent volume correspond au volume 2 du rapport « Vers des agricultures à hautes performances ».

REMERCIEMENTS

Nous remercions les nombreuses personnes qui ont enrichi la réflexion et ont permis de mener à bien la production de l'ensemble de ce rapport ; elles ont grandement contribué à la richesse de son contenu.

Nous tenons en premier lieu à remercier Dominique Auverlot, Géraldine Ducos et Aude Teillant, tous trois du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective ; ils sont à l'origine de ce rapport et ont toujours été des interlocuteurs directs disponibles, stimulants et constructifs.

Nous remercions Marion Guillou, qui conduisait dans le même temps une mission auprès du Ministre en charge de l'agriculture dans le cadre de la préparation du plan agro-écologique de ce dernier et présidait le comité de pilotage de la présente étude. Ses conseils ont toujours été précieux et avisés. Nous remercions également l'ensemble des membres du comité de pilotage. Ils nous ont permis non seulement d'enrichir le contenu du rapport, mais aussi d'approfondir la réflexion en nous demandant de préciser de nombreux points.

Au sein du ministère en charge de l'agriculture, nous remercions Pierre Claquin, Elsa Delcombel, Noémie Schaller et Julien Vert qui ont contribué à la mission de Marion Guillou et ont donc suivi aussi toute cette étude.

Trois remerciements spécifiques pour terminer. Merci d'abord à Nicolas Trift qui nous a apporté son aide efficace, notamment au niveau de la rédaction, à plusieurs moments. Ensuite, at last but not least, merci à Valérie Toureau et Nicolas Urruty qui ont assuré la correction finale du rapport et sa mise en forme. Ce fut là un travail fastidieux dont ils se sont acquittés avec diligence et dans une bonne humeur jamais mise en défaut.

Ce volume 2 consacré à la conception et l'évaluation de systèmes innovants en agriculture conventionnelle a fait l'objet de nombreux échanges pour établir le cadre d'analyse et la méthodologie. De nombreuses personnes ont contribué à ces débats et ont ainsi enrichi nos propositions initiales. Ils sont trop nombreux pour que nous les citions toutes et tous, mais les remerciements n'en sont pas moins sincères. Un merci particulier à Christian Bockstaller, Pierre Dupraz, Chantal Gascuel, Philippe Faverdin. Merci aussi à Tamara Ben-Ari.

SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	7
INTRODUCTION GÉNÉRALE	9
PARTIE I	
ANALYSE DES PRATIQUES ET DES PERFORMANCES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE.....	15
PARTIE II	
ANALYSE DES VOIES D'ÉVOLUTION VERS DES SYSTÈMES INNOVANTS ET PERFORMANTS EN AGRICULTURE CONVENTIONNELLE	73
PARTIE III	
FACILITER LES TRANSITIONS VERS DES SYSTÈMES À HAUTES PERFORMANCES	175
CONCLUSION GÉNÉRALE	
SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS	189
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	215
ANNEXES	221
TABLE DES MATIÈRES	227

RÉSUMÉ

Après appel d'offre, le CGSP a demandé à l'Inra d'analyser les possibilités d'évolution des pratiques et des systèmes agricoles aujourd'hui présents dans l'hexagone de façon à concilier performances productives, économiques, environnementales et sociales, et les conditions de déploiement de telles pratiques et systèmes à hautes performances.

La démarche utilisée a d'abord consisté à qualifier ce qu'il convient d'entendre par « agricultures multi-performantes ». A cette fin, les impacts de plus de 200 pratiques agricoles élémentaires ont été qualifiés à l'aune de 35 indicateurs portant sur 5 classes de performances, soit (i) la production, (ii) l'économie, (iii) la consommation de ressources naturelles, (iv) la protection de l'environnement et (v) les performances sociales. Dans un second temps, l'étude a analysé les impacts de combinaisons de pratiques sur ces cinq classes de performances *via* la construction d'un outil d'aide à la conception de systèmes de production agricole. L'outil permet une utilisation en entrant (i) par une pratique autour de laquelle est associé un ensemble cohérent d'autres pratiques, (ii) par une performance jugée prioritaire qu'il s'agit d'atteindre en combinant différentes pratiques qui ne dégradent pas les autres performances, et si possible les améliorent, enfin (iii) par type de production (grande culture ou bovins lait, par exemple).

De cette analyse ressortent quatre familles de leviers à actionner et deux freins à lever. Les quatre familles de leviers ont trait (i) à la préservation et à la gestion optimisée des ressources naturelles (énergie, eau, phosphore, sol, air), (ii) à la diversification des successions de cultures et des assolements, (iii) à l'adaptation des systèmes de production animale, et (iv) au développement de solidarités agricoles renouvelées dans les territoires ruraux. Si la mise en œuvre de pratiques correspondant à ces quatre familles de leviers permet souvent d'améliorer les performances environnementales (moindre consommation de ressources naturelles et préservation augmentée de l'environnement) sans dégrader les performances productives et économiques, parfois même en les améliorant, c'est au prix, le plus souvent, (i) d'une augmentation des besoins en capital et donc potentiellement de la charge d'endettement des exploitations et (ii) d'un accroissement de la charge de travail, de sa technicité, de sa complexité, voire de sa pénibilité. De façon générale, il apparaît ainsi que performances environnementales, productives et économiques (au sens restreint, i.e., la marge ou la valeur ajoutée par hectare, animal, exploitation) ne sont pas obligatoirement, ni même le plus souvent, antagonistes, et que les performances élémentaires dégradées suite à la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement portent d'abord sur le capital et le travail.

De cette analyse ressortent aussi sept recommandations :

- (R1) Fixer le cap : définir des objectifs globaux réalistes mais néanmoins ambitieux qui traduiront la volonté de la transition vers des agricultures à hautes performances ;
- (R2) Développer le système d'information : collecter, structurer et mettre à disposition les savoirs et savoir-faire sur les pratiques et systèmes à hautes performances ;
- (R3) Nourrir le système d'information I : développer un effort de recherche à la hauteur de l'enjeu ;
- (R4) Nourrir le système d'information II : développer un effort d'expérimentations en situations réelles à la hauteur de l'enjeu ;
- (R5) Se former à utiliser le système d'information : développer des outils d'aide à la décision et la formation, initiale et continue, des acteurs ;
- (R6) Renouveler le conseil en agriculture et s'assurer que cette offre renouvelée du conseil rencontre sa demande ;
- (R7) Inciter à la transition vers des agricultures à hautes performances par des politiques publiques fortes et renouvelées.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La conception et le déploiement de systèmes de production agricoles innovants, capables de concilier durabilité et productivité, s'inscrivent au cœur même des missions de l'Inra (Institut National de la Recherche Agronomique) et des recherches et expérimentations conduites dans ses Unités de recherche et Expérimentales et en collaboration avec les différents partenaires de la recherche, du développement et du monde économique. Ceci est décliné sur une grande diversité de productions, tant animales que végétales.

L'exigence de productivité est imposée par l'évolution de la population mondiale et des modes de consommation, mais aussi par les demandes croissantes de matières premières agricoles destinées à des usages non alimentaires (Guillou et Matheron, 2011). Pour répondre à ces évolutions, la réduction des pertes post-récolte et post-transformation va constituer un levier, mais qui sera insuffisant pour répondre à l'accroissement de la demande mondiale. Si l'on veut éviter une mise en culture excessive de milieux naturels à forte valeur environnementale (forêts, prairies, steppes,...) et ses conséquences négatives par changement direct et indirect d'allocation des sols, il devient alors impératif de chercher à accroître la productivité par unité de surface sur les terres agricoles disponibles.

Toutefois, cette recherche d'accroissement de productivité doit se faire dans un cadre de contraintes environnementales, cette prise en compte permettant d'imaginer des systèmes de production durables, qui peuvent être en rupture par rapport aux systèmes dominants existants aujourd'hui. Ces contraintes environnementales sont de deux types. Il s'agit d'une part de limiter l'impact sur le milieu, en réduisant les pollutions de l'eau et des milieux aquatiques (nitrate, pesticides, résidus médicamenteux), de l'air (protoxyde d'azote, méthane, ammoniac) et en limitant la réduction de la biodiversité par modification des habitats. Mais il s'agit également de prendre en compte la rareté de la ressource pas ou peu renouvelable mobilisée pour l'acte de production agricole. Parmi ces ressources, hormis les surfaces déjà mentionnées, il faut citer la ressource en eau, en phosphore et en énergie fossile (la fertilisation azotée représentant près de la moitié du coût énergétique en production végétale). Cette contrainte de rareté a été soulignée dans le rapport du SCAR (Standing Committee for Agricultural Research ; Freibauer *et al.*, 2011) qui propose d'y répondre grâce aux transitions induites par un changement de comportement de l'aval, et par des innovations technologiques liées à la production (notamment l'intensification écologique), l'accélération de l'adoption des pratiques issues de la recherche et des innovations, la diversification des systèmes agro-alimentaires et le déverrouillage des systèmes socio-techniques. Un cadre théorique chaque jour plus riche se construit sur l'analyse des transitions et la gestion des situations de verrouillage (Geels, 2002).

L'analyse et la recherche d'innovations pour concilier performance économique, acceptabilité sociale et performance environnementale peuvent s'appuyer sur les travaux du Millenium Ecosystem Assessment (Reid, 2005) qui montrent comment les différentes fonctions des écosystèmes permettent de répondre aux grands défis et invitent à considérer les systèmes de production agricole au travers des concepts de l'agro-écologie (Wezel *et al.*, 2009). En cohérence, l'Inra a mis en place en 2011 un chantier de réflexion sur le thème de l'agro-écologie, dont le rapport de synthèse a été récemment publié¹.

Dans ces réflexions, il faut cependant éviter deux écueils. Tout d'abord, croire que les solutions existent d'ores et déjà et que pour mettre en place une agriculture française à la fois compétitive et écologique il suffit d'assurer le transfert et la généralisation des *success stories* d'exploitations innovantes serait une

¹ Rapport du Chantier Agro-Ecologie, Septembre 2012, Inra, 104 p.

erreur. Il ne faut évidemment pas négliger qu'il y a beaucoup à apprendre de ces expériences en conditions réelles, mais il est indispensable de comprendre les bases de ces réussites, de préciser et analyser les éléments génériques qui les expliquent ainsi que les dépendances au milieu physique ou au contexte socio-économique pour pouvoir ensuite étendre les solutions à d'autres contextes. Un effort significatif de recherche et de recherche-développement est plus que jamais nécessaire, effort qui doit inclure les modalités de transfert des résultats de recherche de sorte à les transformer en innovations adoptables et adoptées à grande échelle. D'autre part, la réflexion à l'échelle des exploitations agricoles ne peut déboucher sur une évolution des pratiques que si elle prend en compte l'ensemble de la filière et donc les acteurs, les processus, les réglementations et les contraintes qui s'appliquent à l'amont et à l'aval des exploitations. La performance économique et environnementale doit donc être réfléchie à l'échelle des filières de production. En cohérence, l'Inra a mis en place depuis plusieurs décennies des groupes filières sur les grands secteurs de production, qui englobent les processus de production et de transformation.

Compte tenu de ces considérations liminaires, la réflexion sur l'identification de systèmes de production agricole conciliant performance économique et performance environnementale s'est construite autour de plusieurs hypothèses, avec différentes démarches clés et en mobilisant une large gamme de ressources. Toutefois, il faut souligner que différents éléments ont été présumés comme invariants du fait des pas de temps relativement courts considérés dans cette analyse et de sa focalisation sur le niveau de l'exploitation.

Les principales hypothèses qui ont sous-tendu ce travail sont les suivantes :

- Il est d'usage de catégoriser les différents modes de production agricole en grands ensembles que l'on retrouve parfois sous des sigles ou des grandes démarches : Agriculture de conservation, agriculture biologique, agriculture écologiquement intensive.... Même si ces grandes classes permettent une certaine structuration, elles ne permettent pas de capturer l'ensemble de la variabilité existante, puisqu'il y a une très grande variabilité de pratiques, de performances économiques et environnementales au sein de chacun d'entre eux ;
- Nous avons donc fait le choix d'une démarche sans a priori, qui ne cherche pas à identifier en vue de le reproduire un système hypothétiquement idéal, qui s'il existait, aurait été adopté depuis longtemps ;
- Nous posons également l'hypothèse qu'il est possible d'aller au-delà des success stories qui ont été identifiées, en construisant et évaluant de novo de nouveaux systèmes de production, en rupture par rapport aux systèmes existants. Ceci fait appel au paradigme ESR pour Efficience, Substitution, Reconception, proposé par Hill et Mc Rae (1996) ;
- Cette conception de novo signifie qu'un système multi-performant mobilise des pratiques agricoles efficaces et les organise de façon cohérente, pour atteindre les objectifs de performances économiques et environnementales de l'exploitant agricole, en cohérence avec ses attentes personnelles et avec les potentialités ou contraintes du milieu biophysique ou du milieu économique (Bos *et al.*, 2009 ; Meynard *et al.*, 2012) ;

Sur la base des hypothèses présentées ci-dessus, la démarche mise en œuvre a comporté quatre étapes majeures, soit 1) la définition des performances de l'exploitation agricole, 2) le schéma du fonctionnement de l'exploitation, 3) l'évaluation des pratiques et combinaisons de pratiques au regard de leurs impacts sur les performances de l'exploitation et 4) la confrontation de ces résultats à ceux obtenus pour les différentes orientations productives étudiées. Ces quatre points sont repris plus en détail ci-dessous :

- 1) Au-delà de la nécessaire conciliation de la performance économique et environnementale, il est apparu essentiel de couvrir de façon conjointe et cohérente toutes les performances attendues ou que peut rendre une exploitation dans une filière et un territoire agricole. Ceci nous a conduit à identifier les performances, en les structurant en cinq ensembles que sont la production, dans ses dimensions quantité et qualité, l'économie de l'exploitation, l'utilisation de ressources naturelles peu ou pas renouvelables, l'environnement, le social et en particulier le travail et le bien-être animal dans le cadre

des filières concernées. Pour ces différentes performances, il est nécessaire de disposer d'indicateurs quantitatifs ou qualitatifs ;

- 2) Une représentation générique de l'exploitation agricole et de son fonctionnement a été développée, adaptable à toutes les orientations productives, et qui permet de resituer l'exploitation dans sa filière et son territoire, avec les dimensions sociales, réglementaires et économiques afférentes au fonctionnement des filières et des territoires. Cette représentation a permis de positionner l'ensemble des flux au sein des exploitations et de positionner de grands ensembles de pratiques, que nous avons nommés 'Méta-pratiques' ;
- 3) Ces méta-pratiques regroupent des ensembles de pratiques élémentaires, identifiées comme susceptibles de contribuer à une amélioration des performances environnementales et économiques et ceci selon un processus itératif au sein du groupe de travail. Ces pratiques élémentaires sont pour certaines nouvelles et pour d'autres peuvent déjà être mises en œuvre dans les exploitations agricoles. Pour chacune de ces pratiques élémentaires, nous nous sommes attachés à qualifier les changements des différentes performances de l'exploitation agricole que la pratique induirait si elle était mise en œuvre sans modification du reste de l'exploitation et des systèmes. Puis, en analysant les relations et articulations entre pratiques élémentaires, nous avons développé et déployé une méthodologie permettant de construire des paquets techniques cohérents et d'en documenter les conséquences sur les différentes performances. Les principaux enseignements de l'étude des pratiques figurent dans le présent volume. Une analyse détaillée de chacune des pratiques élémentaires, avec explicitation des effets sur chacune des performances figure dans un volume dédié à l'ensemble des méta-pratiques² ;
- 4) Cette analyse globale a ensuite été confrontée et confortée par les travaux au sein des filières de productions. Pour ce faire, nous avons mobilisé les groupes filières, interdisciplinaires présents au sein de l'Inra, en les enrichissant, autant que possible par des compétences et des expertises en provenance des instituts techniques, des chambres d'agriculture ou des organismes économiques. Cette approche filière a également permis de prendre en compte l'amont (fourniture d'approvisionnement, de machinisme et d'équipements) et l'aval (industrie de transformation) de l'exploitation agricole. Cette analyse filière a été conduite sur l'ensemble des filières de production, à l'exception des productions spécialisées sous serre, des cultures ornementales, aromatiques, médicinales et à parfum ou de petites filières animales (lapins,...). Toutefois le cadre de réflexion mobilisé pourrait être adapté à ces filières ultérieurement. En conséquence, les filières végétales de grandes cultures annuelles, les fruits et légumes enrichis de la pomme de terre, la vigne, les ruminants laitiers et allaitants, les porcs, les volailles et les équins ont fait l'objet d'une analyse détaillée. Ces analyses font l'objet d'un volume dédié³ et la synthèse figure dans le présent volume.

Pour mener à bien ce travail, une large gamme de ressources a été exploitée et mobilisée :

- La première et principale ressource est apportée par la littérature scientifique. En utilisant les bases de données internationales du Web of Science et des Cab Abstracts, de nombreuses publications ont été exploitées, qu'il s'agisse d'ouvrages, de publications de synthèse ou d'articles primaires décrivant des travaux de recherche sur des points précis. Nous avons aussi utilisé la littérature grise, constituée par les mémoires, les rapports de travaux ou les articles de revues techniques ;
- Dans le cadre de ses missions, l'Inra conduit de nombreuses études, expertises scientifiques et prospectives. On peut par exemple citer le rapport fondateur Ecophyto R&D, les expertises « Elevage et Azote », « Variétés tolérantes aux Herbicides », l'étude « cultures intermédiaires pièges à nitrate »,.... Ceci constitue des ressources privilégiées pour accéder à des synthèses, des réflexions originales ou pour rebondir vers la littérature primaire qui a servi de support à ces travaux ;

² Guyomard H., Huyghe C., Peyraud J.L., Boiffin J., Coudurier B., Jeuland F., Urruty N. 2013. Vers des agricultures à hautes performances. Vol 3 : Evaluation des performances de pratiques innovantes en agriculture conventionnelle. Inra, Paris

³ Georget M., Coudurier C., Guyomard H., Huyghe C. 2013. Vers des agricultures à hautes performances. Vol 4 : Analyse des voies de progrès en agriculture conventionnelle par orientation productive. Inra, Paris

- Dans le domaine appliqué contribuant à l'innovation, nous avons utilisé les papiers publiés dans les différentes éditions des rencontres de recherche sur les filières animales (3R, JRP, JRA, JRE)⁴, les Carrefours de l'Innovation Agronomiques (Ciag), ainsi que dans les rapports de différents projets Casdar pertinents pour les réflexions conduites dans ce projet ;
- Enfin, les compétences au sein des groupes filières étendus aux partenaires des Instituts ont constitué une ressource privilégiée pour mener de réelles expertises scientifiques collectives, avoir une vision systémique du fonctionnement des filières, préciser les enjeux inhérents aux différentes orientations productives et identifier les freins au changement et les leviers d'action, tant au niveau national qu'international. Nous avons également sollicité, en lien direct avec les groupes Filières, les GIS (Groupements d'Intérêt Scientifique) dédiés qui mettent en œuvre de manière concertée des programmes de recherche et de R&D en réponse aux enjeux des filières. Ce sont des lieux collaboratifs de programmation conjointe et de montage de projets, en complémentarité avec les dispositifs partenariaux existants (UMT, RMT...).

Cependant, au terme de cette étude, il est nécessaire de souligner que certains éléments du fonctionnement global de l'ensemble des systèmes considérés apparaissent comme des invariants supposés. Ceci est induit par deux choix initiaux établis au lancement de ce travail, à savoir de se centrer sur l'exploitation agricole et de travailler sur des pas de temps courts, en analysant ce qui est susceptible d'être mis en œuvre dès maintenant dans les exploitations pour améliorer l'ensemble des performances :

- En raison des pas de temps courts, nous avons considéré qu'il n'y avait pas de changement dans la répartition des zones de production, tant dans le secteur animal que dans le secteur végétal. Il n'y a donc pas de transition territoriale significative. Dans ce contexte, nous nous sommes attachés à analyser l'évolution des zones de polyculture-élevage qui sont les zones de plus forte transition en matière de systèmes de production ;
- Pour la même raison, nous avons considéré que l'utilisation des produits de récolte ne subissait pas de variation majeure, en faisant l'hypothèse que la consommation des produits animaux et végétaux, en frais ou transformés ne connaîtrait pas de changement fort ;
- Et toujours en raison des pas de temps courts, nous avons fait l'hypothèse que la concurrence entre les filières de production se faisait sur la base de l'organisation des systèmes de culture et non de leur possible substitution dans la production et l'utilisation des matières premières ;
- Enfin, et parce que cette étude est centrée sur l'exploitation et que les changements considérés sont applicables immédiatement, il était raisonnable de ne pas poser d'hypothèses sur l'apparition d'innovation en aval des filières. On n'a donc pas retenu l'hypothèse d'innovations technologiques dans les industries de transformation qui seraient susceptibles de permettre la valorisation de produits de l'exploitation dont la qualité intrinsèque serait modifiée en conséquence à certaines nouvelles pratiques agricoles ou d'élevage.

⁴ 3R : Rencontres Recherches Ruminants ; JRP : Journées de la Recherche Porcine ; JRA : Journée de la Recherche Avicole ; JRE : Journée de la Recherche Equine

PARTIE I ANALYSE DES PRATIQUES ET DES PERFORMANCES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

CHAPITRE 1	INVENTAIRE ET ANALYSE DES PERFORMANCES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE	17
CHAPITRE 2	REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DU FONCTIONNEMENT D'UNE EXPLOITATION AGRICOLE.....	33
CHAPITRE 3	ANALYSE DES PRATIQUES ÉLÉMENTAIRES.....	51

CHAPITRE 1

INVENTAIRE ET ANALYSE DES PERFORMANCES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

CHAPITRE 1 Inventaire et analyse des performances de l'exploitation agricole.....	18
A - Une diversité d'objectifs environnementaux assignés à l'agriculture	19
B - Inventaire des performances de l'exploitation agricole	23
C - Variabilité et caractère conditionnel des performances.....	29

CHAPITRE 1

Inventaire et analyse des performances de l'exploitation agricole

De manière générale, la commande passée à l'Inra au travers de cette étude consistait à « déterminer les possibilités d'évolution de l'agriculture française vers des systèmes de production agricole plus durables (c'est-à-dire plus performants du point de vue économique, environnemental et social) ». Le cahier des charges impliquait notamment d'explorer les moyens de (i) rendre l'agriculture biologique plus compétitive⁵ et (ii) de diminuer l'impact environnemental des systèmes de production conventionnels, tout en gardant une productivité comparable, voire supérieure.

L'approche multifonctionnelle de l'agriculture, c'est-à-dire sa capacité à produire plusieurs biens à partir d'une même activité, a mis en avant la pluralité des enjeux associés à l'agriculture : fourniture de produits agricoles en quantité et qualité, garantie de revenus suffisants pour ses actifs, diminution de la pression sur les ressources naturelles peu renouvelables, maîtrise des impacts négatifs sur l'environnement, intégration des coûts sociaux (charge et pénibilité du travail, bien-être animal, etc.), gestion des paysages, etc.

La nécessaire prise en compte de cette multifonctionnalité, se conjuguant avec la difficulté de mesurer directement certains types de performances (notamment celles associées à des fonctions non marchandes) a entraîné au cours des deux dernières décennies un vaste effort de mise au point d'indicateurs (cf. entre autres MEA, 2003 ; MEDD-MNHN, 2008 ; Crédoc 2009 ; Chevassus-au-Louis *et al.*, 2009 ; TEEB, 2010) et plus récemment l'essor des méthodes d'évaluation multicritères (cf. entre autres MASC (Craheix *et al.*, 2012), IDEA (Vilain *et al.*, 2008), Diagnostic de durabilité du RAD-CIVAM (2010), IndiciADes (IAD, 2013), etc.).

La nécessaire prise en compte de cette diversité d'enjeux dans le cadre de cette étude s'est traduite par la conception d'une grille d'analyse permettant d'inventorier et de classer les différents biens et services produits par une exploitation agricole. In fine, l'évaluation des performances productives, économiques, environnementales et sociales permettra d'identifier et, si possible, de caractériser des systèmes de production agricoles plus durables, c'est-à-dire engagés dans une amélioration aussi étendue que possible des performances que nous prenons en compte.

Ce premier chapitre vise à présenter la démarche méthodologique ayant conduit à la grille d'analyse des performances retenues. En premier lieu, nous rappelons les différents objectifs environnementaux assignés à l'agriculture et auxquels les systèmes de production de demain devront répondre. Puis, nous présentons la grille d'analyse retenue, ainsi que les hypothèses sous-jacentes. Enfin, nous discuterons la variabilité spatio-temporelle des performances et indicateurs retenus, et leur dépendance au milieu biophysique et au contexte économique.

⁵ Voir le Volume 1 relatif à l'Agriculture Biologique

A - Une diversité d'objectifs environnementaux assignés à l'agriculture

En matière environnementale, les performances attendues des systèmes agricoles doivent intégrer l'ensemble du contexte réglementaire français et européen ainsi que les grands objectifs définis au niveau international.

A1 - Gestion de la ressource en eau

A1.1 - Atteindre le bon état qualitatif et quantitatif des masses d'eau d'ici 2015 – Directive Cadre sur l'eau (DCE)

Cette obligation européenne porte notamment sur le niveau de prélèvement de la ressource, sa qualité chimique et écologique. Elle ne paraît pas en mesure d'être atteinte pour de nombreuses masses d'eau et nécessitera alors un report d'engagement (MEDDE, 2012). Pour concentrer les moyens, 500 captages prioritaires (en fait 530 ouvrages) ont été identifiés à la suite du Grenelle de l'environnement. Mais l'objectif de disposer pour chacun d'entre eux d'un plan d'action en 2012 n'a pas été davantage atteint. Les tensions nationales et locales sont très vives et les blocages nombreux.

A1.2 - Réduire l'utilisation des produits phytosanitaires – Plan Ecophyto

Décidé à la suite du Grenelle, ce plan vise à réduire la dépendance aux pesticides pour des raisons de protection de la ressource en eau, mais aussi de la santé et de la biodiversité. Des moyens conséquents ont été dédiés à ce plan qui se déploie en 9 axes et concerne de nombreux acteurs, depuis ceux de la production agricole, jusqu'aux ONG impliquées dans la préservation de l'environnement. Au bout de 5 années de mise en œuvre, les principaux outils et dispositifs prévus par le plan (Certiphyto, Bulletin de Santé du Végétal, réseaux d'expérimentation et démonstration, portails d'information, etc.) sont correctement mis en place mais les niveaux globaux d'utilisation des pesticides, au bout de 3 ans, ne montrent pas de tendance à la baisse, ce qui traduit la difficulté d'atteinte de l'objectif chiffré initial, désormais jugé « hors de portée ». L'intention est cependant toujours la même, mais comme souligné à l'automne 2012 par Stéphane Le Foll, Ministre de l'agriculture, une déclinaison de cette ambition par filière et par région est nécessaire pour prendre en compte les spécificités et la forte dépendance aux milieux biophysique et économique de la protection phytosanitaire. Le sujet est majeur car il remet en cause un pivot autour duquel se sont construits les systèmes de production végétale au cours des 30 dernières années en France et en Europe (Meynard et al., 2009). Il n'est donc pas surprenant qu'il fasse l'objet de nombreux débats, et que l'évolution des usages présente globalement une forte inertie.

A1.3 - Réduire l'utilisation des antibiotiques vétérinaires – Plan EcoAntibio 2017

L'antibiorésistance est un phénomène naturel de défense des bactéries en réponse à l'action exercée par l'antibiotique. Face au risque majeur de la sélection de bactéries résistantes, et la transmission de cette résistance à d'autres bactéries chez l'animal et chez l'homme, le plan Ecoantibio 2012-2017 en cours de mise en place prévoit un usage prudent et raisonné des antibiotiques, avec des objectifs qualitatifs et quantitatifs : réduire de 25 % en 5 ans l'usage des antibiotiques en médecine vétérinaire, avec un effort particulier de réduction des antibiotiques d'importance critique. Ce plan est piloté par le Ministère en charge de l'agriculture, et mobilise tous les acteurs : éleveurs, vétérinaires, pharmaciens, industrie pharmaceutique, scientifiques, pouvoirs publics. Il se décline en 5 axes et 40 mesures déclinées en fiches-action (<http://agriculture.gouv.fr/Les-40-mesures-du-plan>) visant à promouvoir les bonnes pratiques et sensibiliser les acteurs, développer les alternatives évitant les recours aux antibiotiques, renforcer

l'encadrement des pratiques commerciales et des règles de prescription, améliorer le dispositif de suivi de la consommation des antibiotiques et de l'antibiorésistance, et promouvoir la même approche à l'échelon européen et international. Il faut noter la bonne volonté de tous les acteurs, d'autant plus que certains l'avaient anticipé : édition d'un Guide de bonnes pratiques de l'antibiothérapie vétérinaire à l'usage des vétérinaires dès 2009 par la SNGTV (Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires), moratoire de la filière porc depuis 2010 sur les céphalosporines 3G et 4G, choix de l'indicateur IFTA© (Index de Fréquence des Traitements par les Antibiotiques ; Fortun-Lamothe *et al.*, 2011) par la filière cynicole comme outil de suivi de son plan de démedicalisation. Pour autant, les acteurs devront persévérer et s'appuyer sur la recherche afin d'innover dans leurs pratiques autour de l'élevage (mais aussi des animaux de compagnie) pour améliorer et consolider ces avancées.

A1.4 - Maîtriser la gestion des effluents d'élevages – Directive Nitrate

La directive (directive 91/676/CEE 12 décembre 1991) rassemble des obligations de moyens pour lutter contre les pollutions dues au nitrate d'origine agricole. Elle définit différents types de zonages, au premier rang desquels celui des zones vulnérables auxquelles doivent être appliquées des Plans d'action. Elle impose de respecter un plafond de 170 kg de N organique par hectare et certaines règles de gestion des effluents en zone vulnérable – période d'interdiction d'épandage, couverture des sols, bandes tampons – et limite l'agrandissement des élevages dans les zones d'excédents structurels. Dans le cadre du contentieux lancé par la Commission européenne arguant que toutes les mesures nécessaires n'avaient pas été mises en œuvre, la France a récemment renforcé les modalités d'application de la directive, ces modalités entrant en vigueur à la mi-2013 avec le 5ème programme d'action.

Il est à souligner que la DCE (Directive Cadre sur l'Eau), promulguée ultérieurement, introduit vis-à-vis du nitrate des objectifs (liés au bon état écologique des masses d'eau) encore plus contraignants que le respect des normes de potabilité (50mg/l.). Ainsi, pour limiter les proliférations d'algues vertes, dans les sites côtiers sensibles, les travaux de l'Ifremer amènent à considérer que la teneur en nitrate des fleuves côtiers ne devrait pas dépasser 10-12mg/l (Ménèsguen, 2003).

A1.5 - Réduire les prélèvements d'eau pour l'agriculture – LEMA 2006, PNACC

Concernant le volet quantitatif, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) de 2006 misait sur une gestion collective de l'irrigation en zones prioritaires. De son côté, le Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) se fixe comme objectif d'économiser 20 % de l'eau prélevée d'ici 2020, tous usages confondus, en mentionnant pour l'agriculture les pistes d'optimisation du stockage et de filières économes en eau.

A2 - Qualité des sols

Une étude publiée par le Groupement d'Intérêt Scientifique Sol en 2011 évalue l'état des sols en France et leur évolution au cours des dernières décennies (GIS Sol, 2011). Au-delà de l'analyse des composants physiques et biochimiques des sols, il est aujourd'hui envisageable de caractériser leur état biologique et notamment la flore microbienne au travers de la quantification de l'ADN microbien (Ranjard, 2012). L'enjeu de préservation de la qualité des sols est clairement identifié et partagé par le monde agricole et les pouvoirs publics mais aucun objectif explicite ne lui a été associé. Une proposition de directive cadre pour la protection des sols, adoptée par le Parlement européen en 2007 puis rejetée par le Conseil, n'est plus à l'agenda aujourd'hui. Elle ambitionnait d'apporter une réponse notamment aux problèmes d'érosion et à la diminution des teneurs en matières organiques des sols. Toutefois, des mesures concrètes existent, comme les BCAE (Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales) dans le cadre de la conditionnalité des aides PAC, ou certaines MAE territorialisées. Le critère de diversité d'assolement proposé dans le verdissement renforcerait celui déjà existant, mais peu exigeant, au sein des BCAE.

A3 - Lutte contre le changement climatique et énergie

A3.1 - Diviser par quatre les émissions de GES de la France entre 1990 et 2050 – Loi POPE 2005

Si cet objectif de long terme semble très difficile à atteindre dans le secteur agricole, un facteur 2 semble réaliste (Solagro, 2012). La conférence environnementale a par ailleurs proposé de nouveaux objectifs globaux pour 2030 (- 40 %) et 2060 (- 60 %).

A3.2 - Réduire de 14 % les émissions de GES hors secteurs SCEQE, entre 2005 et 2020 – Plan climat

Le Plan climat, vise à réduire de 15 % les émissions de GES pour les secteurs hors du Système Commun d'Échange de Quotas d'Émissions (SCEQE). Le secteur agricole, aujourd'hui exclu du SCEQE est directement concerné par cet objectif. Il y a actuellement peu d'instruments pour le mettre en œuvre, mais la Commission Européenne propose d'en faire une priorité du prochain règlement de développement rural 2014-2020. Avec déjà près de 7 % de baisse en 2010, l'objectif semble atteignable.

A3.3 - Atteindre 23 % d'énergie renouvelable (EnR) dans la consommation finale d'énergie d'ici 2020 – Plan climat

Le développement des biocarburants doit y contribuer avec l'objectif d'un taux d'incorporation de 10 % en 2020. Très décrié depuis quelques années, il est remis en cause par la pause à 7 % déclarée lors de la conférence environnementale alors que l'objectif européen est également en cours de révision – revu potentiellement à 5 %. Cette réorientation conjuguée à un développement moins important qu'attendu de l'éolien et du photovoltaïque pose la question des moyens pour atteindre l'objectif global.

A3.4 - Encourager l'efficacité énergétique des exploitations agricoles – Loi Grenelle 1

Dans le cadre de l'objectif de 20 % d'économies d'énergies du Paquet climat-énergie européen, le Grenelle a fixé l'objectif de 30 % d'exploitations agricoles à faible dépendance énergétique en 2013. Cet objectif ambitieux et qui selon toute vraisemblance ne sera pas atteint, reste affiché par le Plan de performance énergétique, qui devrait notamment être mis en œuvre *via* le deuxième pilier de la PAC.

A4 - Qualité de l'air : Réduire les émissions d'ammoniac et de particules – Protocole de Göteborg, Plan particules

Signé en 1999 et prolongé en 2012, le protocole de Göteborg fixe un objectif de réduction de 4 % des émissions d'ammoniac entre 2005 et 2020, lesquelles sont à 97 % d'origine agricole. Cet objectif semble tenable au regard de la réalisation du précédent objectif – moins 7 % entre 1990 et 2010. Dépassant la seule question de l'ammoniac, un volet *Agriculture* a également été défini dans le Plan « particules » issu du Grenelle, établissant une liste de leviers et de moyens à promouvoir – couverture des fosses, modalités d'épandage, etc. – sans objectif chiffré. Cet enjeu n'est pour l'instant pas considéré comme majeur.

A5 - Préservation de la biodiversité

A5.1 - Favoriser une structure des paysages adaptée à la biodiversité – Trame verte et bleue, Verdissement

L'application des principes de la Trame verte et bleue (TVB) au sein des schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE) était attendue pour fin 2012. Le caractère non opposable est un point faible du dispositif et sa déclinaison est localement critiquée. Même s'il ne relève pas naturellement d'une dynamique collective pourtant nécessaire à la TVB, le critère de 7 % en surfaces d'intérêt écologique proposé dans le verdissement de la PAC 2014-2020 pourrait constituer un outil intéressant.

A5.2 - Maintenir les prairies permanentes – Conditionnalité, Verdissement

Depuis la réforme de la PAC de 2003, le versement des aides, désormais découplées, est soumis à certaines exigences dites de conditionnalité, dont le maintien des surfaces en prairies permanentes avec une tolérance de plus ou moins 10 %. Cette exigence a été en apparence efficace et a permis de stopper l'érosion des surfaces en prairies permanentes à l'exception de diminutions marquées dans certaines régions d'élevages ruminants intensifs. Le projet de verdissement de la PAC 2014-2020 renforce cette conditionnalité, le gel des surfaces en prairies permanentes sera désormais fixé au niveau individuel et régionalisé, avec une petite marge de tolérance.

A5.3 - Préserver les espèces et habitats remarquables – Natura 2000, MAE T

La France a l'obligation de mettre en œuvre les mesures adéquates de préservation des espèces et des milieux au sein des zones du réseau européen Natura 2000. Pour y favoriser l'adoption de pratiques agricoles favorables à la biodiversité, la contractualisation de MAE Territoriales a été encouragée. La pertinence du ciblage n'est pas remise en cause, mais les taux de recouvrement des zones à enjeux sont faibles.

A5.4 - Freiner l'artificialisation des terres agricoles – SNDD, Conférence environnementale

Figurant au sein de la stratégie nationale de développement durable (SNDD) et réaffirmé par la Conférence environnementale de septembre 2012, cet objectif n'a pourtant jamais été chiffré ou précisé et manque d'instruments de mise en œuvre. Il fait toutefois l'objet d'un large consensus au sein du monde agricole. Il nécessite pour sa mise en œuvre une concertation renforcée entre les acteurs du monde agricole et les responsables de l'urbanisation.

A6 - Objectifs transversaux (agriculture biologique, légumineuses)

A6.1 - Développer la production en agriculture biologique – Plan agriculture biologique, Grenelle

Le plan vise 6 % de la SAU en agriculture biologique en 2012 et 20 % en 2020. Avec 4 % aujourd'hui, la première marche n'est pas atteinte et la seconde semble bien haute sans rupture avec la trajectoire actuelle. Le plan prévoit également 20 % d'approvisionnement en produits bio dans la restauration collective en 2012, mais peu de chiffres permettent de juger du niveau d'avancement de cet objectif. Un nouveau cap a été proposé lors de la conférence environnementale (doubler le pourcentage de la SAU en bio entre 2012 et 2017).

A6.2 - Développer la production de légumineuses – Plan protéines végétales, Grenelle

Le Grenelle a fixé comme objectif la relance de la production de protéagineux et autres légumineuses, dont les incidences positives sur l'eau, le climat ou les sols ont été dument caractérisées. Le plan « Objectif Terres 2020 » visait un doublement des superficies entre 2007 et 2020. Les soutiens aux protéagineux ont été totalement découplés fin 2011, mais ils ont bénéficié de 2010 à 2012 d'une aide complémentaire suite à la mise en œuvre du bilan de santé de la PAC. Ceci a permis un doublement des surfaces en 2011, mais qui a été suivi d'une nouvelle diminution en 2012, entre autres du fait des mauvais rendements obtenus en pois protéagineux en 2011.

B - Inventaire des performances de l'exploitation agricole

B1 - Présentation du cadre général de l'analyse

L'unité d'analyse privilégiée est l'exploitation agricole, en lien avec les filières et les territoires dans lesquels celle-ci est insérée (Figure 1.1).

Cette échelle d'analyse « exploitation centrée » se justifie par le fait qu'elle correspond au niveau de décision des agriculteurs. Nous avons bien conscience qu'en la privilégiant, nous faisons l'impasse sur les déterminants externes à l'exploitation agricole. Cette limite, liée à la nécessité de circonscrire le champ de l'étude, est bien entendu à prendre en compte au niveau des conclusions opérationnelles de l'étude : pour susciter ou rendre possible telle ou telle évolution des systèmes de production agricoles, encore faut-il que les leviers considérés ici comme externes, puissent être actionnés.

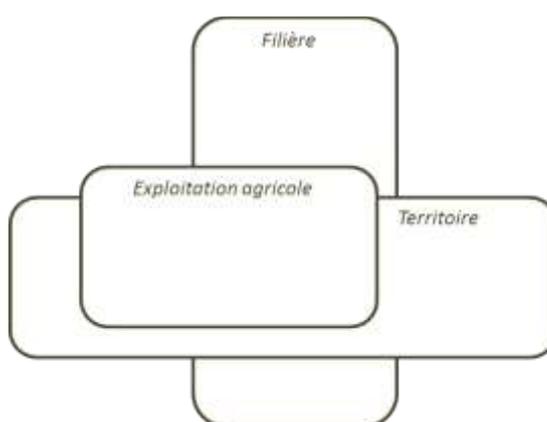


Figure 1.1 : Représentation simplifiée du lien entre exploitation agricole, filière et territoire

En premier lieu, l'ensemble des biens et des services fournis par une exploitation agricole sont listés et nommés comme étant des produits issus de l'exploitation agricole. Ces derniers sont ensuite répartis en cinq classes : production (en volume et en qualité), viabilité économique ; préservation des ressources non ou peu renouvelables ; protection de l'environnement et production de biens sociaux.

Le niveau de fourniture de chacun de ces produits est traduit par un niveau de performance ; une grille composée de cinq classes de performances, ou méta-performances (C1 à C5), est donc appliquée,

chacune de ces méta-performances intégrant un sous-ensemble de performances élémentaires pour traduire la pluralité des objectifs assignés à l'agriculture.

Au total, nous avons retenu 35 performances élémentaires réparties au sein des cinq méta-performances suivantes :

- **C1_Production** : cette classe de performances évalue la satisfaction des besoins alimentaires et non alimentaires *via* la production de biens agricoles pour des usages alimentaires et/ou non alimentaires. Elle prend en compte à la fois la production en volume et en qualité des produits de récolte, ce dernier point permettant le lien à l'aval de l'exploitation où la qualité détermine pour une part l'accès aux marchés ;
- **C2_Economie** : cette deuxième classe mesure la viabilité économique de l'exploitation agricole et du ménage agricole ;
- **C3_Ressources naturelles** : celle-ci vise à mesurer les économies potentielles d'usage des ressources naturelles non renouvelables (énergie fossile, phosphore) ou difficilement / lentement renouvelables (eau) ;
- **C4_Environnement** : cette quatrième classe de performances évalue le niveau de préservation ou d'amélioration de la qualité de l'environnement (qualité des sols, qualité de l'eau, qualité de l'air et biodiversité) ;
- **C5_Social** : cette dernière catégorie évalue la qualité de vie de l'agriculteur, du ménage agricole, des travailleurs de l'exploitation agricole. Elle traite également de la question du bien-être animal, qui est une composante importante de l'acceptabilité des pratiques d'élevage à la fois par l'éleveur et par la société.

Cette grille de performances permet ensuite d'analyser l'impact des pratiques et systèmes de production, selon une approche qui peut être représentée de façon matricielle, les performances (en colonnes) étant croisées avec différentes pratiques (en lignes).

B2 - Présentation des différentes performances élémentaires retenues

Le Tableau 1.1 présente l'ensemble des méta-performances, performances et performances élémentaires retenues pour pouvoir évaluer l'impact des différentes évolutions de pratiques envisagées dans le chapitre qui suit.

Le principe de cette évaluation consiste à déterminer non pas un niveau de performance dans l'absolu, mais un sens de variation, traduit dans le Tableau 1.1 par un verbe exprimant une évolution favorable (augmenter ou améliorer telle ou telle caractéristique d'intérêt ; diminuer tel ou tel impact défavorable) par rapport à une situation de référence où l'évolution des pratiques envisagée n'a pas lieu.

La démarche analytique consistera alors à caractériser les conséquences des évolutions des pratiques et systèmes (*cf.* chapitre suivant) sur l'ensemble des performances élémentaires distinguées, soit 35 au total. Cette caractérisation est exprimée par une note fixée parmi 5 classes, l'impact pouvant être positif (noté « + »), neutre à positif (noté « =/+ »), neutre (noté « = »), neutre à négatif (noté « =/- »), négatif (noté « - ») ou variable (noté « +/- »). L'attribution de ces notes est déduite de la grille figurant en Annexe 1, qui établit une correspondance entre les performances prises en compte et le sens de variation des indicateurs usuels. L'attribution des notes ambivalentes (« +/- », « =/+ », « =/- ») correspond à la variabilité et au caractère conditionnel des performances retenues, discutés dans la partie C ci-dessous.

En définitive, on dispose ainsi d'un système d'évaluation qualitatif et analytique des évolutions techniques envisageables, qui seront identifiées et caractérisées dans les chapitres 2 et 3 de cette première partie. Pour approfondir et préciser la démarche, il est possible de recourir à une approche plus quantitative qui mesurerait les niveaux atteints (ou variations de ces niveaux) pour certains indicateurs de performances.

Une telle approche est conditionnée par la disponibilité des données nécessaires au calcul des indicateurs, et ne peut dès lors s'appliquer qu'à des cas particuliers, ou à des cas-types renseignés de façon plus ou moins arbitraire.

Compte tenu de l'objectif du rapport, et en particulier de la préférence donnée à la généralité des conclusions plutôt qu'à leur précision, nous avons opté pour une évaluation qualitative ordonnée, qui caractérise les performances non pas par des niveaux obtenus mais par des sens de variation.

B2.1 - Production

La méta-performance « Production » comprend :

- La quantité de biens alimentaires et/ou non-alimentaires produits (par exemple en t/ha de biomasse végétale ou en kg de viande ou de lait produits par les troupeaux) sur l'exploitation ;
- La qualité de ces produits de récolte en agrégeant en une seule performance l'ensemble des volets sanitaire, nutritionnel, organoleptique ainsi que l'aptitude à la transformation par les industries agro-alimentaires d'aval (par exemple, la conformation des carcasses des animaux ou encore le respect de la teneur en protéines du blé).

B2.2 - Economie

La méta-performance « Economie » comprend quatre performances relatives aux soldes de gestion, à la rentabilité, à la robustesse et à la transmissibilité :

- Les soldes de gestion retenus sont les indicateurs comptables bien connus. Il s'agit des charges variables, de la Valeur Ajoutée (VA), de l'Excédent Brut d'Exploitation (EBE) et du Résultat Courant Avant Impôt (RCAI), tous ces indicateurs étant mesurés par actif agricole ;
- La rentabilité est mesurée en rapportant la valeur ajoutée au chiffre d'affaires de l'exploitation ;
- Les performances élémentaires dites de robustesse visent à apprécier la capacité de l'exploitation à supporter une conjoncture économique externe défavorable. Nous avons considéré (i) l'autonomie productive de l'exploitation qui est appréciée en rapportant les dépenses en intrants achetés en dehors de l'exploitation à son chiffre d'affaires hors aides ; (ii) la dépendance aux aides directes qui est mesurée en appréciant le poids de celles-ci dans l'EBE ou le RCAI ; (iii) la diversité des productions (c'est-à-dire la diversité des produits animaux, végétaux, et autres produits qui sont fournis par l'exploitation) ; et (iv) l'endettement mesuré en rapportant le poids des annuités d'endettement dans l'EBE ;
- Un travail a également été entamé pour qualifier la transmissibilité des exploitations. Elle pourrait être mesurée par le capital d'exploitation par unité de travail, considérant que l'augmentation du capital limite la transmissibilité. Ceci visait à apprécier la facilité de reprise de l'appareil productif. Une difficulté majeure de l'exercice résulte de l'ambiguïté dans la qualification de cette performance : un investissement comme la modernisation des bâtiments d'élevage conduit à augmenter le capital à reprendre ce qui est un facteur défavorable mais, simultanément, améliore la qualité de ce même capital désormais aux normes, qui permet une meilleure gestion des effluents d'élevage, accroît le bien-être des animaux. Cette ambiguïté a induit des hétérogénéités dans l'appréciation de l'impact des différentes pratiques élémentaires sur cet indicateur, qui n'a pu être retenu dans la suite de l'analyse malgré l'intérêt qui doit lui être porté.

Les soldes de gestion utilisés pour estimer la viabilité économique des exploitations sont au nombre de quatre car ils permettent conjointement de mieux approcher le niveau de performance économique des exploitations agricoles. Nous présentons ci-dessous les principaux indicateurs économiques utilisés dans le calcul de ces niveaux de performance (chiffre d'affaire, charges variables, valeur ajoutée, excédent brut d'exploitation et revenu courant avant impôt), leurs limites et leur dépendance au contexte socio-économique.

Tableau 1.1 : Les performances de l'exploitation agricole appréciées à l'aune des biens produits et des services rendus

Méta-performances	Performances	Performances élémentaires
Production	Production	Augmenter la production
		Améliorer la qualité des produits de récolte
Economie	Rentabilité	Augmenter la rentabilité
	Soldes de gestion	Diminuer les charges variables
		Augmenter la Valeur Ajoutée
		Augmenter l'Excédent Brut d'Exploitation
		Augmenter le Résultat Courant avant Impôt
	Robustesse	Augmenter l'autonomie productive
		Diminuer la dépendance aux aides
		Diversifier les productions
		Diminuer l'endettement
	Transmissibilité	Améliorer la transmissibilité
Ressources naturelles	Energie	Réduire la consommation directe d'énergie
		Réduire la consommation indirecte d'énergie
	Eau (quantité)	Réduire la consommation d'eau (irrigation, bâtiments)
Phosphore	Réduire la consommation de phosphore (fertilisation, alimentation du bétail)	
Environnement	Sol	Limiter le compactage
		Diminuer les risques d'érosion
		Augmenter le taux de matière organique
		Limiter l'accumulation d'éléments trace métalliques
	Eau (qualité)	Diminuer la lixiviation du nitrate
		Diminuer l'utilisation de produits phytosanitaires
		Diminuer le ruissellement de phosphore
		Diminuer l'utilisation de médicaments vétérinaires
	Air	Diminuer les émissions de GES
		Diminuer les émissions d'odeurs
		Diminuer les émissions de polluants organiques
		Diminuer les émissions d'ammoniac
	Biodiversité	Augmenter les surfaces semi-naturelles
		Augmenter la diversité des cultures
Diversifier la mosaïque paysagère		
Réduire les perturbations de l'écosystème		
Social	Travail	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité
	Santé	Diminuer l'exposition aux risques de santé
	Bien-être animal	Améliorer le bien-être animal

Le **chiffre d'affaire** hors subventions à l'exploitation reflète le choix des productions marchandes, leur niveau de production et leur prix de vente. Il dépend donc de l'orientation technique, de la taille de l'exploitation et du consentement à payer des clients de l'agriculture. Il ne prend pas directement en compte la fourniture de biens non marchands, notamment ceux visés par la conditionnalité des aides et les mesures agri-environnementales. En revanche, les prix de certains produits marchands tels ceux issus de l'agriculture biologique ou de certaines AOC imposant certaines contraintes à impact environnemental présumé (par exemple interdiction de l'ensilage de maïs pour certains fromages), peuvent capter une partie du consentement à payer des consommateurs pour des améliorations de l'environnement.

Les **charges variables** rassemblent les dépenses correspondant à des facteurs de production qui disparaissent dans le processus de production. Elles reflètent le choix de ces facteurs, leurs niveaux et leurs prix. Elles sont destinées à l'ensemble de la production marchande et non marchande de l'exploitation. Elles sont choisies simultanément et de manière cohérente aux choix des productions et de leurs niveaux. Certaines charges variables sont des substituts quasi-parfaits du travail et du capital : il s'agit des travaux effectués par des tiers pour des cultures ou des troupeaux et qui correspondent à des prestations de services productifs achetés par l'exploitant.

La **valeur ajoutée** ou marge brute hors subventions est la différence entre le chiffre d'affaire hors subventions et les consommations intermédiaires. Elle reflète l'efficacité technique et allocative de l'exploitation agricole à court terme. L'efficacité technique mesure le rapport entre les quantités produites, ici limitées aux biens marchands, et les quantités de facteurs disparaissant dans le processus de production qui ont permis de les obtenir. L'efficacité allocative mesure l'écart entre les rapports de prix des différents facteurs et biens produits et les taux marginaux de substitution et de transformation correspondants. Un vecteur de facteurs et de biens est allocativement efficace si ces rapports et ces taux sont égaux. La valeur ajoutée est donc un indicateur très synthétique de l'efficacité technico-économique à court terme. Avec les subventions à l'exploitation, elle est la source de la rémunération des facteurs de production qui ne disparaissent pas dans le processus de production : la terre, le travail et le capital d'exploitation qui rassemble bâtiments et équipements.

La valeur ajoutée est cependant un indicateur imparfait de l'efficacité technico-économique à court terme. Elle ne prend pas en compte les produits non marchands du côté recettes (chiffre d'affaires) même si ces produits influent sur le côté dépenses (consommations intermédiaires), sauf pour les biens fortement joints à des produits labellisés agriculture biologique ou AOC avec contrainte environnementale. Pour ce faire, elle peut être corrigée par l'addition des subventions correspondant à des produits non marchands : mesures agri-environnementales notamment. Il serait délicat d'ajouter les subventions conditionnées du premier pilier et aux zones défavorisées car ces paiements ne sont pas calculés en fonction d'efforts ou de résultats environnementaux, sanitaires ou sociétaux. L'autre imperfection provient des travaux par tiers, qui gonflent les charges variables et viennent en substitution du travail ou du capital. Ces prestations ne posent pas de problèmes théoriques pour l'appréciation de l'efficacité, mais masquent une partie des facteurs de production qui ne disparaissent pas dans le processus de production. Il peut être important de les isoler et de les analyser pour certaines comparaisons.

L'**excédent brut d'exploitation (EBE)** est l'indicateur économique qui reflète le mieux le point de vue de l'exploitant agricole en temps qu'entrepreneur et propriétaire. L'EBE est la valeur ajoutée plus les subventions et indemnités d'assurance moins les fermages, frais de personnel, impôts et taxes. Ainsi, l'EBE est le solde qui doit rémunérer les facteurs de production détenus en propre par l'exploitant agricole soit le travail familial, la terre en faire-valoir direct et les bâtiments, équipements et matériels qu'il possède. Si l'EBE permet de comparer les performances de deux exploitants en tant qu'entrepreneurs, il est peu fiable comme indicateur des performances technico-économiques car il est très sensible à la propriété des moyens de production. En effet, deux exploitations absolument identiques en termes de valeur ajoutée, de terre, de travail et de capital vont avoir des EBE très différents si l'une n'utilise que du travail familial et l'autre du travail salarié. On a le même phénomène avec la part de terre exploitée en fermage, qui diminue mécaniquement l'EBE. En outre, l'EBE intègre les subventions d'exploitations : c'est un avantage par rapport à la valeur ajoutée si on considère que toutes les subventions correspondent à des productions non marchandes ; mais ce n'est en général pas le cas.

Comme la valeur ajoutée, l'EBE est un indicateur synthétique de l'efficacité technique et allocative de moyen terme. Il intègre cependant une partie des facteurs terre et travail. Le moyen terme désigne ici l'horizon temporel auquel les baux et les contrats de travail peuvent être renégociés. C'est donc neuf ans pour la plupart des baux fonciers, de quelques jours à quelques mois pour les contrats de travail, éventuellement quelques années dans les zones où le marché du travail est peu actif. Comme la valeur ajoutée ou le chiffre d'affaire, l'EBE ne tient pas compte de la façon dont les activités de l'exploitation sont financées.

Le **revenu courant avant impôts** (RCAI) est l'indicateur qui se rapproche le plus du concept économique de profit. Le RCAI est l'EBE dont on a soustrait les amortissements des bâtiments, équipements, plantations pérennes et animaux reproducteurs et auquel est ajouté le résultat des opérations financières. Le RCAI intègre donc les performances financières de l'exploitation qui dépendent des financements de court et long termes, de la politique d'investissement et de provisions de l'exploitation. Ces choix intègrent souvent une optimisation fiscale qui vise à lisser le RCAI dans le temps. Le RCAI ne tient pas compte des produits et charges exceptionnels (vente d'un tracteur amorti par exemple).

Pour comparer des exploitations de tailles différentes, des ratios sont le plus souvent utilisés. Les ratios les plus courants sont ceux correspondant à des productivités apparentes comme les rendements (quintaux de blé à l'hectare ou litres de lait par vache) : le chiffre d'affaires par hectare de surface agricole utilisée ou par équivalent temps plein de travail disponible sur l'exploitation. Ils rendent compte d'une partie de la réalité du système de production. Toutes les comparaisons ne sont pas pertinentes. Par exemple, l'élevage hors sol aura toujours une productivité par hectare très supérieure à la plupart des autres systèmes agricoles.

Si la valeur ajoutée peut être rapportée au travail ou à la terre utilisée par l'exploitation, l'EBE ou le RCAI ne doivent être rapportés qu'au travail familial ou à la terre en faire-valoir direct. Cependant, compte tenu de l'encadrement légal du fermage en France et des taux de fermage très bas au regard de la profitabilité de la terre en agriculture, la comparaison des EBE par hectare en propriété sera le plus souvent biaisé en faveur des exploitations ayant massivement recours au fermage, aux exploitations céréalières du bassin parisien en comparaison avec les élevages de l'ouest par exemple.

De nombreux autres ratios existent, comme la rentabilité commerciale (EBE/chiffre d'affaire) qui exprime la part de richesse que l'exploitant retire de son activité agricole.

Toutefois, dans le cadre de cette étude, nous nous limiterons à l'analyse des voies de progrès au sein des différentes orientations productives sans chercher à comparer les niveaux de performances entre exploitations de différentes orientations productives. De fait, l'indicateur EBE reste un indicateur pertinent dans le cadre de cette étude.

B2.3 - Ressources naturelles

La méta-performance « Préservation des ressources naturelles » porte sur des ressources naturelles faisant l'objet d'une consommation par l'agriculture qui induit une diminution équivalente de la ressource disponible, soit définitive si cette ressource est non-renouvelable, soit pendant un ou plusieurs cycles de renouvellement (cas de l'eau) si cette ressource est renouvelable. On prend en compte les dimensions suivantes :

- Consommation d'énergie directe (fioul, gasoil, gaz, électricité, etc.) liée à l'activité et d'énergie indirecte correspondant à la consommation d'énergie induite au travers de l'utilisation de facteurs de production et en particulier des engrais minéraux, des produits phytosanitaires, des concentrés alimentaires, etc. ;
- Consommation d'eau pour l'irrigation des cultures, l'abreuvement des animaux et le fonctionnement des bâtiments d'élevage ;
- Consommation de phosphore pour la fertilisation des parcelles et l'alimentation du bétail.

B2.4 - Environnement

La méta-performance « Environnement » couvre les quatre dimensions sol, eau (ici dans sa dimension qualité), air et biodiversité :

- L'impact sur la qualité du sol est apprécié au regard des risques de compactage et d'érosion et au travers des teneurs en Matière Organique (MO) et en Eléments Trace Métalliques (ETM) dans les sols ;
- L'impact sur la qualité de l'eau est évalué par rapport aux risques de lixiviation du nitrate et de ruissellement du phosphore vers les masses d'eau d'une part, et vis-à-vis de l'utilisation de produits phytosanitaires et de médicaments vétérinaires sur l'exploitation qui potentiellement peut conduire à des transferts de molécules vers les masses d'eau d'autre part. Concernant les produits phytosanitaires et vétérinaires, nous ne prenons pas en compte à ce grain d'analyse les profils écotoxicologiques des substances utilisées ;
- L'impact sur la qualité de l'air est évalué au travers des émissions nettes de gaz à effet de serre (CO₂, N₂O, CH₄ et potentiel de séquestration de carbone), d'ammoniac et d'odeurs, ainsi que des émissions de polluants organiques volatils (provenant principalement des épandages de produits phytosanitaires) ;
- Enfin l'impact sur la biodiversité est apprécié à l'aide d'indicateurs relatifs à l'importance des surfaces semi-naturelles (bandes enherbées, haies, arbres isolés, talus, etc.), de la diversification des cultures (nombre de culture présentes dans l'assolement et les rotations), en regard de la diversification de la mosaïque paysagère et, plus généralement, du degré de perturbation de l'écosystème. Par ce dernier intitulé, on vise les actions de toute nature conduisant à une réduction significative et durable de la biodiversité, ou à la diminution voire l'élimination d'une ou plusieurs espèces d'intérêt, ou encore à la réduction voire la disparition de services écosystémiques liés à certaines composantes de l'écosystème et à leur fonctionnement normal (par exemple, la pollinisation, la dénitrification, la régulation des populations de gibier, etc.). Ainsi l'impact sur la biodiversité est davantage documenté au travers des moyens mis en œuvre et susceptibles de l'influencer positivement qu'au travers d'une qualification de l'impact direct sur les divers compartiments et niveaux d'organisation de la biodiversité.

B2.5 - Social

La méta-performance prend en compte des critères relatifs à la qualité de vie de l'exploitant et de ses salariés, ainsi que la perception des activités de production par le voisinage de l'exploitation et plus généralement par la société :

- La quantité et la pénibilité (tant physique que cognitive) du travail pour l'agriculteur et ses salariés ;
- Le potentiel d'exposition à des éléments à risque pour la santé de l'agriculteur ou des voisins, ce qui correspond principalement aux émissions d'ammoniac et de produits organiques volatils (pesticides en particulier) ;
- Le bien-être des animaux présents sur l'exploitation.

C - Variabilité et caractère conditionnel des performances

Au-delà de la caractérisation des pratiques et des systèmes de production mis en place, les niveaux de performances d'une exploitation agricole sont à considérer au regard du contexte général dans lequel se trouve cette exploitation. Le chapitre 2, présentant le fonctionnement général de l'exploitation agricole a permis de mettre en lumière les nombreux facteurs (internes ou externes à l'exploitation) et les différents niveaux d'interactions qui pèsent sur les décisions de l'agriculteur et, *in fine*, sur les performances de son système de production.

De plus, il faut rappeler que l'environnement dans lequel l'agriculteur évolue influence les niveaux de performance possibles. Les indicateurs, qui mesurent ces niveaux de performances, peuvent présenter des disparités importantes, liées à des particularités locales ou au type de production considéré, et s'avérer très variables d'une région à une autre, d'une filière à une autre, et même d'une année à l'autre. C'est pourquoi, il est indispensable de systématiquement mettre en regard les performances d'une exploitation donnée vis-à-vis :

- de l'environnement biophysique (climat, topographie, etc.) dans lequel se situe l'exploitation ;
- du contexte socio-économique (prix, filières, marchés, politiques économiques, etc.) ;
- de la durée plus ou moins longue au terme de laquelle on veut apprécier les performances, dans la mesure où, par exemple, l'effet de telle pratique sur telle performance peut exiger du temps avant d'être effective.

Enfin, la sensibilité de l'exploitation face aux chocs et aléas de toutes natures (économiques, climatiques, sanitaires, etc.) est un point à considérer avec attention.

C1 - Modulation des impacts par le milieu biophysique

Les impacts environnementaux de l'activité agricole sont très fortement tributaires des conditions géomorphologiques, topographiques, pédologiques et climatiques dans lesquelles se situe l'exploitation agricole ainsi que des aménagements plus ou moins artificiels des paysages. Les caractéristiques du milieu peuvent directement influencer sur les performances de l'exploitation, soit en amplifiant les impacts environnementaux, soit au contraire en les tamponnant ou encore en retardant les effets. Par exemple, le type de sol, en fonction de sa texture et sa profondeur, a un impact direct sur l'intensité du lessivage des éléments présents dans le sol et donc sur les risques de pollutions associés à l'activité agricole. Des cartes de sensibilité des régions européennes au risque de lixiviation peuvent ainsi être établies (Velthof et *al.*, 2007).

De même, les pertes par dénitrification (et les émissions de N₂O qui peuvent en résulter) sont beaucoup plus importantes dans les sols riches en matières organiques et mal drainés que dans les sols limoneux et argileux, et elle est minimale dans les sols sableux non hydromorphes. Elle est aussi ralentie à basse température. A l'inverse, le risque de lixiviation s'accroît dans les sols sableux.

Les impacts des émissions peuvent aussi être limitées par la présence de « zones tampons », c'est notamment le cas pour les émissions d'azote diffuses (nitrate), les zones humides ayant un rôle de dénitrification important. A l'échelle du paysage, les estimations de quantités épurées vont d'environ 10 % à plus de 50 % des surplus, avec des quantités épurées souvent supérieures à plusieurs centaines de kg/ha de zones humides (Peyraud et *al.*, 2012). De même, dans le cas d'émissions ponctuelles comme celles d'ammoniac par les bâtiments d'élevage, la présence de haies ou de bandes boisées captent une partie significative des émissions.

Aucun type d'impact environnemental n'échappe à cette règle de dépendance aux facteurs de contexte et d'extrême variabilité qui en résulte.

C2 - Dépendance au milieu socio-économique : la filière

L'environnement socio-économique, c'est-à-dire la structuration des filières agricoles et agro-industrielles, façonne très fortement l'activité agricole et peut expliquer pour partie les pratiques choisies, voire les systèmes de production, et de fait les performances des exploitations agricoles françaises.

Les enjeux ne sont également pas les mêmes entre les différentes filières agricoles françaises : la question de la réduction des émissions de GES est régulièrement mise en avant pour les élevages de ruminants mais elle l'est nettement moins pour les filières végétales voire pas du tout en arboriculture ; la question de l'emploi des produits phytosanitaires concerne exclusivement les filières végétales, par contre la question de l'emploi des antibiotiques ou celle du bien-être animal ne concerne que les filières animales mais avec une acuité variable selon ces filières (ces questions sont plus sensibles dans les filières de monogastriques).

Le niveau d'intégration des exploitations au sein de leur filière est un facteur très important qui formate les systèmes et contribue à définir les marges de manœuvre réellement disponibles pour l'agriculteur. Elles sont naturellement beaucoup plus faibles dans les filières les plus intégrées, comme les volailles.

Les demandes de l'aval (transformation, grande distribution, consommateurs) peuvent aussi avoir des conséquences sur les systèmes de production. Les impératifs de teneur en certains constituants, telle la teneur en protéines du blé dur ou la teneur en sucres des betteraves sucrières, sont définis par les industries d'aval car ils permettent d'optimiser le fonctionnement des usines ou de protéger des marchés. Selon les cas, ils conduisent à des pratiques générant un impact négatif ou positif sur l'environnement. La recherche de produits parfaitement calibrés et exempts de tout défaut (le cas des fruits et des légumes est emblématique) conduit nécessairement à accroître les traitements phytosanitaires en culture fruitière ou légumière ; la recherche de carcasses bien conformées (cas des agneaux par exemple) implique un engraissement en bergerie avec des concentrés et limite la possibilité de recourir au pâturage. De même, la recherche d'une moindre saisonnalité de la livraison du lait favorise le développement de systèmes basés sur de l'alimentation conservée à l'étable au détriment du pâturage. Inversement, des démarches d'entreprises ou de coopératives peuvent favoriser l'adoption de pratiques plus vertueuses. C'est par exemple le cas de l'industrie sucrière qui a beaucoup contribué à la diffusion des méthodes de raisonnement de la fertilisation azotée sur betterave, aboutissant depuis 2 ou 3 décennies à une baisse continue des doses apportées à cette culture, accompagnée d'un accroissement considérable des rendements et de la qualité technologique. C'est aussi le cas de certaines coopératives comme la Cooperl qui a développé une filière de traitement des lisiers de porc pour ses adhérents. Face à une demande sociétale clairement exprimée, des entreprises ou la grande distribution s'engagent aussi dans des stratégies impliquant les systèmes agricoles et/ou leurs produits.

Le développement de cahiers des charges multiples (production sous signes de qualité) a aussi des conséquences très importantes sur les systèmes de production.

C3 - Comportement des performances dans le temps

La définition de l'échelle temporelle pour l'analyse des performances peut aussi être déterminante, les résultats pouvant être très variables selon le pas de temps considéré. La dépendance au temps peut se rencontrer pour de nombreuses performances. Au niveau des performances économiques, la performance RCAI peut être dégradée à court/moyen terme si les pratiques mises en œuvre nécessitent des investissements conséquents alors qu'elle sera améliorée lorsqu'il n'y aura plus d'annuités.

Sur le plan environnemental, le changement de pratiques peut ne pas se traduire par une réduction immédiate des impacts sur les milieux. Ainsi, la mise en place de bonnes pratiques agricoles ne se traduit sur la qualité des eaux captées que dans un délai de 5 à 10 ans. Ces délais de réponse du milieu, qui peuvent varier d'un environnement à l'autre sont d'ailleurs sans aucun doute une difficulté majeure pour inciter à des changements, car les efforts entrepris ne se concrétisent pas rapidement par une réduction perceptible des impacts. On peut citer l'exemple de certains pesticides interdits depuis de nombreuses années mais que l'on continue à retrouver (parfois même avec des teneurs croissantes) dans les eaux, ou encore les délais observés entre stabilisation des teneurs en nitrate dans les eaux et l'amélioration des bilans azotés au niveau des bassins d'alimentation.

C4 - Sensibilité des performances face aux aléas

Pour chacune des pratiques et des différents systèmes de production que nous avons analysés dans le cadre de cette étude, nous avons étudié leur sensibilité à des aléas de types économiques, climatiques et sanitaires. Les aléas économiques dépendent des fluctuations des prix agricoles mondiaux et du prix des intrants (notamment le prix de l'énergie). Les aléas climatiques et sanitaires (développement soudain de pathologies ou d'invasions parasitaires) ont toujours été prégnants en agriculture mais peuvent prendre plus d'importance à l'avenir avec le réchauffement global du climat. La résilience des systèmes de production face à ces aléas est à rechercher pour maintenir le revenu et aussi l'acceptabilité de ces nouveaux systèmes, les acteurs économiques, y compris les agriculteurs, ayant une aversion au risque.

L'évolution passée des systèmes agricoles, qui s'est traduite par une forte intensification et aussi une artificialisation des milieux, visait justement à s'affranchir le plus possible des aléas en proposant des itinéraires techniques supprimant tout facteur limitant (d'où un recours massif aux engrais, aux traitements des végétaux et des animaux). Le moindre recours aux intrants pour limiter les coûts de production et l'impact sur l'environnement suppose de mobiliser davantage les régulations écologiques et biologiques, qui sont au cœur des principes de l'agro-écologie. Ces processus dont nombre sont encore à découvrir ou à comprendre sont plus difficiles à maîtriser, ou le sont du moins avec des temps de réponse plus longs. Ils supposent donc de construire des systèmes différents où ces régulations écologiques et biologiques puissent jouer leur rôle, où les acteurs en aient une compréhension suffisante pour anticiper les actions et où la pluri-annualité des analyses, notamment économiques, permet de privilégier l'avantage à moyen terme.

Les exemples sont ici nombreux pour souligner la nécessité de changements qui au premier abord s'apparentent à des ruptures. On peut citer le recours aux légumineuses à graines dont les rendements restent beaucoup plus aléatoires que ceux des graminées ou oléagineux, qu'elles soient en culture pure ou en culture de mélanges dans lesquels la proportion de chaque espèce n'est pas maîtrisée à ce jour. Mais si on s'appuie sur l'exemple des prairies temporaires, on voit alors que la maîtrise des associations graminées-légumineuses s'est nettement améliorée, et qu'elles sont aujourd'hui très largement adoptées (75 % des prairies temporaires installées le sont avec des associations), les éleveurs acceptant un risque de variation du taux des différentes espèces pour échapper à l'aléa des cours des engrais azotés et des tourteaux de soja. Supprimer ou même limiter les traitements phytosanitaires ou vétérinaires systématiques sur les plantes ou sur les animaux respectivement est aussi de nature à accroître le risque de chute de production face à la survenue d'aléas, la réponse ne pouvant venir que de la mise en œuvre d'une large palette de leviers et avec une forte anticipation.

Inversement, d'autres pratiques peuvent contribuer à réduire la sensibilité aux aléas comme par exemple certaines formes de diversification des productions, la recherche de variétés plus tolérantes aux stress ou d'animaux plus robustes, la réduction du chargement qui contribue à une plus grande autonomie alimentaire des élevages, etc.

CHAPITRE 2

REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DU FONCTIONNEMENT D'UNE EXPLOITATION AGRICOLE

CHAPITRE 2	Représentation schématique du fonctionnement d'une exploitation agricole	34
A - Représentation du fonctionnement interne d'une exploitation agricole.....		34
B - Facteurs de production et produits de l'exploitation		36
C - Insertion de l'exploitation agricole dans son environnement : filière et territoire		37
D - A l'interface des systèmes décisionnel et biotechnique : les pratiques (méta-pratiques, pratiques et pratiques élémentaires).....		39

CHAPITRE 2

Représentation schématique du fonctionnement d'une exploitation agricole

La recherche et la caractérisation de voies d'évolution vers des systèmes de production plus durables nécessite de représenter l'ensemble des processus qui conduisent à l'élaboration des produits d'une exploitation agricole. A cette fin, il est indispensable d'étudier l'exploitation agricole comme un ensemble organisé combinant différents types de ressources (humaines, naturelles, financières, foncières, immobilières, etc.), composés de sous-systèmes ayant des fonctions productives spécifiques (les ateliers de production), le tout étant géré par l'agriculteur. Cet ensemble fortement organisé est en évolution et ouvert sur un environnement (au sens large) lui-même en évolution. Son analyse doit permettre de mettre en lumière les déterminants nécessaires pour améliorer les performances des exploitations françaises, et les faire progresser vers plus de durabilité, en distinguant des déterminants respectivement internes et externes par rapport au périmètre des systèmes ainsi décrits.

Le fonctionnement d'une exploitation sera représenté en considérant ses différentes composantes et leur articulation. Nous en déduisons les leviers techniques sur lesquels l'agriculteur peut jouer pour améliorer les performances de son exploitation, c'est-à-dire un ensemble de pratiques élémentaires classées en 15 méta-pratiques (ou classes de pratiques).

A - Représentation du fonctionnement interne d'une exploitation agricole

Cette représentation a été établie dans un souci de généralité afin de pouvoir prendre en compte des situations très variées. Le système de production considéré est ainsi décomposé en deux grands systèmes (Figure 2.1) :

- un **système de décision** qui définit des stratégies de production, les met en œuvre et réalise des arbitrages pour la conduite du système biotechnique ;
- et un **système biotechnique** constitué par des ressources (parcelles, sols, équipements fixes ou mobiles, animaux) organisées au sein des ateliers de l'exploitation.

Nous retrouvons ce couplage [système de décision – système biotechnique] dans certains travaux récents visant à modéliser le fonctionnement des systèmes d'élevage. Ainsi, le modèle de recherche MELODIE, qui vise à étudier et à expérimenter les systèmes de production en élevage, a utilisé cette architecture bipolaire (Chardon et *al.*, 2012). Le modèle Whole farm Model (Wastney et *al.*, 2002) simulant le fonctionnement d'exploitations laitières en Nouvelle Zélande et le modèle GAMEDE (Global Activity Model for Evaluating the sustainability of Dairy Enterprises, Vayssières 2008) s'attachent aussi à décrire les processus décisionnels des agriculteurs et à en analyser les conséquences sur certains produits de l'exploitation.

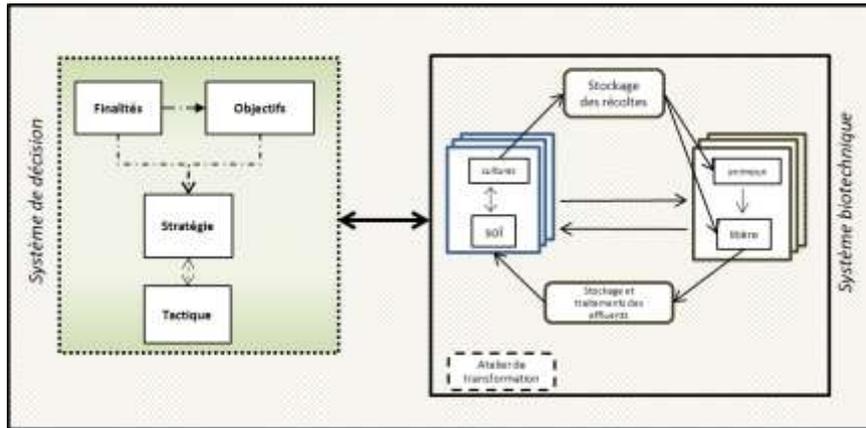


Figure 2.1 : Schématisation du fonctionnement interne d'une exploitation agricole

A1 - Le système de décision

Le système de décision permet de mettre en œuvre et de conduire le système technique de l'exploitation au sens de Haudricourt (1987) sous la forme d'une combinaison de techniques en interaction et destinées à répondre à un objectif (Dumas et al., 2012). Le schéma décisionnel dépeint à la fois la logique de l'agriculteur et la cohérence de ses choix pour piloter le système et s'adapter au contexte (Reau et al., 2011).

En premier lieu, le système de décision définit des stratégies de production, les met en œuvre et réalise des arbitrages en fonction des finalités recherchées par l'agriculteur et des objectifs qui en découlent. Les finalités de l'agriculteur sont des choix personnels, des aspirations avec une certaine permanence dans le temps (ex. dégager deux revenus, réduire le temps de travail), et qui se traduisent par des objectifs professionnels (ex. diversifier la production, adopter de nouveaux modes de production). Les décisions stratégiques (par exemple, faire de la vente directe, accroître la taille du cheptel) engagent en général l'exploitation sur le temps long.

Le système de décision raisonne aussi les décisions opérationnelles/tactiques en définissant un plan d'activités dont le pas de temps est le plus souvent l'année et en le mettant en application au quotidien (choix des dates de semis, d'épandage d'effluents...) et en s'adaptant aux variations de l'état du système de production (déclenchement de l'irrigation, traitement curatif sur des animaux malades, etc.).

Pour la représentation du système de décision de l'exploitation, nous avons donc choisi de le décliner en termes de (i) *finalités* et (ii) *d'objectifs*, qui se traduisent ensuite en une (iii) *stratégie* puis des (iv) *choix tactiques*.

Les actions engendrées par le système de décision de l'agriculteur vont déclencher et piloter le fonctionnement du système biotechnique. Au regard des résultats alors obtenus en fonction de ces choix et du milieu dans lequel il évolue, l'agriculteur pourra faire évoluer ses décisions tactiques, stratégiques, voire ses objectifs professionnels. Le système de décision n'est pas figé dans le temps, mais en mutation permanente pour respecter au mieux les finalités propres à l'exploitant.

A2 - Le système biotechnique

Le système biotechnique est constitué des ressources mobilisées et des différents ateliers de l'exploitation. La notion d'atelier peut être large, elle recouvre bien sûr les ateliers de cultures et de productions animales, mais s'étend aussi le cas échéant, aux ateliers de transformation, voire de commercialisation. Lorsque plusieurs ateliers coexistent au sein d'une exploitation, ils sont le plus souvent en interaction, c'est notamment le cas dans les exploitations de polyculture-élevage où les animaux

consomment des produits végétaux et restituent des effluents qui peuvent être utilisés comme fertilisants ou amendements sur les surfaces en culture, la gestion de ces flux nécessitant des équipements pour les stockages intermédiaires (cf. Figure 2.1).

C'est à l'articulation entre les systèmes de décision et biotechnique que sont mises en œuvre les différentes pratiques élémentaires qui traduisent une partie du fonctionnement du système de production et qui conditionnent, selon leur degré de maîtrise, les niveaux de performances de l'exploitation agricole. L'ensemble des pratiques élémentaires recensées dans cette étude, soit 203 au total, ont été réparties en quinze ensembles structurés appelés « méta-pratiques ». Ces dernières sont présentées et détaillées dans la partie D, ci-après.

B - Facteurs de production et produits de l'exploitation

B1 - Facteurs de production

Pour assurer son fonctionnement productif, une exploitation agricole s'appuie sur différents facteurs de production : (i) le foncier, (ii) le travail et (iii) les moyens de production (Bergeret et Dufumier, 2009).

Ces différents éléments, nécessaires pour qu'une production animale ou végétale puisse être entreprise, sont en lien avec les systèmes décisionnel et biotechnique (Figure 2.2). Toutefois, ils peuvent également être sources de freins à l'évolution des systèmes de production (par exemple en cas de main d'œuvre insuffisante ou d'un type de sol inapproprié pour une nouvelle culture).

Au sein des moyens de production, on distingue le capital fixe (i.e. la valeur des biens servant à plusieurs cycles de production : outils agricoles, bâtiments d'élevage, animaux reproducteurs, etc.) et le capital circulant (i.e. les consommations intermédiaires ou intrants : semences, engrais, aliments du bétail, etc.).

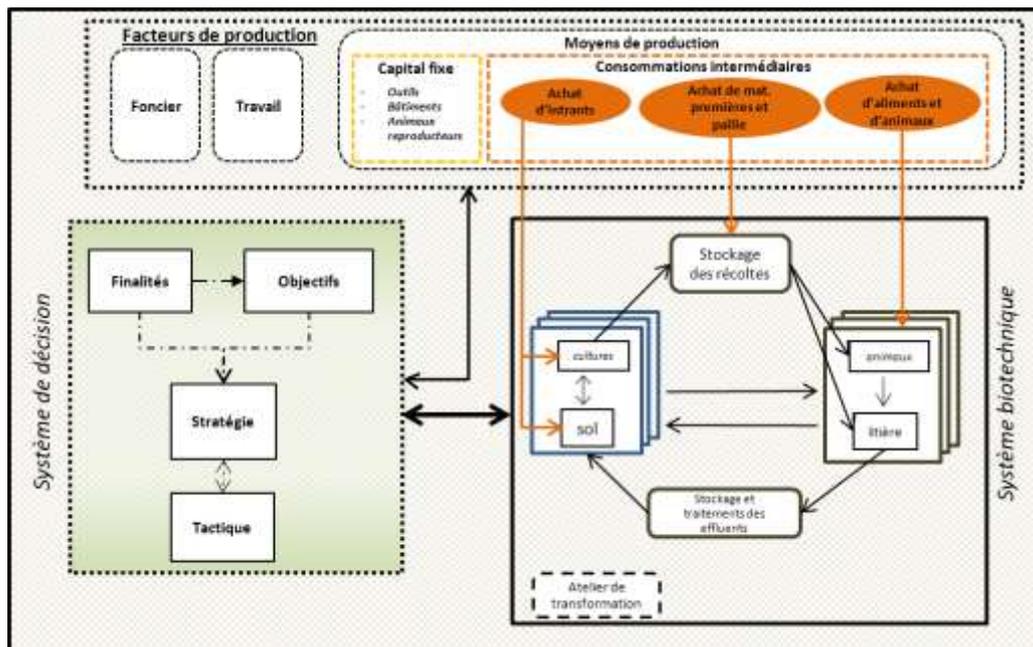


Figure 2.2 : Schématisation des facteurs de production

B2 - Produits de l'exploitation

En sortie de l'exploitation, nous avons symbolisé les différents *produits* fournis (Figure 2.3). Ces produits et leurs évolutions dans un sens plus ou moins favorable, sont quantifiés et qualifiés au sein des cinq classes de performances détaillées dans le chapitre précédent : (1) production, (2) économie, (3) utilisation des ressources naturelles, (4) protection de l'environnement et (5) social.

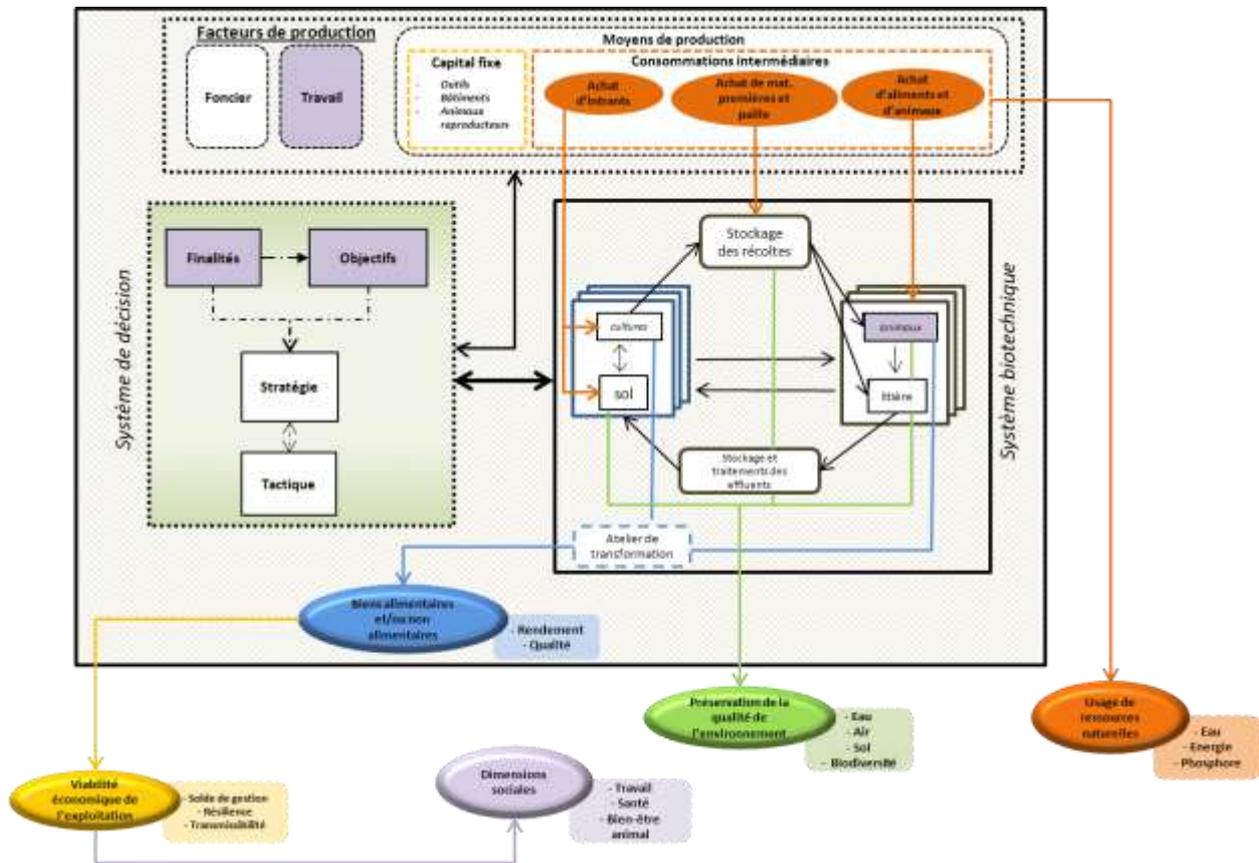


Figure 2.3 : Représentation des cinq classes de performances de l'exploitation

C - Insertion de l'exploitation agricole dans son environnement : filière et territoire

La Figure 2.4 représente les liens de l'exploitation avec la (ou les) filière(s) et son positionnement au sein d'un milieu qui détermine intrinsèquement ses potentiels de production (nature du sol, conditions climatiques, topographie, etc.), mais également l'impact des produits de l'exploitation libérés dans le milieu biophysique, notamment ceux ayant des propriétés polluantes. Tout d'abord, l'exploitation agricole s'insère au sein d'un cadre organisationnel et institutionnel défini comme un ensemble cohérent de systèmes technologiques et d'institutions publiques et privées (Fares et al., 2012). La notion de filière, ici employée, prend en compte les modes de coordination des échanges, les formes d'organisation des marchés et les rapports de force entre groupes d'acteurs. Cet environnement peut être amené à être rapidement modifié et être source d'aléas mais aussi d'opportunités pour l'exploitation *via* l'émergence de nouveaux marchés ou la modification des conditions de mise en marché (modification des normes, etc.).

Sur le schéma de l'exploitation (Figure 2.4), la filière est représentée en arrière-plan de l'exploitation, et en forte interaction avec le système de décision de l'agriculteur. En effet, selon le degré d'intégration de sa filière, chaque exploitant agricole aura plus ou moins de maîtrise dans ses choix et ses pratiques agricoles.

Ainsi, les différents acteurs de l'aval des filières agro-industrielles (le premier étant souvent une coopérative agricole) qui interviennent jusqu'à la mise sur le marché des produits (organismes stockeurs, collecteurs, transformateurs, distributeurs) peuvent jouer un rôle important sur les décisions de l'agriculteur, par exemple en initiant avec l'agriculteur des liens contractuels de commercialisation. A l'extrême, on rencontre également des logiques d'intégration verticale des filières par les groupes industriels, qui imposent alors leur cahier des charges sur l'ensemble de la filière.

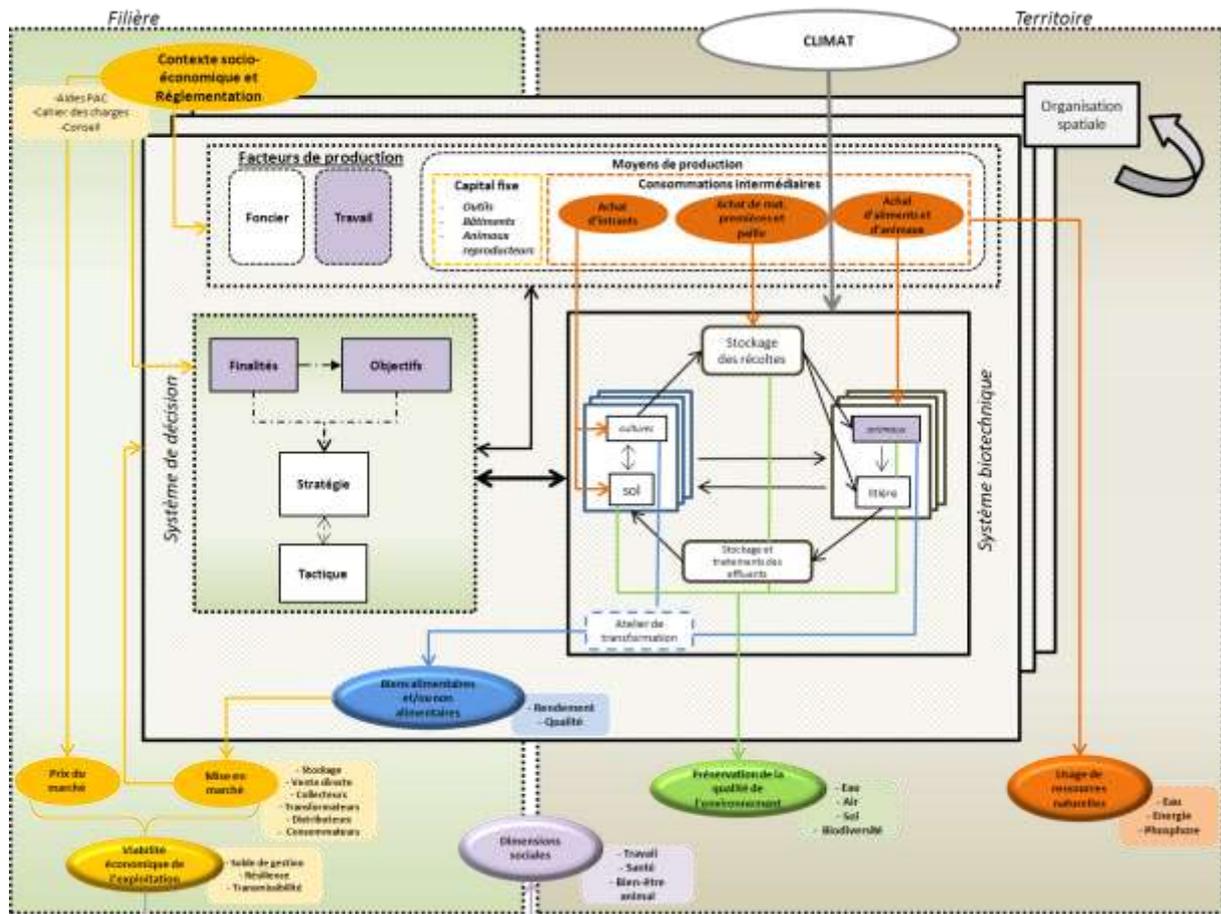


Figure 2.4 : Représentation schématique complète du fonctionnement d'une exploitation agricole

D'autres acteurs jouent des rôles importants en amont de la production agricole : les instituts techniques et les centres de recherche en produisant des références et des moyens de production améliorés ; les acteurs du conseil et de la formation en diffusant les connaissances ; mais également le voisinage de l'agriculteur comme tissu social important. On rencontre aussi en amont de la production agricole les entreprises semencières et d'approvisionnement.

La réglementation nationale et européenne (notamment au travers de la Politique Agricole Commune) joue également un rôle très important sur le fonctionnement de l'exploitation en introduisant des mesures incitatives ou restrictives aux agriculteurs. Les directions données par les politiques publiques agricoles sont souvent déterminantes dans les réflexions des agriculteurs sur leur activité (ex. suppression des quotas laitiers en 2015, introduction de nouvelles MAE, etc.).

Enfin, et cela reste un déterminant de premier ordre, les marchés agricoles mondiaux, *via* les prix, déterminent fortement le comportement des agriculteurs, depuis le choix de leur assolement jusqu'au degré de spécialisation de leur exploitation.

D - A l'interface des systèmes décisionnel et biotechnique : les pratiques (méta-pratiques, pratiques et pratiques élémentaires)

Les pratiques correspondent aux actions techniques mises en œuvre par l'agriculteur. Elles se situent à l'interface entre les systèmes décisionnel et biotechnique. Les pratiques mises en œuvre sur l'exploitation sont fortement dépendantes des particularités du territoire au sein duquel l'exploitation est située et des spécificités de la filière dans laquelle cette production s'inscrit. Les choix stratégiques et tactiques de l'agriculteur intègrent un ensemble de déterminants internes ou externes à l'exploitation et se traduisent par le choix de certaines pratiques.

C'est aussi à travers ces choix, et leur mise en œuvre dans des conditions concrètes de réalisation (climat, état des sols, fonctionnement des machines, autres facteurs conjoncturels...) que se déterminent les performances qui nous intéressent. En sens inverse, c'est à partir des modifications de ces choix (introduction de nouvelles pratiques, suppression ou amélioration de pratiques antérieures à effet défavorable) que vont pouvoir être identifiées et décrites des évolutions vers des systèmes de production plus durables.

Dans cette partie, nous présenterons les pratiques qui ont été ainsi identifiées comme leviers pour une évolution favorable des performances. Ces pratiques sont répertoriées au sein de 15 grands ensembles appelés méta-pratiques, qui couvrent l'intégralité des champs d'action d'une exploitation agricole telle qu'elle a été décrite ci-dessus. Elles sont donc supposées pertinentes pour l'ensemble des exploitations agricoles métropolitaines.

Selon l'analyse qui précède, et la représentation qui la résume (Figure 2.4), il est clair que l'identification de telle ou telle voie d'amélioration au niveau de ce que nous appelons « pratiques », ne constitue pas à soi seul l'énoncé d'une solution complète pour promouvoir cette voie : encore faut-il, pour pouvoir la mettre en œuvre, que le système biotechnique, le système décisionnel, les facteurs et moyens de production, et les déterminants externes, autorisent l'évolution en question et/ou évoluent de telle sorte que cette voie devienne praticable. Ainsi par exemple, pour pouvoir pratiquer l'agriculture de précision, il faut que l'investissement dans les machines correspondantes soit réalisable, que les concessionnaires et l'agriculteur lui-même détiennent ou acquièrent les compétences voulues, que les références techniques nécessaires aient été acquises, etc.

Nous avons identifié au total plus de 200 pratiques élémentaires dont l'introduction serait susceptible d'améliorer les performances des exploitations agricoles françaises. Afin de respecter le cahier des charges de la commande, nous avons sélectionné les pratiques dont nous considérons qu'elles avaient au moins un impact potentiellement positif sur les performances environnementales, sans dégrader outre mesure les performances productives et économiques. Ces pratiques élémentaires sont regroupées au sein de 15 classes de pratiques, ou méta-pratiques. Les relations entre ces différentes classes de pratiques sont représentées sur la Figure 2.5.

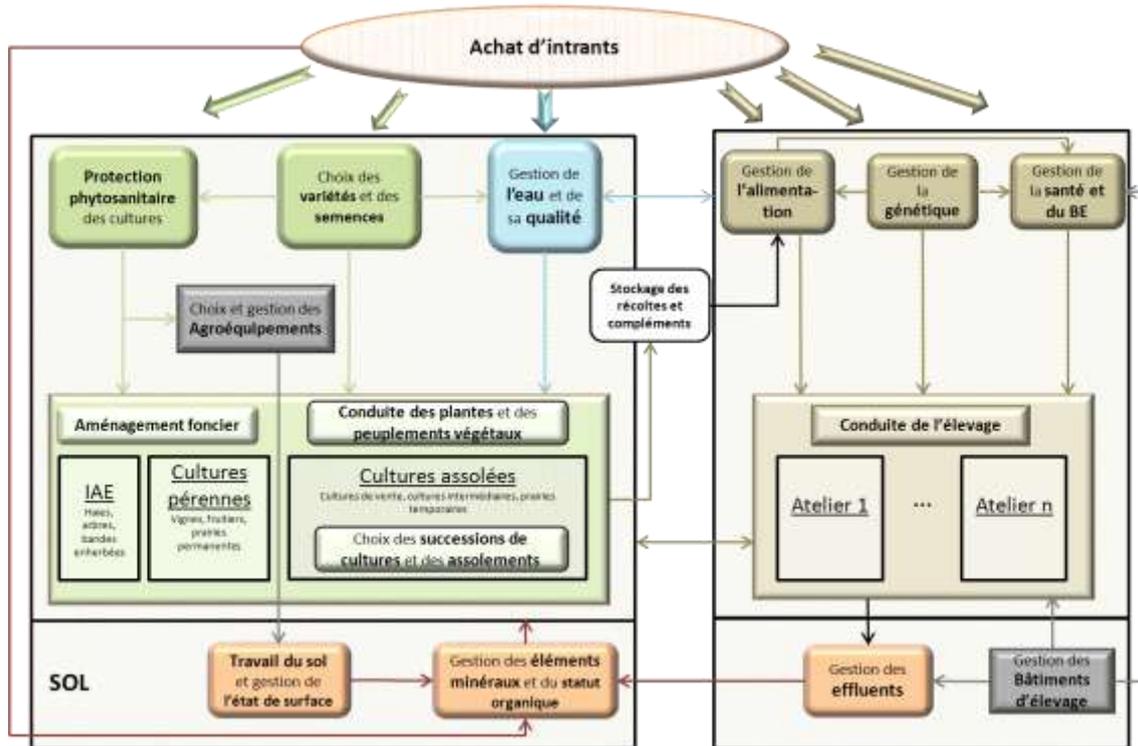


Figure 2.5 : Représentation détaillée du système biotechnique et des 15 classes de méta-pratiques

Il n'était bien évidemment pas envisageable de rendre compte dans ce travail de l'ensemble des pratiques élémentaires que met en œuvre un agriculteur dans son activité quotidienne ou dans un système de production, ni de prétendre explorer l'ensemble du champ des possibles. Il était donc nécessaire de définir une méthodologie 1) pour identifier les pratiques élémentaires qui sont ou seraient susceptibles de contribuer à l'émergence d'une agriculture productive, économiquement performante et respectueuse de l'environnement, tout en étant socialement acceptable par l'agriculteur et la société et 2) qui soit reproductible pour pouvoir être mise en œuvre avec d'autres pratiques élémentaires différentes de celles qui ont été sélectionnées ici (par exemple si apparaissent dans le futur des techniques et pratiques innovantes dont nous n'avons pas connaissance à ce jour).

Tout d'abord, les pratiques élémentaires retenues ont été caractérisées par un verbe qui définit l'action de l'agriculteur. Ce verbe d'action permet d'identifier le sens de variation et ainsi de pouvoir qualifier les conséquences sur les différentes performances.

Le « grain » retenu pour la définition de la pratique élémentaire a été progressivement ajusté pour permettre une qualification aussi peu ambiguë que possible de l'impact sur les performances. Quand ceci n'était pas le cas et que la pratique identifiée était déjà une intégration de plusieurs pratiques élémentaires, nous l'avons alors décomposée en pratiques plus fines.

Nous avons donc inventorié de nombreuses pratiques élémentaires à effet présumé vertueux, soit en explorant des champs nouveaux, soit en identifiant des techniques déjà mises en œuvre chez des agriculteurs pionniers. Dans la mesure où nous voulions être en mesure de qualifier les impacts des pratiques élémentaires sur les cinq classes de performance, il était indispensable de pouvoir mobiliser des écrits issus de la littérature scientifique et/ou technique. Ceci a pu conduire à une limitation du champ exploré, en ne retenant que des pratiques élémentaires suffisamment documentées dans les conditions françaises ou ailleurs dans le monde.

Ce travail a été fait de façon collective au sein de l'équipe projet et a bénéficié des échanges avec des groupes d'agriculteurs, des instituts techniques ou des acteurs économiques, mais a aussi pu mobiliser quand nécessaire les savoirs disponibles au sein des groupes Filières, c'est-à-dire des savoirs particulièrement pertinents pour les différentes orientations productives.

L'analyse ex post de la liste ainsi établie montre que la préoccupation environnementale a été dominante dans la sélection des pratiques élémentaires. Mais la préoccupation du maintien ou de l'augmentation de la productivité et de la performance économique a également été présente. Ceci rejoint le cahier des charges de cette étude puisqu'il s'agissait bien d'identifier des systèmes ayant un moindre impact négatif sur l'environnement sans que ceci nuise aux performances productives et économiques. Mais comme cela sera détaillé dans la suite de l'analyse, les pratiques retenues et documentées ont en moyenne pu dégrader de façon significative quelques performances telles que le travail ou l'endettement, ces performances n'ayant pas été au point de départ des réflexions dans les itérations conduites en vue de l'identification des pratiques élémentaires. Il y a là un biais certain, dont la correction pourrait utilement faire l'objet d'approches complémentaires par la suite, mais qui ne remet pas en cause le principe de la démarche exposée ici.

Même si nous pensons avoir couvert les champs des innovations actuellement disponibles et susceptibles d'être mises en œuvre dans les exploitations agricoles françaises, ce travail ne prétend pas à l'exhaustivité. En conséquence, nous avons souhaité que la méthodologie globale soit applicable pour poursuivre ce travail au-delà de la remise du rapport, et prendre en compte des pratiques ou performances nouvelles ou non considérées dans le cadre de ce travail.

Nous détaillons ci-dessous l'ensemble des pratiques élémentaires retenues dans cette analyse, ainsi que leur répartition au sein des 15 méta-pratiques. Certaines pratiques élémentaires répondant à plusieurs objets différents, ont été identifiées dans plusieurs ensembles de pratiques différents. Ces répétitions n'entraîneront cependant aucun biais dans la suite du travail, chaque pratique élémentaire introduite n'étant prise en compte qu'une seule fois dans l'évaluation des évolutions envisagées.

D1 - Travail du sol et gestion de l'état de surface

Les opérations de travail du sol influent sur de multiples processus-clés intervenant dans le fonctionnement des agro-écosystèmes et répondent de ce fait à plusieurs objectifs agronomiques et environnementaux : ameublir les horizons superficiels pour permettre l'implantation des cultures et favoriser l'enracinement ainsi que l'infiltration de l'eau, détruire les mauvaises herbes ou repousses des cultures précédentes et certains autres bioagresseurs, enfouir et mélanger au sol les résidus de récolte, amendements et matières fertilisantes, niveler la surface du sol pour permettre les passages d'engin ultérieurs, ou au contraire la rendre rugueuse et irrégulière pour limiter le ruissellement, etc.

Quant à la couverture du sol par un mulch de résidus ou un couvert vivant, elle cherche elle aussi à répondre à plusieurs objectifs différents. Si on la considère en tant que telle, son objectif principal est de limiter l'érosion et les nuisances associées (transferts et dépôts de sédiments et de polluants fixés sur les particules terreuses) en réduisant l'exposition de la surface du sol à l'impact mécanique des gouttes de pluie et en limitant la capacité d'incision du ruissellement. L'efficacité de ces pratiques vis-à-vis de leurs objectifs est très dépendante du milieu dans lequel se situe l'exploitation, qu'il s'agisse des conditions pédologiques, mais aussi climatiques, déterminantes dans le fonctionnement du sol.

Travail du sol	<ul style="list-style-type: none"> — Labourer systématiquement (fréquence ≥ 1 an sur 2) — Travailler superficiellement et labourer (fréquence < 1 an sur 2) — Pratiquer le non labour avec travail superficiel (< 15 cm) — Pratiquer le semis direct sans labour — Pratiquer le sous-solage ou décompactage occasionnel
Couverture du sol	<ul style="list-style-type: none"> — Laisser les résidus de récolte à la surface du sol — Laisser les repousses du précédent — Planter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique) — Planter une culture dérobée — Enherber les inter-rangs

D2 - Gestion de l'eau et de sa qualité

La gestion de la ressource en eau se pose en termes de qualité et de quantité. Vis-à-vis de ces deux enjeux, la gestion se raisonne en termes de successions des cultures, ainsi que d'aménagement du foncier et du territoire. La gestion quantitative se raisonne plus spécifiquement au travers du choix d'espèces et de variétés moins exigeantes en eau, d'un meilleur pilotage de l'irrigation et de la couverture du sol. La gestion qualitative est conditionnée au choix des successions de culture, à la réduction des risques de ruissellement, au raisonnement des intrants apportés.

Choix des cultures et des variétés	<ul style="list-style-type: none"> Choisir des assolements et des successions de cultures plus économes en eau Choisir des variétés plus économes en eau
Pilotage de l'irrigation et gestion de la ressource en eau	<ul style="list-style-type: none"> Construire des retenues collinaires (ou bassines) Utiliser des OAD pour le raisonnement des stratégies d'irrigation Utiliser des outils de diagnostic et de pilotage de l'irrigation Pratiquer l'irrigation localisée
Couverture du sol	<ul style="list-style-type: none"> Assurer un paillage, un mulch à la surface du sol
Gestion de la succession des cultures pour la qualité de l'eau d'infiltration	<ul style="list-style-type: none"> Adapter l'ordre des cultures au piégeage du nitrate Planter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)
Ruissellement et pollution des eaux de surface	<ul style="list-style-type: none"> Travailler en courbes de niveau Maintenir un état de surface rugueux
Gestion des intrants (engrais et produits phytosanitaires) pour la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> Utiliser des buses anti-dérive Raisonner et adapter les doses appliquées Utiliser des matières actives à risque écotoxicologique plus faible
Aménagement du foncier et du paysage pour la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> Planter des haies en bordure de parcelle Développer les zones humides Planter des bandes enherbées en bordure de parcelle Planter des bassins de rétention

D3 - Gestion des éléments minéraux et du statut organique du sol

La croissance des cultures et la qualité des produits récoltés sont directement influencées par la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol. Le raisonnement et l'ajustement des apports de fertilisants est primordial pour assurer une bonne coïncidence (dans le temps et dans l'espace) entre cette disponibilité et les besoins et capacités d'absorption des cultures, ce qui permet à la fois d'atteindre les objectifs de qualité et quantité de la production et de limiter les risques de transfert vers l'environnement. En outre certains apports d'éléments minéraux ou de matières organiques visent à agir non pas directement sur le stock d'éléments disponibles pour la nutrition minérale des plantes, mais sur les propriétés et comportements physiques ou physicochimiques du sol, notamment pour favoriser l'atteinte ou le maintien d'un état structural et d'un pH satisfaisants. On parle alors d'amendements. Les pratiques innovantes recensées concernent la substitution des apports organiques aux engrais minéraux, le raisonnement de la fertilisation, l'utilisation de la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, l'introduction de légumineuses en système de polyculture-élevage ou encore l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol par amendement.

Apports organiques pour la nutrition minérale	<ul style="list-style-type: none"> Apporter des effluents organiques issus de l'élevage en substitution aux engrais minéraux Apporter des effluents organiques d'origine urbaine ou industrielle en substitution aux engrais minéraux
Raisonnement et ajustement de la fertilisation	<ul style="list-style-type: none"> Réaliser des apports d'éléments fertilisants localisés Fractionner les apports Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments) Utiliser des outils de pilotage de la nutrition en cours de campagne
Fixation symbiotique de l'azote atmosphérique	<ul style="list-style-type: none"> Introduire des légumineuses à graines dans la rotation Cultiver des légumineuses en association avec des cultures annuelles Introduire des légumineuses en cultures intermédiaires, en culture pure ou en mélange Introduire des légumineuses comme couvert associé (non récolté) d'une culture de rente
Introduire des légumineuses en système de polyculture-élevage	<ul style="list-style-type: none"> Introduire de la luzerne dans la succession de cultures Introduire des légumineuses fourragères en association dans les prairies
Amélioration des propriétés physico-chimiques du sol par amendement	<ul style="list-style-type: none"> Pratiquer le chaulage raisonné Enfouir les résidus de récolte Insérer des prairies temporaires de longue durée dans la rotation

D4 - Choix des variétés et des semences

Le choix des variétés implantées est en première approche avant tout lié à des objectifs de rendement et qualité des produits récoltés, qui sont les cibles prioritaires de la sélection variétale depuis ses origines, auxquelles s'ajoutent les résistances ou tolérances aux bioagresseurs depuis une ou deux décennies. En pratique, ce choix se traduit par la sélection d'un ou plusieurs traits agronomiques, pouvant être combinés au sein d'une même parcelle ou bien à l'échelle de l'assolement. La dimension « semences » est instruite en analysant l'utilisation de semences de ferme en substitution à des semences certifiées, ainsi qu'au travers des apports des technologies récentes de conditionnement de semences pour améliorer l'implantation. Cette MP présente un lien fort avec les filières, qu'il s'agisse de l'amont avec les variétés disponibles et mises à disposition des producteurs, que des contraintes associées aux conditions de valorisation (par exemple au travers de cahiers des charges) des produits de l'exploitation.

Choix variétal	<ul style="list-style-type: none"> Choisir des variétés améliorées pour le rendement Choisir des variétés améliorées pour la qualité des produits Choisir des variétés dont l'architecture est améliorée pour la régularité de production Choisir des variétés améliorées pour la tolérance aux stress abiotiques Choisir des variétés améliorées pour une meilleure valorisation des engrais Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bioagresseurs Choisir des variétés tolérantes aux herbicides Choisir des variétés adaptées au changement climatique Cultiver des mélanges de variétés sur une même parcelle Cultiver différentes variétés de la même espèce sur l'exploitation
Choix des semences	<ul style="list-style-type: none"> Utiliser des semences de ferme Utiliser des semences traitées et enrobées

D5 - La protection phytosanitaire des cultures

La protection phytosanitaire des cultures vise à limiter, au regard des coûts engagés et des impacts environnementaux, les pertes de récoltes causées par les bioagresseurs des cultures. Cette protection peut être préventive (mesures prophylactiques et/ou agronomiques, lutte chimique) ou curative (lutte chimique, physique ou biologique). Le non recours aux produits phytosanitaires de synthèse étant inscrit dans le cahier des charges de l'agriculture biologique (AB) (hors dérogation), c'est l'une des MP au sein desquelles les pratiques élémentaires sont susceptibles de discriminer le plus fortement les modes de production AB et non-AB.

Mesures prophylactiques	<ul style="list-style-type: none"> Nettoyer et désinfecter les matériels de culture et de récolte Éliminer sélectivement les premiers foyers de bioagresseurs Éliminer ou enfouir les résidus contaminés Raisonner l'ordre de passage dans les parcelles pour limiter les contaminations
Mesures agronomiques préventives	<ul style="list-style-type: none"> Adapter les dates de semis Adapter les densités et/ou les écartements de semis Réaliser des faux-semis Augmenter le nombre d'espèces cultivées dans la succession et allonger les délais de retour d'une même espèce Augmenter le nombre d'espèces et /ou variétés cultivées au sein d'un espace donné
Lutte chimique	<ul style="list-style-type: none"> Utiliser des outils de raisonnement du déclenchement d'un traitement phytosanitaire Réduire les quantités totales de substances actives par unité de surface en réduisant le nombre de traitements Réduire les doses de substances actives par traitement Ne pas utiliser des substances actives de synthèse Mieux régler le matériel de traitement existant Réaliser les traitements en conditions climatiques optimales Améliorer la répartition des produits dans la végétation Utiliser des adjuvants ou des produits alternatifs à moindre risque écotoxicologique
Lutte physique	<ul style="list-style-type: none"> Pratiquer la solarisation Utiliser le désherbage mécanique Utiliser le désherbage thermique Utiliser des barrières physiques : filets, bâches, etc.
Mesures de bio-contrôle et de lutte biologique	<ul style="list-style-type: none"> Utiliser des Préparations Naturelles Peu Préoccupantes (PNPP) Utiliser des Stimulateurs de Défense Naturelle (SDN) Mettre en place des méthodes de confusion sexuelle Utiliser les lâchers d'auxiliaires Planter des infrastructures agro-écologiques pour favoriser la lutte biologique

D6 - Choix des successions de cultures et des assolements

La diversification des systèmes de culture peut être réalisée dans le temps (allongement de la succession de cultures et des délais de retours d'une même culture, avec introduction d'une ou plusieurs espèces) et/ou dans

l'espace (répartition des cultures au sein de l'assolement) dans plusieurs buts qui selon les cas peuvent être poursuivis séparément ou combinés : diversification des risques climatiques et économiques et/ou des sources de revenu ; gestion à plus ou moins long terme des risques phytosanitaires (notamment pour les bioagresseurs inféodés à la parcelle) ; étalement des périodes de travail au champ ; valorisation de synergies entre cultures successives (effets précédents/suivants favorables), etc. Cette MP est directement associée aux produits de l'exploitation, puisque diversifier les successions signifie diversifier les produits issus d'une exploitation donnée. Elle a donc un lien direct avec les filières qui collectent, transforment et valorisent ces produits.

Choix des successions de cultures	<ul style="list-style-type: none"> Pratiquer des associations de cultures sur une même parcelle Planter des couverts d'interculture à fonction agro-écologique Diversifier les périodes d'implantation des cultures Augmenter le nombre d'espèces cultivées dans la succession et allonger les délais de retour d'une même espèce
Choix de l'assolement	<ul style="list-style-type: none"> Augmenter le nombre d'espèces cultivées de l'assolement Mettre en place des assolements en commun Cultiver des plantes de service pour la biodiversité

D7 - Conduite des plantes et des peuplements végétaux

La maîtrise de la conduite des plantes et des peuplements végétaux vise à optimiser la structure et le fonctionnement du couvert végétal, de l'étape d'implantation jusqu'à la récolte, de manière à améliorer les performances visées. La gestion du pâturage est ici traitée au travers de la recherche de nouveaux objectifs environnementaux.

Implantation des cultures et gestion de la structure des peuplements	<ul style="list-style-type: none"> Adapter densité et structure du peuplement pour éviter les stress biotiques et abiotiques Adapter la structure du peuplement pour améliorer la qualité des produits Adapter la structure du peuplement pour diminuer les temps de travaux
Maîtrise de la forme et de la croissance des plantes	<ul style="list-style-type: none"> Se passer des régulateurs de croissance Pratiquer un éclaircissage alternatif à l'éclaircissage chimique Mécaniser la taille
Gestion des opérations de récolte	<ul style="list-style-type: none"> Améliorer l'organisation des chantiers de récolte Mécaniser la récolte en viticulture et arboriculture
Gestion du pâturage	<ul style="list-style-type: none"> Alterner pâturage et fauche pour réduire les pertes de nitrate Mettre en défens des parcelles pour les laisser fleurir et favoriser la biodiversité Pratiquer le stockage sur pied

D8 - Aménagement foncier

L'aménagement foncier concerne la forme, la taille et l'organisation spatiale des parcelles, ainsi que la nature, la dimension et la localisation des infrastructures ayant pour objectif d'une part de permettre ou faciliter la mise en valeur des espaces à vocation productive (chemins, accès, etc.), d'autre part de maîtriser leur fonctionnement hydraulique (drainage, fossés, retenues, etc.), mais aussi de remplir des fonctions écologiques ou paysagères très variées (habitats pour le gibier ou pour

les auxiliaires, ressources nutritives pour la faune ou les insectes utiles, aspect esthétique et accessibilité pour les promeneurs, etc.). Il contribue entre autres à la prévention des risques naturels ainsi qu'à la protection et la mise en valeur du patrimoine rural et des paysages.

Cette MP présente donc une très forte dimension territoriale et collective car beaucoup d'aménagements ne peuvent être réalisés ou modifiés de façon individuelle.

Adaptation du parcellaire	<ul style="list-style-type: none"> Modifier la taille et/ou la forme des parcelles pour mieux les adapter au sol et pour diminuer les risques phytosanitaires Regrouper les parcelles pour améliorer l'organisation du travail et/ou la localisation des systèmes de culture
Gestion des Infrastructures Agro-Ecologiques (IAE)	<ul style="list-style-type: none"> Planter une haie en bordure de parcelle Planter des bandes enherbées en bordure de parcelle Planter des arbres à faible densité dans les parcelles Diversifier les espèces végétales des IAE Valoriser la biomasse des IAE Entretien des éléments fixes du paysage : murets, talus, mares, ripisylves, etc.
Aménagements hydrauliques	<ul style="list-style-type: none"> Planter une haie en bordure de parcelle Réaménager les zones humides Planter des bandes enherbées en bordure de parcelle Planter des bassins de rétention Drainer les parcelles Construire des retenues collinaires (ou bassines)

D9 - Choix et gestion des agroéquipements

La gestion des équipements, à la fois en production animale et végétale, vise à accroître la productivité du travail, à améliorer la qualité des récoltes et à réduire la pénibilité du travail de l'agriculteur. Les choix effectués étant à faible réversibilité, ils doivent se réfléchir en fonction des enjeux propres à chaque exploitation : maîtrise des charges de mécanisation, modernisation du matériel, voire recours à l'agriculture de précision.

Maîtriser les charges de mécanisation	<ul style="list-style-type: none"> Recourir à l'extérieur pour des travaux agricoles Recourir à l'entraide Recourir à du conseil pour les choix des équipements et/ou d'organisation du travail Allonger la durée d'utilisation du matériel Utiliser de l'huile végétale pure dans les moteurs en substitution au fioul Entretien et réparation soi-même le matériel
Moderniser le matériel pour améliorer son rendement d'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> Moderniser le matériel de traction S'équiper d'un matériel de travail du sol adapté Moderniser le matériel d'épandage et de traitement phytosanitaire) Moderniser le matériel de récolte Utiliser des pneus basse pression Moderniser le matériel de distribution des rations animales Supprimer les fuites d'eau en élevage

Agriculture de Précision

- Moduler la fertilisation au sein des parcelles
- Localiser les traitements phytosanitaires sur les rangs
- Moduler les traitements phytosanitaires selon la répartition des bioagresseurs
- Utiliser un système de guidage automatique
- Installer des systèmes de monitoring pour gérer l'alimentation des animaux
- Installer des systèmes de monitoring pour gérer la conduite de l'élevage

D10 - Gestion des bâtiments d'élevage

Une gestion optimale des bâtiments assure un exercice facilité de l'activité d'élevage sur tout ou partie de l'année, elle participe aussi à limiter les impacts sur l'environnement et joue positivement sur le bien-être des animaux. Les types d'infrastructures, ainsi que les enjeux, sont très différents selon les systèmes de production et les filières concernées. Les pratiques innovantes peuvent concerner la traite, la litière, l'eau, l'énergie ou encore l'ambiance au sein de ces bâtiments. La dimension filière peut prendre un caractère très présent puisque dans certaines productions les opérateurs amont et aval de la filière ont un poids très important dans le choix des outils de production.

Traite

- Optimiser le système de traite pour économiser l'énergie (pré-refroidisseur de lait, récupérateur de chaleur du tank à lait...)
- Utiliser un robot de traite

Litières

- Utiliser des bâtiments sur litière paillée en élevage porcin
- Utiliser des bâtiments sur paille en élevage de gros ruminants

Eau

- Supprimer les fuites d'eau dans les bâtiments d'élevage
- Utiliser des abreuvoirs économes en eau

Energie

- Utiliser des bâtiments et des équipements producteurs d'énergie (hors méthanisation)
- Utiliser des bâtiments et équipements permettant des économies d'énergie (isolation, étanchéité, échangeurs de chaleur...)

Ambiance

- Utiliser des outils de lavage de l'air en élevage porcin
- Installer des rampes de brumisation
- Améliorer la ventilation et la température en bâtiments d'élevage (monogastriques) par la maîtrise des débits d'air
- Améliorer la ventilation par des rénovations dans les bâtiments
- Maîtriser la durée d'éclairage en bâtiment pour stimulation photopériodique

D11 - Gestion des effluents d'élevage

Les effluents d'élevage sont des sous-produits résultant de la collecte et du stockage des déjections des animaux d'élevage ainsi que des transformations physico-chimiques plus ou moins importantes ayant lieu au cours de ces étapes. Leur gestion est à raisonner en fonction de leurs caractéristiques chimiques, physiques et microbiologiques, elles-mêmes fonction de l'alimentation des animaux, de la capacité de ces derniers à ingérer et transformer celle-ci, de leur mode d'élevage, ainsi que de la nature et du fonctionnement des équipements de collecte et de

stockage. Les caractéristiques physiques et chimiques ainsi définies sont d'une extrême variabilité entre types de produits, mais aussi au sein d'un même type. Elles confèrent à ces produits un potentiel de nuisances (sur l'environnement) mais également une dimension de ressource (fertilisante, énergétique, etc.) selon leurs conditions de gestion. Les pratiques innovantes peuvent concerner le stockage, la collecte et le traitement, y compris par une gestion collective et les techniques d'épandage. Elles concernent aussi la gestion de l'eau et enfin l'équarrissage. Cette MP est fortement structurée par les réglementations ayant trait au stockage et à l'épandage des effluents organiques qui arbitrent le dimensionnement des installations et les calendriers des opérations. En outre, la dimension territoriale offre, théoriquement du moins, la possibilité de réaliser des plans d'épandages collectifs.

Stockage	<ul style="list-style-type: none"> Couvrir les fosses et les fumières Avoir une capacité de stockage permettant de mieux piloter la fertilisation
Collecte et traitement	<ul style="list-style-type: none"> Evacuer rapidement les déjections hors des bâtiments Pratiquer la séparation de phases Pratiquer la méthanisation dans un cadre individuel Pratiquer la méthanisation au niveau collectif Pratiquer le traitement aérobie Acidifier les lisiers Pratiquer le compostage
Epandage	<ul style="list-style-type: none"> Utiliser des pendillards Injecter les effluents dans le sol
Gestion collective	<ul style="list-style-type: none"> Réaliser des échanges d'effluents entre exploitations voisines Réaliser un plan d'épandage collectif Produire des engrais organiques standardisés dans un cadre collectif
Eau	<ul style="list-style-type: none"> Recycler par lagunage les eaux vertes, brunes, blanches
Equarrissage	<ul style="list-style-type: none"> Pratiquer la décomposition des cadavres d'animaux à la ferme

D12 - Gestion de la santé et du bien-être animal

Le maintien de la santé des animaux est un préalable au bon fonctionnement de l'atelier et à l'amélioration des performances zootechniques. Il se traduit par le recours à des mesures préventives, curatives si nécessaires, ainsi qu'à la recherche d'une bonne relation Homme - Animal. La satisfaction des exigences de bien-être, en partie liée à l'état de santé des animaux, répond à des préoccupations éthiques accentuées par la demande sociétale. Cette MP a un lien marqué avec la dimension territoriale, par l'importance que les interactions avec les exploitations voisines peuvent avoir dans la perturbation de l'état sanitaire d'un élevage.

Mesures préventives	<ul style="list-style-type: none"> Réduire les mouvements d'animaux entre élevages Pratiquer la vaccination préventive Supprimer les traitements systématiques par des médicaments vétérinaires Utiliser des probiotiques et autres additifs (tanins, huiles essentielles, ...) en préventif
Traitements curatifs	<ul style="list-style-type: none"> Réduire les traitements curatifs par utilisation de médicaments vétérinaires Utiliser des traitements alternatifs à des fins curatives

Relation Homme-Animal	Améliorer la relation Homme-animal
Bien-être animal	<ul style="list-style-type: none"> Supprimer l'écornage Supprimer la castration physique Accroître la surface disponible par animal pour l'expression des comportements naturels (activités physique et sociale) Aménager le milieu de vie pour permettre l'expression des comportements naturels Limiter les mélanges d'animaux issus de bandes différentes

D13 - Gestion de l'alimentation animale

L'alimentation animale détermine fortement les niveaux de performances des animaux, en quantité et en qualité, et contribue directement aux impacts générés par l'activité d'élevage sur l'environnement. Son raisonnement peut viser différents objectifs : la réduction des rejets d'azote et de phosphore, un accroissement de l'autonomie alimentaire, le recours à des ressources non valorisables directement en alimentation humaine, une meilleure conduite de l'alimentation et l'amélioration de la qualité nutritionnelle des produits animaux. Cette MP peut avoir un lien fort avec l'aval, certaines filières ayant élaboré des cahiers des charges contraignants en termes d'alimentation animale.

Rejets par l'alimentation	<ul style="list-style-type: none"> Limiter les teneurs en protéines des aliments Utiliser des acides aminés de synthèse Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases Utiliser des additifs pour réduire les rejets de CH₄
Autonomie alimentaire	<ul style="list-style-type: none"> Augmenter l'utilisation des espaces sylvo-pastoraux Augmenter la part des prairies dans la sole Augmenter la part de prairies permanentes dans la sole fourragère Réduire la surface en cultures annuelles Augmenter la fertilisation azotée pour augmenter la productivité des prairies Semer des prairies multi-spécifiques pour augmenter la productivité des prairies Augmenter la pratique du pâturage Réduire le chargement animal sur les surfaces fourragères Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation) Produire des aliments à la ferme ou issus de fermes voisines
Ressources non concurrentes des autres productions	<ul style="list-style-type: none"> Accroître l'utilisation de matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique Produire et valoriser par les animaux des cultures intermédiaires
Conduite de l'alimentation	<ul style="list-style-type: none"> Diminuer la fréquence de distribution des rations Automatiser la distribution des rations Distribuer l'alimentation par groupes d'animaux homogènes Ajuster la distribution de l'aliment à chaque individu par automates (alimentation de précision)
Améliorer la qualité nutritionnelle	<ul style="list-style-type: none"> Introduire des graines de lin dans la ration

D14 - Gestion de la génétique animale

Du fait de la segmentation des filières et de la spécialisation des systèmes de production, le choix de la génétique animale s'est fortement structuré autour de quelques types génétiques. Ces derniers peuvent être résumés selon trois objectifs de sélection différents : accroissement de la production, accroissement de la robustesse ou encore amélioration de la qualité des produits. Les croisements entre races sont une des voies possibles pour améliorer les performances. Cette MP a un lien fort avec les filières, qu'il s'agisse tant de l'amont, avec les ressources génétiques disponibles et mises à disposition des producteurs, que des contraintes associées aux conditions de valorisation (cahiers des charges) des produits de l'exploitation. Les acteurs en amont de l'exploitation et participant à l'offre de génétique sont très différents entre filières, avec une régulation publique contrastée.

Amélioration génétique	<ul style="list-style-type: none"> Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal en régime de quota Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux en régime de quota Choisir la génétique pour améliorer la qualité des produits Choisir la génétique pour améliorer la qualité des produits en régime de quota
Croisement	<ul style="list-style-type: none"> Utiliser le croisement rotatif Augmenter la fréquence du croisement industriel

D15 - Conduite d'élevage

Le raisonnement de la conduite d'élevage se traduit par une gestion optimale du cheptel, tout au long de son cycle de production, afin de répondre au mieux aux objectifs de l'exploitation. La conduite d'élevage recouvre ainsi la gestion de la reproduction des animaux, l'élevage des élèves, la conduite de la carrière des femelles reproductrices ayant plusieurs cycles de production, ainsi que le pilotage de leurs cycles de production proprement dite. Cette MP est marquée par la forte disparité des conduites selon les filières, voire au sein même des filières et des territoires.

Reproduction	<ul style="list-style-type: none"> Améliorer la détection des chaleurs Utiliser des alternatives aux traitements d'induction et/ou de synchronisation des chaleurs Pratiquer des mises-bas saisonnières Utiliser des semences sexées Accroître l'efficacité de l'accoupage
Elevage des élèves	<ul style="list-style-type: none"> Ne pas élever les génisses laitières sur l'exploitation Avancer l'âge à la première mise bas
Conduite de la carrière	<ul style="list-style-type: none"> Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs Pratiquer le plein air intégral
Cycle de production	<ul style="list-style-type: none"> Allonger la durée d'engraissement Allonger la durée de la lactation Ne pas exploiter la totalité du potentiel génétique laitier de l'animal

CHAPITRE 3

ANALYSE DES PRATIQUES ÉLÉMENTAIRES

CHAPITRE 3 Analyse des pratiques élémentaires	52
A - Etude statistique des relations pratiques - performances.....	52
B - Synthèse relative aux méta-pratiques, pratiques et pratiques élémentaires	59

CHAPITRE 3

Analyse des pratiques élémentaires

Dans le cadre de cette étude, plus de 200 pratiques élémentaires ont été analysées au regard de l'impact de leur introduction sur les performances relatives aux différents aspects de la durabilité considérés (productif, économique, utilisation de ressources naturelles, préservation de l'environnement et social/sociétal). La matrice d'analyse des performances (en colonne) des différentes pratiques considérées (en ligne) est donc une matrice de plus de 200 lignes x 35 colonnes. Cette analyse a essentiellement été qualitative : l'impact potentiel de telle pratique élémentaire sur telle performance a été qualifié selon la graduation suivante : « + » ; « =/+ » ; « = » ; « =/- » ; « - » et « +/- » lorsque l'effet était variable. Le détail de ce travail est présenté dans le Volume 3 de cette étude où les conséquences de l'introduction de chacune des 203 pratiques identifiées sur les 35 performances de l'exploitation sont qualifiées à partir de l'état des connaissances actuelles.

La matrice ayant été remplie, nous avons ensuite étudié les relations entre pratiques et performances au travers d'analyses statistiques en composantes principales. Les objectifs sous-jacents étaient (i) de déterminer quelles sont les performances qui apparaissent comme positivement ou négativement corrélées entre elles, i.e., en tendance, celles qui évoluent dans le même sens ou en sens opposé quand on met en œuvre l'ensemble des pratiques élémentaires identifiées et (ii) d'identifier des pratiques permettant de conjuguer des avantages sur les différentes classes de performances de l'exploitation agricole.

Avant de présenter cette analyse, il est important de rappeler la règle de décision qui a été suivie lors de l'établissement de la liste des 203 pratiques : ont été retenues les pratiques agricoles, existantes ou en cours d'expérimentation, reconnues comme ayant au moins un impact positif sur les différentes performances environnementales sans dégradation rédhibitoire des autres performances de l'exploitation (production, économie, ressources naturelles et social). L'impact de la mise en œuvre (correctement maîtrisée) de chaque pratique est apprécié en référence à une situation (système de production) où cette pratique ne serait pas appliquée, toutes choses étant égales par ailleurs.

Enfin, nous concluons ce chapitre par une synthèse relative à l'analyse complète des méta-pratiques, pratiques et pratiques élémentaires retenues dans cette étude. Les voies de progrès des exploitations agricoles françaises sont abordées au travers de « grappes » de pratiques innovantes considérées comme déterminantes pour amorcer la transition vers une agriculture multi-performante.

A - Etude statistique des relations pratiques - performances

A1 - Transformation quantitative des données initiales

Les données qualitatives initiales de la matrice pratiques x performances ont été transformées quantitativement sur un intervalle de 1 à -1 afin de permettre l'analyse multivariée⁶.

⁶ Les analyses statistiques ont été réalisées sous le logiciel R. Le package FactoMineR, dédié à l'analyse exploratoire multidimensionnelle de données a été choisi pour réaliser l'Analyse en Composantes Principales (ACP).

La modalité « +/- » a pour signification que l'impact de la mise en œuvre d'une pratique élémentaire sur la performance considérée n'est pas univoque. Ceci peut être lié à un manque de connaissances, mais c'est plus généralement le fait d'une dépendance au milieu ou au contexte socio-technique ou encore l'interaction très forte avec les autres pratiques élémentaires du système de production. En conséquence, nous avons traduit la modalité « +/- » de la même manière que la modalité « = » (Tableau 3.1).

Tableau 3.1 : Table de transformation quantitative des données initiales

Données initiales	Données transformées
+	1
=/+	0,5
=	0
=/-	-0,5
-	-1
+/-	0

Dans un objectif de simplifier l'analyse des données, les pratiques végétales et animales ont été analysées séparément, tout en prenant en compte dans chacune de ces deux analyses les pratiques qui assurent le lien entre productions animales et productions végétales (fourniture d'alimentation, effluents, etc.). Les performances analysées et leurs acronymes sont résumés dans le Tableau 3.2 ci-dessous.

Tableau 3.2 : Liste des performances élémentaires analysées et leurs acronymes

Nom de la performance	Acronyme
Augmenter la production	PROD_Rendement
Améliorer la qualité de la production	PROD_Qualité
Augmenter la rentabilité	Rentabilité
Diminuer les charges variables	SOLD_Charges var
Augmenter la valeur ajoutée	SOLD_Valeur ajoutée
Augmenter l'excédent brut d'exploitation	SOLD_EBE
Augmenter le résultat courant avant impôt	SOLD_RCAI
Augmenter l'autonomie productive	ROBUS_Autonomie
Diminuer la dépendance aux aides	ROBUS_Dépendance aides
Diversifier les productions	ROBUS_Diversifier les prod
Diminuer l'endettement	ROBUS_Endettement
Améliorer la transmissibilité	Transmissibilité
Réduire la consommation d'énergie directe	NRJ_Energie directe
Réduire la consommation d'énergie indirecte	NRJ_Energie indirecte
Réduire la consommation d'eau	Eau
Réduire la consommation de phosphore	Phosphore
Limiter le compactage	SOL_Compactage
Réduire les risques d'érosion	SOL_Erosion
Augmenter le taux de matière organique	SOL_Taux MO
Limiter l'accumulation des ETM	SOL_ETM
Réduire la lixiviation du nitrate	QUAL_EAU_Nitrate
Réduire l'utilisation de produits phytosanitaires	QUAL_EAU_IFT
Réduire le ruissellement du phosphore	QUAL_EAU_Phosphore
Réduire l'utilisation de médicaments vétérinaires	QUAL_EAU_Médicaments vétérinaires
Diminuer les émissions de gaz à effet de serre	AIR_Emissions de GES
Diminuer les émissions de NH ₃	AIR_Emissions de NH ₃
Diminuer les émissions d'odeurs	AIR_Emissions d'odeurs
Diminuer les émissions de polluants organiques	AIR_Rejets de polluants organiques

Augmenter les surfaces semi-naturelles	BIODIV_Surfaces semi-naturelles
Diversifier les cultures	BIODIV_Diversifier les cultures
Diversifier la mosaïque paysagère	BIODIV_Diversification mosaïque
Réduire les perturbations de l'écosystème	BIODIV_Perturbation de l'écosystème
Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Temps de travail et/ou sa pénibilité
Diminuer l'exposition aux risques	Exposition aux risques
Améliorer le bien-être animal	BEA
Diminuer la sensibilité aux aléas	Aléas

Cette partie présente successivement les différentes étapes suivies au cours de ce travail : (i) analyse de la distribution générale des données ; (ii) transformation quantitative des données ; (iii) analyse de la matrice des corrélations entre les performances ; (iv) analyse en composantes principales ; et (v) interprétation des résultats et identification des pratiques ayant les meilleurs profils d'impact sur les performances.

A2 - Analyse multivariée de la matrice pratiques x performances

A2.1 - Analyse de la distribution générale des données

L'analyse de la distribution générale des données met en évidence des différences de profils de réponse selon les performances étudiées : alors que certaines performances semblent très sensibles (positivement ou négativement) à la mise en œuvre des pratiques listées, d'autres le sont nettement moins. Ainsi, les performances rendement, rentabilité, soldes de gestion, consommation d'énergie, qualité de l'eau et de l'air, travail, apparaissent fortement impactées par les pratiques. A l'inverse, les performances relatives à la biodiversité et d'autres critères plus spécifiques (utilisation de médicaments vétérinaires, émissions d'odeurs) apparaissent globalement comme peu impactées par les pratiques considérées et ne le sont que par un petit nombre de pratiques spécifiques au sein de la liste initiale.

A2.2 - Analyse de la matrice de corrélations entre les performances

A2.2.a - Pratiques de production végétale

La matrice des corrélations (Annexe 2) met en évidence les degrés de liaison entre les différentes performances. Précisons à ce stade qu'une liaison positive forte entre deux performances signifie qu'elles réagissent dans le même sens aux différentes pratiques. Inversement une liaison négative forte signifie que dans l'ensemble elles ont des « profils de réponse » aux pratiques qui sont inversés. Ainsi ce travail préliminaire montre une forte corrélation positive et statistiquement significative (p value = 0,05) entre les différentes performances économiques, entre les performances productives et économiques, et entre certaines performances environnementales.

D'autre part, on met en lumière certaines corrélations négatives, par exemple entre les performances économiques et celles relatives à la préservation de la biodiversité. La matrice des corrélations montre que les relations entre les performances productives et économiques d'une part et les performances environnementales d'autre part, ne répondent pas à un schéma global de dépendance simple et tranché. L'analyse des diagrammes d'ACP permettra d'illustrer plus avant ces relations.

A2.2.b - Pratiques de production animale

On retrouve également pour ces pratiques de fortes corrélations entre les différentes performances économiques. Ces dernières apparaissent néanmoins négativement corrélées à certaines performances relatives à la qualité des sols et la biodiversité (Annexe 3). Comme pour les productions végétales, les performances productives et économiques et les performances environnementales ne répondent pas à

un schéma global de dépendance simple et tranché, compétitivité des élevages et environnement ne sont donc pas systématiquement incompatibles.

A2.3 - Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP donne une vision plus structurée et synthétique des associations qui existent entre les différentes performances et pratiques de la matrice initiale. A des fins pédagogiques et de lisibilité, nous n'avons retenu pour les représentations qu'un nombre réduit parmi les 35 performances dument documentées. Nous avons en priorité retenu les performances relatives à l'économie et à l'environnement, la recherche de systèmes doublement performants (économiquement et environnementalement) étant au centre du travail conduit.

A2.3.a - Pratiques de production végétale

En première analyse, l'ACP permet de résumer correctement l'information de la matrice de départ sur les quatre premiers axes de l'ACP (qui totalisent 54 % de la variance globale). La projection des performances sur les deux premiers axes (Figure 3.1) met en évidence une certaine orthogonalité entre d'une part les performances productives et économiques (axe des abscisses) et d'autre part les performances environnementales (axe des ordonnées). Le tableau des corrélations des variables sur les cinq premiers axes de l'ACP est présenté en Annexe 4.

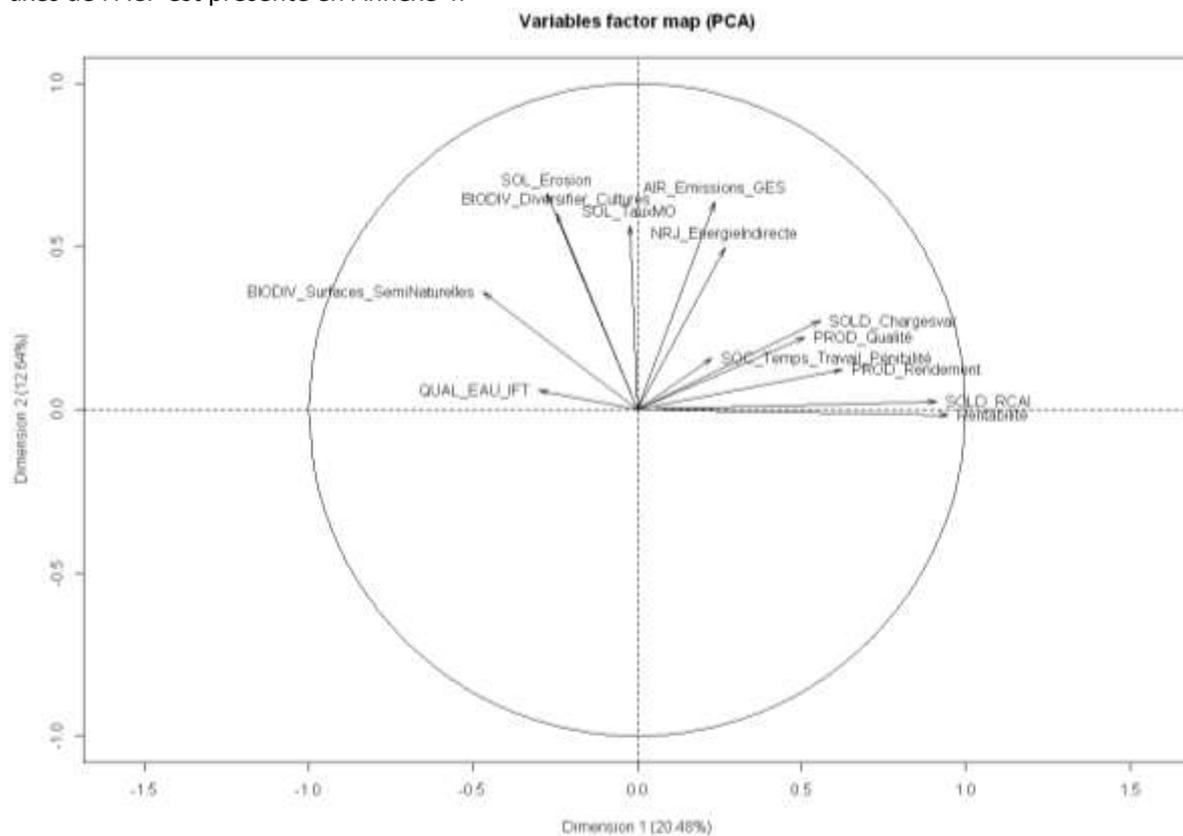


Figure 3.1 : Représentation des résultats de l'ACP des données végétales sur les deux premiers axes

L'analyse du plan 1-2 de l'ACP qui prend en compte 35% de l'information disponible illustre bien la relation entre les différentes performances économiques et la cohérence entre les performances de production et d'économie :

- L'axe 1 est fortement et positivement corrélé aux performances économiques, ce qui confirme que ce sont bien les performances les plus discriminantes dans cette analyse. Les performances productives (rendement et qualité dans une moindre mesure) semblent aller dans le même sens que les

performances économiques, ce qui signifie que les pratiques élémentaires qui améliorent le rendement et/ou la qualité sont également celles qui améliorent les résultats économiques. En revanche, on note l'opposition, mais à un degré moindre, entre ces performances économiques et certaines performances environnementales : « Diminuer les perturbations de l'écosystème », « Augmenter les surfaces semi-naturelles », « Diversifier la mosaïque paysagère », ainsi que « Réduire les utilisations de produits phytosanitaires ». De la même façon, l'IFT, qui est assez mal représenté sur ce plan 1-2, est en opposition avec les performances économiques. Ceci est cohérent avec les nombreux travaux conduits et en cours, qui montrent que la recherche de la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires est souvent entravée par des impacts négatifs sur les performances économiques et que la mise au point de nouveaux systèmes performants à cet égard relève de la recherche et/ou d'une innovation de rupture.

- L'axe 2 est principalement lié aux performances environnementales et notamment à celles relatives à la consommation d'énergie, à la qualité des sols, de l'eau et de l'air, ainsi qu'à la biodiversité. Il n'apparaît pas sur cet axe de performances négativement corrélées avec l'amélioration des performances environnementales.

Les axes suivants sont plus difficiles à interpréter et n'apportent pas d'information synthétique utilisable à ce stade.

A2.3.b - Pratiques de production animale

De la même manière que pour les pratiques végétales, nous réalisons une ACP en ne sélectionnant ici que les pratiques relatives au domaine animal. La projection des performances les mieux représentées sur les deux premiers axes de l'ACP (Figure 3.2) indique un profil légèrement différent par rapport à celui des pratiques végétales (Figure 3.1). Le tableau des corrélations des variables sur les cinq premiers axes de l'ACP est présenté en Annexe 5.

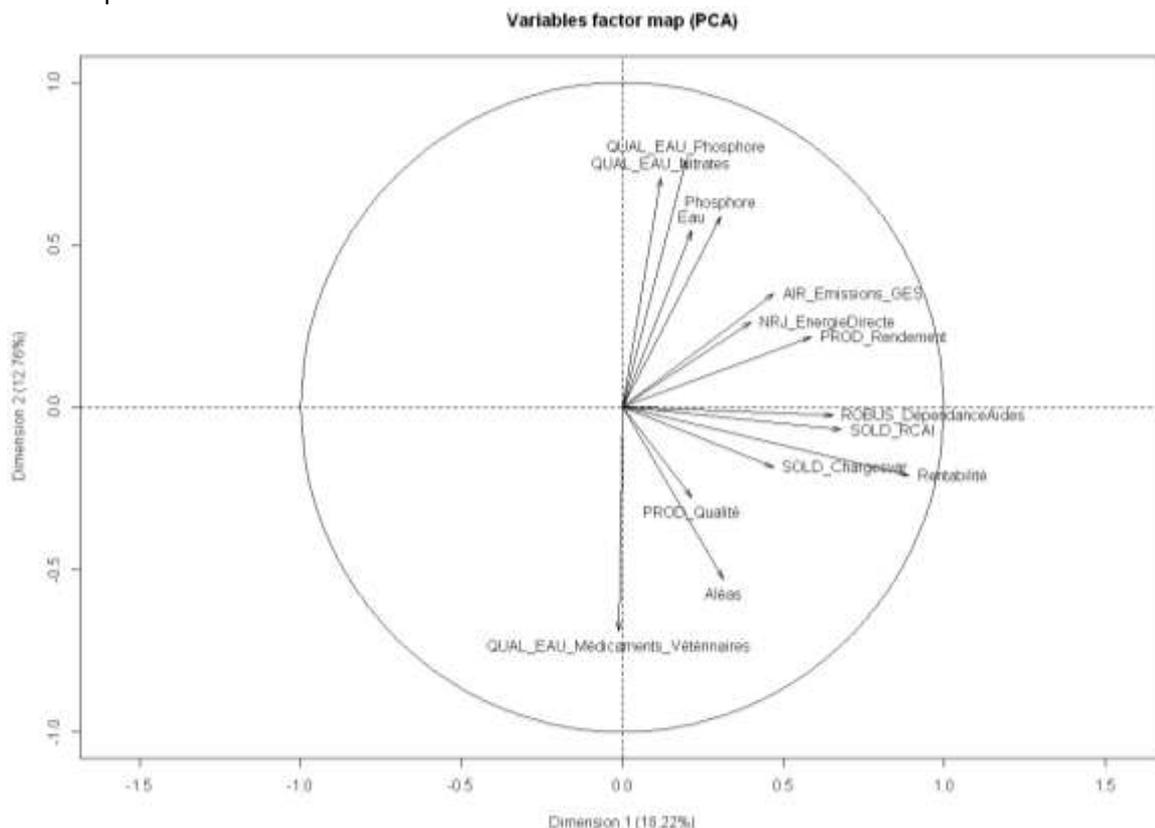


Figure 3.2 : Représentation des résultats de l'ACP des données animales sur les deux premiers axes

- L'axe 1 est à nouveau fortement lié aux performances économiques, lesquelles sont corrélées positivement aux performances liées à l'augmentation de la production, à la diminution des consommations d'énergie et à la réduction des émissions de GES ;
- L'axe 2 oppose les performances environnementales liées d'une part à une réduction de l'utilisation de ressources naturelles (phosphore et eau), à une amélioration de la qualité de l'eau (nitrate et phosphore), du sol et de l'air, avec d'autre part une réduction de l'utilisation de produits vétérinaires, une amélioration du bien-être animal et une moindre sensibilité aux aléas ;
- L'axe 3, non représenté ici, associe en revanche certaines performances environnementales (qualité des sols et biodiversité) à une détérioration des performances « Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité » et « Augmenter la production ».

A2.4 - Identification des pratiques ayant les meilleurs profils d'impact sur les performances

A2.4.a - Pratiques de production végétale

A partir des résultats de l'ACP, la suite de l'analyse consiste à identifier les pratiques de production végétale qui permettent à la fois de concilier des bénéfices sur les performances économiques (axe 1) et sur les performances environnementales (axe 2). Il s'agit donc des pratiques qui sont corrélées positivement aux deux premiers axes de l'ACP.

De manière générale, les pratiques issues de la liste initiale, qui assurent les meilleurs résultats productifs et économiques, sont caractérisées par la recherche d'une meilleure efficacité des apports (raisonnement, modulation et localisation des apports d'intrants, utilisation d'outils d'aide à la décision, modernisation du matériel d'épandage, etc.) ; par le recours à une génétique moins exigeante en intrants et plus résiliente (contre les stress abiotiques, les bio-agresseurs) ; par l'introduction de légumineuses dans la succession culturale (luzerne et légumineuses fourragères dans les prairies) ; et enfin par la mise en œuvre d'aménagements fonciers importants (aménagements hydrauliques, retenues collinaires, remembrement).

En revanche, les pratiques qui se distinguent sur l'axe 2, c'est-à-dire celles qui assurent les meilleurs bénéfices environnementaux, sont caractérisées par la recherche d'une couverture du sol plus importante (enherbement des inter-rangs, introduction de cultures intermédiaires, paillage du sol, résidus à la surface, etc.) ; par l'introduction et la gestion de nouvelles infrastructures agro-écologiques (arbres au sein des parcelles, haies, bandes enherbées, zones humides, etc.) ; et par la diversification des rotations et des assolements, notamment au travers des légumineuses.

Enfin si on cherche plus spécifiquement la multi-performance, les pratiques du secteur végétal qui allient des bénéfices sur les performances productives, économiques et environnementales sont principalement caractérisées par un meilleur raisonnement des apports d'intrants, au travers notamment de l'utilisation d'OAD, et à une meilleure localisation de ces apports, au recours à des variétés moins exigeantes en engrais et produits phytosanitaires ; à l'introduction de légumineuses pluriannuelles dans la rotation, à la modernisation des matériels d'épandage et de travail du sol, et enfin à une gestion collective des assolements et des IAE.

A2.4.b - Pratiques de production animale

Les pratiques projetées positivement sur l'axe 1, c'est-à-dire qui permettent de bonnes performances économiques dans les exploitations d'élevage, sont caractérisées par une meilleure gestion des effluents d'élevage (production d'engrais organiques standardisés, plan d'épandage collectif, méthanisation, etc.), par une modernisation des bâtiments d'élevage (meilleure efficacité énergétique notamment), par le recours à une génétique orientée vers la sélection d'animaux robustes, et par la recherche d'une meilleure autonomie alimentaire (augmentation du pâturage, prairies multi-spécifiques, cultures intermédiaires valorisées par les animaux, etc.).

L'axe 2 opposant l'amélioration de la majorité des performances environnementales à la réduction de l'utilisation de médicaments vétérinaires et à l'amélioration du bien-être animal, notamment, il est plus difficile de discriminer les pratiques les plus bénéfiques sur ces performances.

Les pratiques positivement corrélées à cet axe permettent d'améliorer principalement les compartiments sol et eau des performances environnementales (sauf utilisation de médicaments vétérinaires). Il s'agit principalement de pratiques relatives à une meilleure gestion des effluents ; au choix d'une génétique productive, à l'augmentation de la part de prairies permanentes sur la sole, et à l'introduction de bâtiments sur paille.

Sur l'axe 3, relatif aux performances biodiversité, ce sont les pratiques en lien avec l'introduction de prairies permanentes et l'exploitation des espaces sylvo-pastoraux qui sont discriminées.

Ainsi, les pratiques du secteur animal permettant d'améliorer les performances économiques et environnementales (sauf utilisation de médicaments vétérinaires) sont donc caractérisées par des coordonnées positives sur les deux premiers axes de l'ACP. Il s'agit de pratiques souvent en lien avec une meilleure gestion des effluents d'élevage, une recherche d'une plus grande efficacité et autonomie alimentaire (diminution de la teneur en protéines des aliments, recours à des systèmes de monitoring), à l'allongement des cycles de production et à une meilleure maîtrise de la santé et du bien-être animal (suppression de la castration animale).

A3 - Conclusion partielle

L'analyse globale de la matrice Pratiques x Performances met en évidence les relations qui existent entre les différentes performances retenues, ainsi que les pratiques qui permettent de combiner des bénéfiques sur différentes classes de performances.

En premier lieu, il apparaît une forte corrélation entre nos différentes performances économiques. Cette corrélation est pour partie liée au fait que la plupart des indicateurs qui servent de base à leur évaluation sont intrinsèquement liés : c'est typiquement le cas des soldes de gestion « en cascade ». Cependant, elle signifie aussi que les pratiques introduites ne jouent pas ou jouent peu sur les facteurs de différenciation de ces indicateurs et performances. En d'autres termes, les pratiques sélectionnées dans la liste initiale, compte tenu des règles rappelées précédemment, ont pour impacts économiques principaux ceux résultant des variations de marge brute, *via* les rendements ou les charges variables.

Le profil de la performance « Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité » apparaît de manière singulière par rapport à l'ensemble des autres performances de l'exploitation : c'est la performance qui serait en moyenne la plus négativement impactée par la mise en œuvre des pratiques inventoriées.

L'analyse en composantes principales des matrices végétales et animales fait ressortir non pas une opposition entre performances économiques et environnementales mais plutôt une certaine indépendance. Il est donc possible d'identifier, dans la liste de départ, d'une part quelques pratiques qui permettent de combiner de bonnes performances productives, économiques et environnementales, d'autre part d'assez nombreuses pratiques qui peuvent être assemblées pour améliorer différents types de performances sans effet collatéral négatif.

Par contre, la performance « sociale », appréhendée ici essentiellement au travers du temps de travail, mérite une attention particulière, car elle peut être un déterminant essentiel de l'acceptabilité des systèmes innovants. Or c'est elle qui paraît présenter un véritable antagonisme par rapport à l'amélioration des performances économiques et environnementales.

Pour la production végétale, la multi-performance peut être prioritairement recherchée *via* des pratiques visant à (i) mieux préserver et gérer les ressources : l'eau (sur les plans quantitatif et

qualitatif par la recherche d'une meilleure efficacité d'utilisation des intrants), le sol (*via* sa protection) et l'air (*via* la réduction des émissions agricoles de gaz à effet de serre) ; (ii) diversifier les rotations et les assolements (notamment au travers de l'utilisation de légumineuses, de la généralisation des couverts d'interculture et des plantes de service) ; et (iii) recourir au progrès génétique comme levier essentiel pour atteindre la double performance économique et environnementale.

Dans le domaine des productions animales, la recherche de la multi-performance se traduit par (i) la nécessité d'accroître l'autonomie productive des exploitations (en augmentant la part d'herbe dans l'alimentation pour les ruminants) ; (ii) mieux maîtriser les rejets grâce à une meilleure gestion de l'alimentation animale et des effluents d'élevage ; (iii) privilégier les animaux rustiques et les races mixtes en élevage laitier au travers du recours à la sélection génomique ; et enfin (iv) poursuivre les efforts pour mieux prendre en compte la santé et le bien-être animal.

Au-delà de la distinction entre les secteurs animal et végétal, la mise en œuvre de pratiques amélioratrices à l'échelle des territoires est également indispensable pour mieux conjuguer les performances économiques et environnementales. Il faut notamment privilégier une gestion collective des effluents, des infrastructures agro-écologiques et maîtriser collectivement les charges de mécanisation et de travail.

Il convient de rappeler que les pratiques évoquées ci-dessus peuvent engendrer des risques d'accroissement de la sensibilité aux aléas, du temps de travail, ou encore des charges d'investissement. De plus, l'analyse de leur dépendance aux milieux physique et socio-économique est indispensable avant de réfléchir au transfert et à leur généralisation en tant que bonnes pratiques agricoles.

B - Synthèse relative aux méta-pratiques, pratiques et pratiques élémentaires

Compétitivité et environnement ne sont pas spontanément compatibles, en particulier à court terme. Il est certes possible d'améliorer simultanément les bilans économique et environnemental de beaucoup d'exploitations agricoles, filières agro-alimentaires ou territoires ruraux sur la base des connaissances existantes et des expérimentations en cours ; mais il ne faut pas laisser penser qu'il suffit d'assurer le transfert et la généralisation de « bonnes pratiques » qui s'apparenteraient à des recettes clé-en-main. Il convient en particulier d'analyser la dépendance des pratiques recommandables aux particularités locales du milieu physique et socio-économique, les risques potentiellement générés et la sensibilité face aux aléas, les conséquences en termes de temps de travail, d'investissement, etc. L'accompagnement des agriculteurs, sous la forme d'un conseil à la fois stratégique et tactique, est vital pour réussir la transition agro-écologique à grande échelle de l'agriculture française.

Au sein d'une liste initiale de plus de 200 pratiques présumées amélioratrices, analysées sous l'angle de leurs performances productive, économique, environnementale et sociale, nous avons retenu une douzaine de pratiques élémentaires considérées comme déterminantes pour amorcer la transition vers une agriculture multi-performante. Ces pratiques pivot nécessitent souvent d'être associées à d'autres pratiques pour renforcer leurs effets positifs et/ou contrecarrer des effets contraires. Nous avons ainsi identifié des grappes d'innovations articulées autour d'une pratique « pivot ».

Pour chacune de ces grappes de pratique, nous nous sommes donc attachés à définir les voies et moyens pour accompagner leur mise en œuvre et ainsi lever les freins à l'évolution des systèmes agricoles multi-performants.

Si l'introduction de pratiques nouvelles (au sens de : non mises en œuvre jusqu'alors par l'agriculteur considéré) doit être pensée à l'échelle de l'exploitation, ce niveau n'est cependant pas suffisant. Pour pérenniser l'adoption de « grappes » de pratiques multi-performantes, la prise en compte de l'ensemble de la filière et donc des acteurs, des processus, des réglementations et des contraintes qui s'appliquent à l'amont et à l'aval des exploitations, est essentielle.

De même, de façon à accroître l'efficacité environnementale des politiques (optimisation spatiale des mesures) et réduire les coûts d'adaptation pour les agriculteurs (compensations entre agriculteurs d'un même territoire), certaines « grappes » de pratiques doivent être conçues et mises en œuvre à l'échelle des territoires.

B1 - Préserver et gérer les ressources : régulation de la ressource en eau, protection des sols et limitation des émissions de gaz à effet de serre

Le sol et l'eau constituent des ressources naturelles faiblement renouvelables, indispensables à l'activité agricole et potentiellement fortement impactées par celle-ci. Dans le même esprit, l'agriculture doit également contribuer à la réduction des émissions de GES et simultanément, s'adapter au changement climatique.

B1.1 - La gestion qualitative de l'eau

De nombreuses pratiques pouvant être introduites à l'échelle de l'exploitation, (du raisonnement des apports de fertilisants minéraux et organiques, jusqu'à l'utilisation de buses de pulvérisation anti-dérive, en passant par l'adaptation de l'ordre des cultures au piégeage du nitrate ou celle des doses de produits phytosanitaires, la réduction des teneurs en protéines et phosphore des rations des animaux, la valorisation des cultures piège du nitrate en alimentation animale, la gestion collective des effluents) ont un impact positif sur toutes les performances économiques et environnementales. On ne saurait donc que recommander la généralisation de ces pratiques, voire leur intégration aux règles de conditionnalité qui soumettent le versement de certaines aides communautaires au respect d'exigences en matière de maintien des terres dans de Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales (BCAE). L'implantation de bandes enherbées ou plus largement d'infrastructures agro-écologiques répond au même enjeu de restauration ou de préservation de la qualité de l'eau.

Dans un tel contexte, il serait possible de prévoir le subventionnement de ces pratiques au titre de bénéfices environnementaux positifs et de la compensation des pertes éventuelles de revenus des agriculteurs. Elles pourraient ainsi être subventionnées temporairement, ceci d'autant plus que pour plusieurs d'entre elles le coût premier est celui de la mise en œuvre initiale, avant de les intégrer aux règles de conditionnalité.

Une priorité sera de travailler en liaison avec les promoteurs des zones de captage identifiées après le Grenelle de l'Environnement et dans le cadre des SDAGE (Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux) dans la mesure où ces surfaces couvrent une partie significative de la surface agricole française et peuvent bénéficier de mesures publiques d'aménagement.

B1.2 - La gestion quantitative de l'eau

Toute pratique qui permet une meilleure efficacité de l'utilisation d'eau doit évidemment être encouragée en production végétale comme en production animale. Les freins à la mise en place de cette efficacité augmentée sont à chercher, outre le coût possible de nouveaux équipements, du côté de la

charge de travail et plus spécifiquement des compétences à acquérir et à maîtriser. C'est donc sur la formation, le conseil et l'accompagnement des agriculteurs qu'il faudra jouer de façon prioritaire.

En ce qui concerne spécifiquement la construction de retenues collinaires, on recommandera une analyse coûts-bénéfices au cas par cas, cette analyse ne devant pas se limiter aux seuls coûts et bénéfices privés et donc nécessairement inclure les aspects non marchands, notamment environnementaux. Nous recommandons également une étude d'impact de ces ouvrages, avec notamment une étude hydraulique qui permette d'analyser l'importance des risques encourus par les populations situées en aval des digues.

Reste la question de l'opportunité économique de l'irrigation qu'il faut là encore raisonner en intégrant tous les coûts et bénéfices, marchands et non marchands. Dans cette perspective, le prix de l'eau d'irrigation payé par les agriculteurs est aujourd'hui moins élevé que celui réservé à d'autres usages et n'intègre pas tous les coûts (notamment le renouvellement et la qualité de la ressource).

De fait, augmenter le coût de l'intrant « eau » est sans nul doute le levier le plus efficace pour faire face aux situations de déséquilibres excessifs entre offre et demandes en eau, et inciter à adopter des choix productifs d'exploitation nettement plus économes en eau.

B1.3 - La protection du sol

Rappelons ici que le principal enjeu de protection des sols consiste à éviter leur transfert irréversible vers des usages non agricoles (urbanisation en particulier), ce point n'étant toutefois pas couvert dans les pratiques prises en compte dans le cadre de cette étude centrée sur l'exploitation agricole.

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes placés dans une situation où l'usage agricole est supposé stable, mais éventuellement générateur de dégradations de la qualité du sol, dont il faut se prémunir. Ces processus de dégradation sont assez divers et certains d'entre eux appellent des réponses spécifiques, par exemple le chaulage pour faire face à l'acidification, etc. Si on s'intéresse plus particulièrement aux mesures de protection des sols qui présentent un caractère multifonctionnel, et donc susceptible d'avoir un spectre d'effets favorables aussi large que possible, on est amené à privilégier les pratiques qui assurent à la fois la couverture du sol (voie privilégiée pour limiter l'érosion et les transferts de polluants par ruissellement, ainsi que d'autres fonctions agronomiques, économiques et/ou environnementales : piégeage du nitrate, lutte contre certains bioagresseurs, voire fixation d'azote). Parmi ces pratiques il faut citer le recours à la prairie et aux cultures intermédiaires notamment lorsqu'elles sont à base de légumineuses ou encore le maintien des résidus de récolte résultant de la suppression occasionnelle ou définitive du labour qui permet en outre de réduire les consommations d'énergie et le temps de travail.

Les principaux freins au développement des grappes de pratiques correspondant à ces différents cas de figure tiennent, selon les cas, à l'augmentation du temps de travail dans certaines conditions (par exemple, dans le cas où la couverture du sol est obtenue par l'implantation de cultures intermédiaires ou de couverts végétaux intercalaires) et/ou aux incertitudes en termes de résultats agronomiques et économiques (par exemple dans le cas de la prairie). La formation des agriculteurs, la mise à disposition de référentiels déclinés en fonction de la géographie et des types de couverts et de cultures de rente, ainsi qu'un conseil adapté, sont parmi les principales réponses pertinentes. Par contre, quand il s'agit d'opter pour une réduction du labour, le parc matériel doit être en partie renouvelé et des investissements peuvent être nécessaires. En ce qui concerne la variabilité des performances économiques, elle pourrait être compensée par l'attribution d'aides ciblées en cas de preuve avérée de baisse des résultats économiques dans le cadre d'un contrat pluriannuel, de type Mesure Agri-Environnementale (MAE) comme par exemple la MAE SFEI (Systèmes fourragers économes en intrants).

Une des contraintes majeures à la mise en place de pratiques de couverture du sol en grandes cultures concerne le risque d'une utilisation accrue de produits phytosanitaires. Il conviendrait donc de contraindre les aides décrites ci-dessus à l'obligation de mise en œuvre simultanée de pratiques de

protection non chimique des cultures qui permettraient de contenir l'augmentation des produits phytosanitaires (allongement des successions de cultures, diversification des assolements, etc.).

B1.4 - La réduction des émissions de GES

L'agriculture est à la fois un des secteurs les plus sensibles aux impacts des changements climatiques et un contributeur majeur aux émissions de GES. Le secteur de l'agriculture fait donc face à un double enjeu : il doit contribuer à l'effort national de réduction des émissions de GES en maîtrisant sa consommation d'énergie (principalement indirecte, c'est-à-dire liée à l'utilisation d'engrais azotés de synthèse ou d'aliments du bétail) et en adoptant des pratiques plus économes en ressources (dimension atténuation) ; et il doit anticiper les impacts des changements climatiques pour limiter la vulnérabilité de ses activités (dimension adaptation).

En ce qui concerne la réduction de l'impact du secteur agricole sur les émissions des GES, plusieurs des pratiques innovantes que nous proposons par la suite contribuent à limiter les émissions. Ainsi, l'optimisation de la quantité d'azote appliquée à la culture, la substitution des engrais minéraux de synthèse par des effluents d'élevage ou des produits résiduels organiques de stations d'épuration, l'augmentation de la part des cultures pérennes (notamment l'herbe) dans la rotation, l'introduction de légumineuses et de protéagineux, l'augmentation de l'efficacité de la production grâce au recours à la sélection et à une meilleure maîtrise de l'alimentation animale (réduction des teneurs en protéines des rations, pratique du pâturage, utilisation d'additifs pour réduire la production de méthane entérique), à la gestion et au traitement des déjections animales (notamment *via* la méthanisation), la mise en place d'infrastructures agro-écologiques, la simplification du travail du sol et le piégeage du nitrate par les CIPAN, sont autant de manières de réduire significativement les émissions agricoles de GES.

B2 - Diversifier les rotations et les assolements

La diversification des rotations et des assolements est une des principales clés de l'accroissement des performances environnementales des exploitations agricoles des secteurs de grande culture, ainsi que de polyculture-élevage qui, dans certains cas, pratiquent elles aussi des successions trop peu diversifiées.

S'appliquant aux successions, le vocable diversification fait avant tout référence à l'accroissement du nombre de cultures présentes dans la succession. En fait, cet accroissement ne prend tout son caractère favorable que s'il est assorti d'une condition supplémentaire d'allongement des délais de retour des espèces cultivées sur la même parcelle. Cette condition est essentielle pour rompre le cycle de certains bioagresseurs inféodés à la parcelle, et/ou pour faire varier des moyens de lutte (par exemple alterner des périodes de travail du sol pour les adventices), ce qui permet d'éviter ou limiter des enchaînements de cycle de développement des bioagresseurs aboutissant à des croissances « en spirale » voire exponentielles.

S'appliquant aux assolements, la notion de diversification fait référence au nombre d'espèces cultivées au sein d'une même exploitation, et/ou d'une même région. Toutes choses égales par ailleurs, la diversification des assolements se traduit en un lieu donné par un accroissement de l'hétérogénéité de la mosaïque paysagère. En revanche, elle ne s'accompagne pas nécessairement d'une diversification des successions sur chaque parcelle : à la limite, un assolement très diversifié peut théoriquement être réalisé à partir d'autant de monocultures que d'espèces retenues. Inversement par contre, la diversification des successions entraîne une diversification des assolements.

Les bénéfices agronomiques et environnementaux de la diversification des successions et assolements relèvent de quatre principales catégories. La première correspond aux impacts directs de ces deux diversifications sur le développement et la propagation des populations de bioagresseurs ; et se traduit tendanciellement par une diminution du recours aux produits phytosanitaires avec toutes les suites

favorables qui en découlent potentiellement, notamment du point de vue de la biodiversité, de la qualité de l'eau, de la santé des agriculteurs, etc. La seconde correspond aux effets, eux aussi directs mais cependant moins mesurables et documentés, sur la biodiversité en tant que telle. La troisième correspond à des effets favorables imputables à certaines cultures actuellement trop peu présentes. Ces effets ne sont pas imputables en soi à la diversification, mais ne peuvent être obtenus sans qu'il y ait une diversification ciblée sur certaines espèces et fonctions agro-écologiques. C'est le cas par exemple des légumineuses (et protéagineux) pour la fixation d'azote et leurs arrières effets, des cultures intermédiaires pour le piégeage du nitrate, des cultures introduites en association pour maîtriser les adventices, etc. Enfin, la diversification peut sous certaines conditions (et jusqu'à un certain point) améliorer la structure du système de production en lui donnant plus de robustesse : d'une part elle peut faciliter l'organisation du travail en étalant les travaux et en réduisant les pointes de travail, ce qui permet de limiter le suréquipement (sauf si les cultures de diversification exigent un équipement spécifique), et d'éviter de réaliser des opérations culturales en conditions parfois difficiles. D'autre part, et sous réserve que les cultures de diversification ne soient pas elles-mêmes sujettes à d'importants aléas de production ou de marché, l'accroissement du nombre de cultures peut constituer un facteur de dispersion des risques et de stabilisation des revenus.

Les freins et facteurs contraires à la diversification sont eux aussi de divers ordres ; et appellent des mesures adaptées à ces situations distinctes. D'une part, l'introduction de cultures nouvelles (ou l'accroissement de la place de cultures minoritaires) peut se heurter à de nombreuses difficultés qui se situent à divers niveaux : débouchés commerciaux limités, absence de structuration de filières, manque de références techniques, innovation variétale trop peu intense, nécessité d'un matériel approprié absent sur l'exploitation, méconnaissance de la culture par l'agriculteur et son environnement de conseil... D'autre part, la simplification des successions et assolements prend dans certaines régions des formes extrêmes et d'ampleur inédites (répétition des successions blé-blé, délai de retour du colza inférieur à 3 ans, etc.) en raison de l'ampleur du différentiel de prix et marges brutes qui s'est creusé entre certaines cultures majeures et des cultures courantes il y a quelques années, mais aujourd'hui en régression (orge, pois...). D'autres facteurs, comme l'agrandissement des exploitations ou l'abandon de l'élevage, peuvent également favoriser l'expansion de systèmes « hyper-simplifiés ».

Compte tenu des bénéfices environnementaux possibles, il apparaît souhaitable d'inverser la tendance à la simplification et de favoriser la diversification en recherchant un enrichissement de la diversité spécifique et fonctionnelle des rotations et des assolements. Cette diversification peut être obtenue par l'introduction de nouvelles cultures de rente, d'associations de cultures et par la mise en place de cultures intermédiaires.

Les dispositifs publics mis en œuvre pour favoriser la diversification des cultures de rente, en particulier dans le cadre de la PAC, ont été globalement peu efficaces. La première mesure de verdissement de la PAC de l'après 2013 relative à la diversification sera également, très vraisemblablement, trop peu contraignante pour modifier significativement ce constat. En conséquence de l'analyse ci-dessus des raisons de la simplification, plusieurs freins à la diversification des cultures et des assolements expliquent cette situation :

- Les agriculteurs sont souvent réticents à introduire de nouvelles cultures qu'ils ne maîtrisent pas ou peu, ou qu'ils avaient retirées de leurs assolements par manque de compétitivité économique. Cette réticence est amplifiée dans un contexte réglementaire et économique incertain, comme c'est le cas actuellement (volatilité des prix des produits agricoles et des coûts des facteurs de production, incertitudes sur les modalités d'application de la future PAC, etc.) ;
- Les organismes de collecte et de stockage peuvent également freiner l'engagement des agriculteurs vers des cultures de diversification. En effet, lorsque des organismes de collecte (coopératives, entreprises de négoce) acceptent de collecter des cultures de diversification, ils prennent le risque de recevoir de faibles volumes qui mobilisent des cellules de stockage, mais sans les remplir totalement. En outre, les industries agro-alimentaires investissent peu dans des innovations technologiques susceptibles d'accompagner l'utilisation de ces ressources nouvelles ;
- En amont des exploitations agricoles, l'offre de variétés et de solutions de protection des cultures pour les espèces de diversification est peu nombreuse.

La diversification des cultures, au travers de l'augmentation de la diversité fonctionnelle des cultures, repose donc nécessairement sur la mobilisation simultanée et cordonnée de nombreux acteurs tout en prenant en compte l'adéquation de ces cultures diversifiées à différents segments de marché.

Les possibilités d'échanges entre agriculteurs et/ou la mise en place d'assolements en commun offrent également des solutions pour une plus grande diversification spatiale des cultures.

Enfin, pour compenser la baisse des performances économiques liées à la substitution de surfaces productives par des plantes de service en faveur de la biodiversité, il apparaît nécessaire de mieux caractériser les services que celles-ci sont susceptibles d'apporter en termes de protection des cultures marchandes. Si l'impact économique négatif reste avéré à long terme, leur subventionnement doit être envisagé.

In fine, les deux leviers majeurs de la diversification que nous sommes amenés à mettre en exergue, sont les cultures de légumineuses et les cultures intermédiaires.

B2.1 - Diversifier via des légumineuses

Les légumineuses appartiennent à un groupe fonctionnel différent de celui des espèces majeures, en particulier parce qu'elles peuvent fixer l'azote atmosphérique par voie symbiotique, alors que l'ensemble des autres espèces utilisent exclusivement l'azote du sol. Leur introduction contribue également à rompre les cycles des bioagresseurs vis-à-vis des productions majeures. C'est le cas lorsqu'elles sont cultivées sous forme de cultures de printemps quand l'ensemble de la rotation est de type hiver, ou dans le cas de cultures pérennes (telle que la luzerne) dans des rotations dominées par des cultures annuelles ou dans le cas des prairies multi-spécifiques associant des graminées et des légumineuses au sein de couverts pérennes. La mise en place de cultures associant simultanément sur la même parcelle une légumineuse avec une espèce qui n'est pas une légumineuse répond à cette même logique.

Le poids des légumineuses (à graines et fourragères) doit croître dans les différents systèmes de production végétaux (cultures annuelles) et animaux (prairies). Les légumineuses permettent d'augmenter les ressources protéiques, indispensables pour l'alimentation animale et utiles en alimentation humaine, notamment dans une perspective de régimes alimentaires moins riches en protéines animales.

Cette production accrue de protéines, qui contribue à la réduction de la dépendance vis-à-vis des protéines importées (soja en particulier), est assurée par la capacité des légumineuses à fixer l'azote de l'air, propriété qui permet de réduire les consommations indirectes d'énergie fossile et de réduire les émissions de GES liées à ces consommations.

Toutefois, lorsque le prix des céréales et des oléagineux est durablement (au sens de pérenne) élevé, les politiques publiques visant à augmenter le poids des légumineuses, la diversification et la part d'herbe dans l'assolement, peuvent s'avérer vaines si elles ne sont assises que sur des aides budgétaires (sauf à imaginer des niveaux d'aides très élevés et peu réalistes). Ce constat implique que les deux leviers de la réglementation (introduire par exemple un pourcentage plancher de légumineuses) et de l'aide budgétaire (incitations, notamment dans la phase d'apprentissage pour passer outre l'aversion aux risques) doivent être utilisés conjointement avec le levier des marchés (tant les marchés des productions que les marchés des services écosystémiques environnementaux et territoriaux : eau, carbone, biodiversité, paysages, etc.).

On rappellera ici qu'il faut environ deux kilogrammes d'équivalent pétrole pour fixer un kilogramme d'azote sous forme d'ammonitrate, forme d'engrais minéral de synthèse la plus simple et la moins coûteuse à produire. Ce chiffre permet de souligner le coût énergétique que représentent les deux millions de tonnes d'azote utilisés par l'agriculture française sous forme d'engrais de synthèse, et le potentiel d'économie d'énergie que représentent les légumineuses.

B2.2 - Diversifier via des cultures intermédiaires et des plantes de service

Les cultures intermédiaires et les plantes de service sont des composantes à part entière des rotations et des assolements, et outre les fonctions spécifiques qui leur sont assignées, contribuent plus globalement à la diversification et à ses bénéfices transversaux. Elles offrent des marges de manœuvre encore peu exploitées aujourd'hui.

Au-delà de la dimension réglementaire obligatoire des CIPAN visant à éviter les lessivages de nitrate en zone vulnérable, elles peuvent remplir un assez grand nombre d'autres fonctions correspondant à des services, ou même à des biens marchands, sous réserve que les pistes actuellement au stade expérimental confirment leur potentiel d'application (cf. Volume 3, Chapitre 6).

Dans cette perspective, trois points sont à noter :

- Le choix des espèces utilisées en cultures intermédiaires doit être réfléchi en fonction des services attendus, ainsi que des espèces productives présentes dans la rotation. De ce double point de vue, le choix ne devra pas se limiter aux seules espèces pour lesquelles il existe déjà un marché de semences ; et il faudra explorer une diversité taxonomique beaucoup plus large ;
- Les associations d'espèces représentent une voie d'innovation prometteuse dans une perspective de multi-performances. Dans les configurations où la production marchande est assurée par l'une des espèces, l'autre (ou les autres) espèce(s) de l'association (ou espèce(s) compagne(s)), apporte(nt) à l'espèce productive un « service », et de ce fait les mêmes remarques sur le choix des espèces que pour les cultures intermédiaires peuvent être formulées ;
- L'identification des espèces utilisées, comme la définition des différents types d'usage, vont bientôt pouvoir s'appuyer sur une initiative officielle, entreprise sous l'égide du Comité Technique Permanent de la Sélection (CTPS). Cette initiative vise à favoriser une meilleure définition des différents usages et une plus grande lisibilité des démarches d'évaluation. Cette démarche devrait favoriser un élargissement de l'offre spécifique et variétale, au-delà des directives actuelles de commercialisation.

B2.3 - Le rôle clef de l'amélioration des plantes

De façon spécifique pour les légumineuses et les plantes de service, de façon générale pour l'ensemble des espèces végétales, le choix des variétés et des semences constitue un levier essentiel pour atteindre la double performance économique et environnementale. L'orientation du progrès génétique au travers du CTPS permet, sur des démarches de long terme, de prendre en compte les attentes de tous les porteurs d'enjeux (pouvoirs publics, sélectionneurs, agriculteurs, industriels en aval des exploitations). Le maintien du progrès génétique, notamment par la mise en œuvre des techniques issues de la génomique, constitue un enjeu majeur dans un contexte où les rendements de plusieurs cultures de rente ont tendance à stagner, en France comme dans d'autres zones du monde, à des rythmes toutefois variables et sans qu'il soit toujours possible d'identifier de façon claire les responsabilités des différents facteurs d'évolution (progrès génétique, pratiques culturales, climat, politiques publiques, etc.).

Dans ce domaine, le dispositif français, caractérisé par un encadrement réglementaire, permet de prendre en compte des objectifs d'intérêt public, notamment la dimension environnementale intégrée au travers de l'évaluation de la VATE (Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale). Ce dispositif bénéficie d'un régime de propriété intellectuelle original et efficace, le Certificat d'Obtention Végétale (COV). La loi du 8 décembre 2011, qui transcrit le règlement UPOV (Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales) de 1991, permet l'utilisation de semences de ferme sur un grand nombre d'espèces, garantissant ainsi aux agriculteurs la possibilité de bénéficier, pour un coût réduit, de l'ensemble du progrès génétique.

Les technologies applicables à la semence, notamment le priming et l'enrobage, sous réserve de l'innocuité des produits chimiques et biologiques utilisés à cette fin, constituent des ressources supplémentaires pour valoriser au mieux le potentiel génétique, par une meilleure maîtrise de la phase d'installation des cultures, phase souvent délicate pour une majorité d'espèces annuelles. Leur déploiement sur un plus grand nombre

d'espèces possible, sous réserve d'une réduction des coûts, serait une avancée additionnelle vers une agriculture doublement performante.

B3 - Adapter les systèmes de production animale

La maîtrise des coûts de production, en particulier des coûts d'alimentation, et l'adaptation des génotypes animaux sont les deux principaux leviers à mobiliser en priorité de façon conjointe pour améliorer la double performance des systèmes d'élevage. La réduction des rejets grâce à une meilleure maîtrise de l'alimentation animale, de même que l'amélioration de la santé et du bien-être animal nécessitent également d'être poursuivis.

B3.1 - Accroître l'autonomie productive des exploitations en augmentant la part de l'herbe dans l'alimentation animale

Dans le domaine des productions animales herbivores, la place de l'herbe récoltée ou pâturée dans les rations alimentaires des ruminants doit être accrue. Cette augmentation conduit à un ajustement de l'ensemble du système de production qui est bénéfique du point de vue de l'utilisation de ressources naturelles fossiles et de la protection de l'environnement. Cet ajustement est également bénéfique en termes de performances économiques des exploitations puisqu'il permet d'accroître l'autonomie alimentaire de l'exploitation en réduisant les coûts de production.

Le pâturage concourt également à l'amélioration de la qualité nutritionnelle des produits animaux. C'est aujourd'hui le mode d'alimentation qui a le plus d'effets positifs sur les qualités du lait et de la viande. Néanmoins, l'éleveur ne raisonne pas la place du pâturage dans son système en lien avec cette externalité positive, faute d'une reconnaissance suffisante par le marché (meilleure valorisation des produits) et/ou d'un soutien public. Dans ce contexte, il serait intéressant de coupler les deux possibilités de reconnaissance sous la forme, par exemple, d'aides directes avec obligation de moyens (pâturage) dans le cadre de contrats collectifs associant agriculteurs, transformateurs et distributeurs.

De façon générale, l'organisation de filières autour de signes de qualité, publics ou privés, et/ou le développement de circuits de commercialisation de proximité, doivent être mis à profit pour la valorisation de produits animaux issus de systèmes de production établis selon des objectifs, voire des cahiers des charges, visant à améliorer la qualité nutritionnelle des produits animaux, mais en évitant que la mise en place de tels cahiers des charges ne génère des phénomènes de verrouillage (notion de flexibilité des cahiers de charges).

La maîtrise des coûts de production, en particulier des coûts d'alimentation, sont tout aussi centraux pour les élevages de monogastriques. Ces coûts sont cependant plus difficiles à maîtriser. Ils sont en effet lourdement impactés par les prix élevés des céréales et des oléagineux, et leur maîtrise repose, pour partie, sur la capacité des éleveurs à produire des céréales sur l'exploitation. Elle repose également sur la recherche d'économies d'échelle à travers notamment l'agrandissement des ateliers de production, qui sont en moyenne de dimension inférieure à celle de leurs homologues européens.

Ce dernier point doit toutefois être apprécié au cas par cas, au regard des différents contextes territoriaux et des impacts environnementaux d'un éventuel agrandissement s'il se traduit aussi par une plus grande densité animale par hectare.

B3.2 - Mieux maîtriser les rejets grâce à l'alimentation

La maîtrise des rejets par l'alimentation du bétail a pour objectif de réduire l'impact environnemental de l'activité d'élevage. Elle vise à limiter les rejets azotés des animaux, essentiellement par l'urine qui est la voie naturelle d'excrétion de tout excès d'azote dans la ration des animaux et qui est le premier facteur affectant les émissions de NH₃ (et de N₂O) dans les bâtiments d'élevage.

La réduction de la consommation de phosphore est un second enjeu à prendre en compte dans la mesure où il entraîne un risque d'eutrophisation des milieux lorsqu'il est rejeté par l'animal en excès dans ces derniers.

Enfin, à l'inverse des deux cas précédents, il reste aujourd'hui techniquement difficile de réduire la production de méthane entérique par les ruminants, malgré les nombreuses recherches sur le sujet. Parmi les nombreux additifs étudiés, seules les huiles polyinsaturées ont des effets bien établis. Ces additifs accroissent les coûts pour un gain de production des animaux qui restera nécessairement faible car si le méthane est une perte énergétique pour l'animal, celle-ci reste relativement faible (8 % de l'énergie ingérée) et ne pourra jamais être très fortement réduite.

B3.3 - Privilégier des races mixtes : le rôle de la sélection génomique

Faire le choix de races mixtes conduit à ne privilégier aucune performance au détriment d'une autre (les performances en matière de production, de qualité des produits ou de robustesse des animaux étant au moins pour partie antagonistes), mais au contraire vise à un équilibre entre ces trois performances. Dans une perspective de plus long terme, la sélection génomique (aujourd'hui limitée aux seules vaches laitières), pourra être mobilisée, notamment pour réduire les antagonismes entre les différentes performances. Ce dernier point implique une concertation de tous les porteurs d'enjeux, y compris les pouvoirs publics, pour définir les objectifs d'amélioration génétique animale et les index des reproducteurs. Cette concertation est d'autant plus importante que le fort potentiel de la sélection génomique peut, soit renforcer une situation de verrouillage autour de la sélection d'animaux à forte productivité individuelle (cercle vicieux), soit, au contraire, développer une voie nouvelle prenant aussi en compte les critères de robustesse (cercle vertueux).

B3.4 - Maîtriser la santé animale : des efforts à poursuivre

La maîtrise de la santé animale constitue un enjeu essentiel des élevages et des filières animales car elle est le garant de la performance productive et économique, et de la confiance des consommateurs vis-à-vis des produits animaux. Elle est en outre un élément central du bien-être animal même si dans ce domaine, l'accroissement de normes et de réglementations a pu générer des difficultés d'adaptation des éleveurs nationaux et amoindrir leur compétitivité économique.

La maîtrise de la santé s'inscrit dans l'ambition nationale de réduction de l'usage des antibiotiques (Plan EcoAntibio 2017). Elle repose, pour l'essentiel, sur des mesures prophylactiques au niveau des élevages et des filières animales, *via* en particulier la limitation des échanges d'animaux et la modernisation des bâtiments d'élevage. Elle repose aussi sur une approche intégrée et multi-échelles de la santé animale, associant des démarches centrées sur l'identification et la maîtrise des pathologies à l'échelle de l'animal (ou de la bande d'animaux dans le cas des monogastriques) et des démarches à des échelles plus larges qui passent par la construction de la santé animale au niveau des exploitations, et plus largement au niveau des territoires dans lesquels celles-ci sont insérées.

Au niveau de la recherche, c'est la même ambition qui est poursuivie par l'Inra à travers la mise en œuvre du méta-programme GISA (pour Gestion Intégrée de la Santé Animale)⁷.

B4 - Développer de nouvelles solidarités agricoles dans les territoires ruraux

Le développement de synergies (nouvelles ou à redécouvrir) entre exploitations agricoles dans les territoires ruraux permet d'explorer des voies inédites ou sous-exploitées au service de la multi-performance des exploitations.

⁷ Ce méta-programme dispose de son homologue dans le domaine de la santé des plantes, le méta-programme GISP (pour Gestion Intégrée de la Santé des Plantes).

B4.1 - Gérer les effluents d'élevage à l'échelle des territoires et remplacer des engrais minéraux de synthèse par des engrais organiques

Les systèmes de production associant la polyculture et l'élevage herbager autonome présentent souvent un fort potentiel de multi-performance. S'il est illusoire, notamment d'un point de vue économique, de vouloir généraliser dans l'ensemble des régions françaises un tel modèle à l'échelle de chaque exploitation, il est en revanche pertinent de mettre où c'est possible une interpénétration plus profonde des systèmes de grande culture et de production animale mobilisant des ressources fourragères dans des systèmes d'élevage adaptés.

Cette interpénétration peut reposer sur la coexistence d'exploitations de grande culture avec quelques îlots d'exploitations herbagères dans des zones résiduelles maintenues en prairies permanentes ou temporaires en raison des caractéristiques locales du milieu (zones Natura 2000, terrains caillouteux ou en pente, zones humides, zones de captage d'eau où il est pertinent, et légitime d'un point de vue d'économie publique, d'établir des cahiers de charges spécifiques). Cette interpénétration peut aussi aller vers des formes de coopération plus avancées.

Dans le premier cas, les échanges et interactions entre exploitations restent limités à la fourniture de grains et/ou de paille dans un sens, des épandages de fumiers et lisiers dans l'autre sens. Même si elles ne présentent pas un caractère novateur, de telles interactions permettent la création de mosaïques paysagères potentiellement favorables à la biodiversité et à la qualité de l'eau, en assurant une valorisation optimisée des effluents d'élevage à l'échelle du territoire, en limitant les risques de lessivage et les achats d'engrais azotés.

Une option plus ambitieuse consisterait à développer des coopérations entre des exploitations spécialisées mais gérant collectivement une portion commune d'espace, et allant jusqu'à la mise en commun du travail et du capital, permettant ainsi d'améliorer de nombreuses performances nettement au-delà de ce qui est accessible par une simple juxtaposition d'améliorations individuelles⁸.

Tout comme la préservation des ressources, la diversification des productions végétales et l'adaptation des systèmes de production animale, le couplage entre productions végétales et animales est une des voies à mobiliser en priorité pour atteindre la multi-performance.

Apporter des effluents organiques pour la nutrition minérale des plantes permet de valoriser les déjections animales ou les boues organiques d'origine industrielle ou urbaine, réduisant donc le premier des facteurs d'émissions de GES liés à la synthèse des engrais azotés minéraux.

Cet apport est néanmoins marqué par une incertitude sur les quantités d'éléments fertilisants réellement disponibles pour la croissance des couverts végétaux. Dans le cas d'apports d'engrais minéraux de synthèse, la valorisation par les couverts est plus importante et en outre plus rapidement réalisée. Dans le cas d'apports par des effluents organiques, des pertes difficilement maîtrisables de nitrate peuvent se produire si l'azote apporté n'est pas valorisé par le couvert, et peut même nécessiter des apports totaux d'azote plus importants malgré les quantités d'azote organique initialement apportées.

La substitution (partielle ou totale) des engrais minéraux de synthèse par des engrais organiques permet de maintenir les performances économiques, sous réserve toutefois que les rendements ne soient pas trop dégradés. Le maintien des performances productives et économiques passe donc par une caractérisation précise de la valeur fertilisante des effluents organiques, une connaissance des cinétiques de minéralisation et

⁸ Ce point est l'occasion d'une remarque de portée plus générale relative au fait qu'un grand nombre de pratiques élémentaires ne s'opposent pas en termes de performances productives et économiques de court terme versus performances environnementales. En effet, l'amélioration des performances environnementales sans dégradation des performances productives et économiques de court terme a souvent pour contrepartie une dégradation du travail (en termes de temps consacré - dimension essentielle en élevage, nettement moins prégnante en grandes cultures -, de technicité, de complexité, voire de pénibilité) et un besoin d'investissement avec donc, augmentation potentielle de la charge d'endettement.

une prise en compte encore plus fiable et précise dans les outils d'aide à la décision en matière de fertilisation, outils encore trop peu utilisés aujourd'hui.

La valorisation des excédents locaux de produits résiduels organiques provenant notamment des effluents d'élevage grâce à une substitution des engrais minéraux de synthèse par des engrais organiques, passe, au-delà du soutien aux exploitations de polyculture-élevage autonomes (dont nous avons vu qu'il était impossible d'en généraliser le modèle), par une meilleure articulation entre des exploitations plus ou moins spécialisées dans les régions où cohabitent (encore) productions animales et végétales. Dans ce dernier cas, il serait opportun de soutenir les transferts entre les exploitations, qui viseraient à optimiser la gestion des effluents et la substitution des engrais minéraux de synthèse par ces effluents. Dans plusieurs régions, une première forme de coopération entre des exploitations spécialisées a été mise en place à travers des conventions d'épandage entre le producteur et l'utilisateur des effluents, ou par la mise en place de bourses d'échanges, facilitant les contacts entre professionnels.

B4.2 - Les infrastructures agro-écologiques constituent un autre enjeu qui requiert ces nouvelles solidarités

Les objectifs de l'aménagement foncier sont parfois difficilement conciliables dans la mesure où il s'agit d'optimiser le potentiel de production agricole et de réduire les coûts associés, mais aussi de préserver ou de réintroduire des espaces naturels au titre de la protection de l'environnement. Parmi les différentes composantes de l'aménagement foncier, la gestion des Infrastructures Agro-Ecologiques (IAE) figure en bonne place. Elles sont définies comme des habitats semi-naturels qui ne reçoivent ni fertilisants chimiques, ni produits phytosanitaires, et sont gérées de manière extensive pour maximiser la fourniture de services environnementaux par la préservation de la faune et de la flore et la protection de la qualité de l'eau. Leur localisation dans un paysage agricole est essentielle pour maximiser les bénéfices environnementaux, tout en limitant l'emprise sur la surface productive : l'emprise optimale n'est pas homogène pour les différentes exploitations réparties dans un paysage / territoire donné.

La mise en place des IAE conduit à améliorer de nombreuses performances environnementales au détriment des performances productives et économiques, du fait de leur emprise sur la surface directement productive (utilisable pour les cultures). Dans ce contexte, la valorisation maximale de la biomasse issue de ces IAE peut être une solution (au moins partielle et dès lors qu'une telle valorisation est possible), même si c'est au prix d'une détérioration de la charge de travail. Cette charge de travail supplémentaire pourra être allégée par recours au travail en commun, à l'entraide, voire à une entreprise extérieure.

Les bénéfices environnementaux des IAE ne sont pas nécessairement immédiats suite à leur mise en place et certains d'entre eux sont progressifs ou différés dans le temps. Selon la performance environnementale considérée, l'effet bénéfique se produit avec un décalage de quelques mois (qualité des eaux), quelques années (faune auxiliaire) ou plusieurs décennies (stockage de biomasse et de carbone dans le sol). Cette particularité implique qu'une fois la nécessité du développement des IAE acquise, il est nécessaire de s'assurer de leur permanence dans le temps, en empêchant réglementairement leur suppression (interdiction) et/ou par leur inscription au titre des exigences minimales des règles de conditionnalité d'attribution des aides publiques (au sens large, pas uniquement les aides directes du premier pilier de la PAC), et en construisant une solidarité intergénérationnelle des agriculteurs.

On notera que la plupart des pratiques relatives à la gestion des IAE ne sont pas à effet monotone et au contraire présentent un optimum. Ceci explique, par exemple, que la densité d'arbres dans les plantations de linéaires boisés, principe de base de l'agroforesterie, comporte un optimum au regard des bénéfices environnementaux fournis. Cette caractéristique rend difficile la mesure des performances environnementales et économiques, et la généralisation immédiate de ces pratiques à l'ensemble des exploitations agricoles françaises. Selon la distance à l'optimum, la facilité de mise en place ou de préservation des IAE sera différente, et les bénéfices environnementaux attendus pourront s'avérer plus faibles que ceux qui avaient été prévus initialement. Ceci est d'autant plus complexe qu'il ne s'agit pas d'optima absolus, mais d'optima locaux

fortement liés aux caractéristiques des milieux et des climats dans lesquels s'insèrent ces IAE (ainsi que de la nature, de la forme, etc. des IAE).

Au-delà des seules IAE, il convient de remédier ou plutôt d'offrir aux agriculteurs et aux communes la possibilité de remédier à la discordance qui s'est instaurée entre la configuration du parcellaire et celles de la couverture pédologique d'une part, du réseau hydrographique d'autre part. L'atteinte de la multi-performance suppose tout particulièrement, en matière de gestion quantitative et qualitative de l'eau mais aussi vis-à-vis de la plupart des autres performances environnementales, une adéquation beaucoup plus précise des pratiques aux caractéristiques de la culture et du milieu. Inversement, les discordances actuelles sont génératrices d'impacts négatifs considérables, des sur-fertilisations ou excès de traitements phytosanitaires étant appliqués à des zones de plus faible potentialité productive incluses dans des parcelles où la zone majoritaire présente des potentialités supérieures. Le remède à appliquer dans certaines des situations ainsi décrites va au-delà de la modulation d'apports d'intrants, donc de l'agriculture de précision : il faudrait pouvoir redécouper et remembrer différemment les parcelles pour pouvoir leur appliquer des successions de culture différenciées, plus adéquates aux caractéristiques pédologiques ou hydrologiques, sans pour autant dégrader la productivité du travail, donc sans diminuer notablement les débits de chantier.

L'optimisation de l'aménagement foncier nécessite une réflexion à des échelles qui dépassent celle de la seule exploitation et doit donc, dans la plupart des cas, s'appuyer sur des démarches collectives. L'exemple du remembrement ou l'aménagement de retenues collinaires sont les cas les plus évidents de l'importance de ce fonctionnement collectif. Il en est de même pour le positionnement des haies, des bandes enherbées ou encore des zones humides qui doit être réfléchi à des échelles supérieures à celles de la parcelle et de l'exploitation individuelle pour (i) favoriser la continuité des trames, (ii) optimiser la localisation et le dimensionnement des aménagements fonciers et motifs paysagers, et (iii) réagencer le parcellaire en meilleure adéquation avec la localisation des sols et des chemins d'eau, tout en permettant à la mosaïque paysagère d'être plus hétérogène et moins propice à une expansion rapide des bioagresseurs aériens.

Il faut souligner que l'optimisation dont on parle ici concerne bien l'ensemble des performances, y compris les performances techniques et économiques, et pas seulement les performances environnementales : d'une part c'est grâce à une localisation et une répartition appropriées des systèmes de cultures et des IAE que les surfaces correspondant aux plus fortes potentialités de production pourront être pilotées en conformité à ces potentialités, et sans restrictions liées aux surfaces à potentialité moindre ; d'autre part le réagencement du parcellaire peut et doit prendre en compte la productivité du travail : il ne s'agit pas ici d'appliquer des principes dogmatiques (par exemple de réduction des tailles de parcelle qui seraient décrétées comme écologiquement vertueuses), ni de considérer que les trames vertes et bleues constitueront des cadres rigides et prédéfinis auxquels l'agriculture devra se conformer *a posteriori*.

Ces considérations ne signifient pas un rejet de la mesure de verdissement de la PAC – par définition individuelle – visant à consacrer un certain pourcentage des terres de l'exploitation (7 % dans les propositions initiales de la Commission européenne) en Surfaces d'Intérêt Ecologique (SIE). Bien au contraire, il est urgent de renverser la tendance à la diminution des SIE. De façon à maximiser les bénéfices environnementaux pour un coût économique minimisé, on suggérera de rendre la mesure plus flexible en fixant un niveau plancher de SIE par exploitation et en permettant les « échanges » de SIE entre exploitations, sur une base contractuelle encouragée (bonus de primes), de sorte à atteindre le niveau souhaité / souhaitable de SIE à l'échelle de la petite région agricole dans lesquelles s'insèrent les exploitations agricoles. Devront également être prises en compte les activités non agricoles consommatrices d'espaces ruraux.

Concrètement, il serait opportun de promouvoir des incitations à cette fin, par exemple sous forme de « bonus d'agglomération » ; autrement dit, un soutien additionnel à tous dès lors que les acteurs qui occupent l'espace agricole et rural dans une région donnée s'entendent pour respecter collectivement la cible avec un niveau minimal de SIE dans chaque exploitation (niveau minimal plus faible que le niveau cible global) et une définition sur une base contractuelle collective des niveaux de SIE de chaque exploitation. En contrepartie de la flexibilité et des soutiens accordés, la gestion collective de ces SIE, d'éventuelles initiatives de « remembrements agro-écologiques », et plus globalement les démarches de gestion territoriale multi-performances devront

nécessairement être cohérentes avec les schémas territoriaux organisant la continuité écologique du territoire (notamment les trames verte et bleue).

B4.3 - La maîtrise des charges de mécanisation et de travail constitue la troisième cible de ces solidarités renouvelées

La maîtrise des charges de mécanisation et d'équipement des bâtiments est à rechercher. La modernisation du matériel pour en améliorer l'efficacité et le recours à l'agriculture/élevage de précision peuvent aussi être recommandés, mais à condition de ne pas aggraver à l'excès la charge d'endettement liée aux investissements nécessaires. Dans les cas où l'équipement requis ne peut pas être partagé, la mise en œuvre de ces deux pratiques nécessite des exploitations d'une dimension économique suffisante de sorte à bénéficier d'économies d'échelle. Dans les cas où l'équipement n'est pas exclusif, sa mise en commun doit être encouragée, y compris par des incitations financières : l'amélioration des performances environnementales permet de légitimer des aides spécifiques mais collectives à l'investissement. Les agriculteurs se sont depuis longtemps organisés pour travailler et acheter du matériel en commun. Ainsi, les Coopératives d'Utilisation du Matériel Agricole (CUMA) offrent un cadre permettant de réduire les coûts de la mécanisation en augmentant la durée annuelle d'utilisation d'un matériel donné.

De la même façon, pour faire face à l'augmentation de la charge de travail liée à la mise en place de nouvelles pratiques visant la double performance, des groupements d'agriculteurs devraient pouvoir recruter, de manière temporaire ou permanente, un ou plusieurs salariés et les mettre à disposition de leurs membres selon leurs besoins. De telles initiatives auraient en outre l'avantage de maintenir les compétences dans les territoires ruraux. Dans les deux cas, notre recommandation serait surtout de permettre la plus grande flexibilité et de réduire les freins réglementaires à cette mise en commun.

B5 - Conclusion partielle

Les pratiques « pivot » que nous venons de décrire sont aujourd'hui bien identifiées du point de vue scientifique et technique ; leurs impacts sur les performances productive, économique et environnementale des exploitations sont globalement connus, mais néanmoins très / trop peu quantifiés, ainsi qu'insuffisamment déclinés en fonction des différents éléments du contexte (topographique, climatique, économique, etc.) ; les outils de diagnostic et d'aide à la décision qui permettraient de les mettre en œuvre sont bien souvent inexistantes ; enfin les politiques publiques incitant à leur mise en œuvre sont à construire ou restent trop peu incitatives face à des facteurs contraires plus puissants.

Il est nécessaire de poursuivre l'effort de production de nouvelles connaissances sur les systèmes doublement performants. Il est tout autant nécessaire d'accompagner les agriculteurs, leur amont et leur aval, pour permettre l'adoption des pratiques innovantes déjà identifiées à l'échelle des exploitations, des filières et des territoires.

A ce titre, disposer d'un système partagé d'informations qualifiées, développer la formation initiale et continue des agriculteurs, former les « conseillers agricoles », contrer l'aversion aux risques, mettre en place des incitations pour lever les blocages sont autant de leviers pour favoriser la transition agro-écologique de l'agriculture française.

PARTIE II ANALYSE DES VOIES D'ÉVOLUTION VERS DES SYSTÈMES INNOVANTS ET PERFORMANTS EN AGRICULTURE CONVENTIONNELLE

CHAPITRE 1	MÉTHODE GÉNÉRALE.....	75
CHAPITRE 2	SYNTHÈSE DES RÉSULTATS PAR ORIENTATION PRODUCTIVE ET ILLUSTRATION PAR QUELQUES ÉTUDES DE CAS	85
CHAPITRE 3	SYSTÈMES AMÉLIORÉS OU CONSTRUITS PAR APPROCHES VIRTUELLES	139

CHAPITRE 1

MÉTHODE GÉNÉRALE

CHAPITRE 1 Méthode générale.....	76
A - Présentation de la démarche.....	76
B - Matériel et méthode (rappels).....	77
C - Analyse de la compatibilité entre les pratiques élémentaires.....	79
D - Méthode d'agrégation de pratiques pour améliorer les systèmes de production.....	83

CHAPITRE 1

Méthode générale

A - Présentation de la démarche

Après avoir identifié les différentes performances et classes de performances pertinentes pour caractériser les systèmes agricoles, construit une représentation de l'exploitation agricole intégrée au sein des filières et des territoires, et enfin analysé l'ensemble des pratiques élémentaires susceptibles de contribuer à des systèmes de production multi-performants, nous allons maintenant étudier, d'une part les relations qui existent entre les différentes pratiques élémentaires et qui déterminent la possibilité de les mettre en œuvre de façon conjointe et cohérente au sein d'un système donné, et d'autre part, une démarche d'agrégation de différentes pratiques aboutissant à la possibilité de proposer différents systèmes multi-performants.

La caractérisation des performances et l'élaboration des matrices de relations entre pratiques se sont appuyées sur une exploration aussi large que possible des littératures scientifique et technique. Ceci permet de disposer d'éléments factuels, qui ont fait l'objet d'une mise en débat et d'une analyse critique au sein du collectif ayant contribué à l'élaboration du rapport, dans sa configuration la plus large (soit environ 40 chercheurs et ingénieurs de compétences variées). Nous avons aussi dans la mesure du possible confronté ces analyses aux données issues des réseaux d'exploitations agricoles et aux références issues des différentes filières de production.

Ainsi, l'ensemble des documents produits⁹ repose sur une compilation inédite de la littérature scientifique et de la « littérature grise » sur les pratiques et les systèmes de production agricoles potentiellement innovants et performants.

Dans un premier temps, la qualification des impacts de chaque pratique élémentaire sur les performances de l'exploitation a conduit à la construction d'une matrice « Pratiques x Performances » dont le principe de construction et l'analyse sont présentés dans la Partie 1 de ce volume. Cette analyse par pratique élémentaire a été complétée par une analyse transversale permettant d'identifier les convergences ou divergences entre performances, en d'autres termes les groupes de performances dont le profil de réponse à l'introduction des différentes pratiques est respectivement similaire ou contrasté.

Dans un second temps, nous allons analyser les compatibilités techniques entre les différentes pratiques élémentaires de manière à identifier des groupes cohérents de pratiques, ainsi que les nœuds relationnels qui les connectent (cf. Partie C de ce chapitre).

Par ailleurs, ce travail d'analyse des pratiques et des performances a été complété par un travail additionnel, réalisé pour l'essentiel par les Groupes Filières (GF) de l'Inra, et qui avait pour objectif de déterminer les leviers principaux qu'il est possible d'actionner dans chaque filière (i.e. pour chaque orientation productive) pour améliorer les performances de leurs exploitations agricoles.¹⁰

⁹ Ce volume, le volume 3 dédié à l'analyse détaillée des méta-pratiques et le volume 4 dédié aux analyses par orientation productive.

¹⁰ L'intégralité de ce travail est présentée dans le Volume 4 du présent rapport : Georget M., Coudurier C., Guyomard H., Huyghe C. 2013. Vers des agricultures à hautes performances. Vol 4 : Analyse des voies de progrès en agriculture conventionnelle par orientation productive. Inra, Paris

Sur la base de ces trois ensembles de connaissances, nous chercherons ensuite à analyser les performances de différents systèmes de production, soit déclinés en études de cas par grande orientation productive (cf. Chapitre 2), soit par l'analyse de systèmes connus comme *a priori* potentiellement performants, voire de systèmes virtuels (cf. Chapitre 3).

B - Matériel et méthode (rappels)

B1 - Matrice pratiques x performances

Dans le cadre de cette étude, plus de 200 pratiques élémentaires ont été analysées en regard de leurs performances sur les plans productif, économique, utilisation de ressources naturelles, préservation de l'environnement et social/sociétal. La matrice d'analyse des performances (en colonne) des différentes pratiques considérées (en ligne) est donc une matrice de plus de 200 lignes x 35 colonnes. Cette analyse a essentiellement été qualitative : l'impact potentiel de telle pratique élémentaire sur telle performance a été qualifié selon la graduation suivante : « + » ; « =/+ » ; « = » ; « =/- » ; « - » et « +/- » lorsque l'effet était ambivalent. Le détail de ce travail est présenté dans le Volume 3 où les conséquences de l'introduction de chacune des 203 pratiques identifiées sur les 35 performances de l'exploitation sont étudiées à partir de l'état des connaissances actuelles. Les principaux enseignements de ce travail détaillé sont exposés dans la Partie 1, Chapitre 3 du présent volume.

Une fois ce travail réalisé, nous avons étudié les relations entre pratiques et performances au travers d'analyses en composantes principales. Cela a permis de mettre en évidence les corrélations qui existent entre certaines performances, mais également certains antagonismes. Enfin, ce travail a permis de caractériser les pratiques qui assurent des bénéfices sur différentes classes de performances, mais également d'identifier certains antagonismes qui peuvent être des freins à la mise en œuvre de ces pratiques.

B2 - Analyse des relations entre pratiques élémentaires

La deuxième partie de la démarche consistait ensuite à agréger les pratiques élémentaires sous forme de « paquets techniques » cohérents, permettant aux systèmes de production qui les intégreront d'évoluer vers des formes plus durables. Afin de renseigner la compatibilité entre les différentes pratiques recensées, une « matrice carrée » Pratiques x Pratiques, positionnant symétriquement les pratiques à la fois en lignes (203) et en colonnes (203), a été construite. L'évaluation du niveau de compatibilité entre deux pratiques s'est faite en utilisant la notation suivante :

- Les deux pratiques élémentaires considérées « ont intérêt à être mises en œuvre ensemble »¹¹ : +1 ;
- Les deux pratiques élémentaires sont indépendantes : 0 ;
- Les deux pratiques élémentaires sont incompatibles : -1.

Selon ces conventions, le croisement entre la ligne et la colonne d'une même pratique (c'est à dire la diagonale de la matrice) aboutit à la note 1.

¹¹ Ceci est distinct de « est compatible avec » (qui ne présuppose pas de l'impact de la mise en œuvre simultanée), peu informatif, et de « est mis en œuvre avec... », variable selon le système décisionnel mis en œuvre sur l'exploitation.

Cette matrice « carrée » traduit, pour chacune des 203 pratiques, celles qui ont intérêt à être mises en œuvre conjointement dans le but de maximiser les performances de l'exploitation, celles qui sont « indépendantes » et celles qui sont « incompatibles ». Comme présenté plus loin, la représentation graphique de cette matrice sous le logiciel Gephi permet de visualiser de manière pédagogique les connexions entre les différentes pratiques et groupes de pratiques.

B3 - Appréciation du caractère stratégique des pratiques élémentaires

Cette dernière matrice avait pour objet de décrire le caractère plus ou moins structurel du changement induit par l'introduction d'une nouvelle pratique. Chaque pratique a donc été caractérisée par son positionnement sur un gradient tactique-stratégique, et le degré de réversibilité de son adoption selon les trois modalités suivantes¹² :

- « tactique » (notée T) : la pratique correspondante relève d'une adaptation conjoncturelle du fonctionnement du système de production (conduite des cultures ou élevages). Elle peut être modifiée à chaque cycle de production ; son introduction est donc très réversible ;
- « stratégique intermédiaire » (SI) : l'introduction de la pratique correspondante conditionne des orientations fortes et structurantes de l'exploitation ; elle n'est cependant pas irréversible (par exemple si elle n'engage pas la construction d'un bâtiment ou l'acquisition d'un parc d'équipements spécialisés) ;
- « stratégique à faible réversibilité » (SFR) : l'orientation majeure de l'exploitation agricole en est affectée pour une période importante.

Dans la suite du travail, une pratique notée SFR sera considérée comme « pivot », c'est à dire que son introduction constitue un point de départ pour l'agrégation d'autres pratiques élémentaires à caractère de moins en moins stratégique.

B4 - Identification des principaux leviers techniques par grande orientation productive

En parallèle, mais selon une approche distincte, le travail des différents Groupes Filières a permis d'identifier les principaux leviers techniques à actionner pour chacune des orientations productives étudiées, *i.e.* respectivement pour :

- les grandes cultures annuelles ;
- les fruits, légumes et pommes de terre de consommation ;
- la vigne et les produits de la vigne ;
- les bovins, ovins et caprins laitiers ;
- les bovins et ovins allaitants ;
- les porcins ;
- les volailles.

Ces différents leviers techniques disponibles ont ensuite été traduits sous forme de pratiques élémentaires à partir de la liste des 203 pratiques potentiellement performantes. Nous avons ainsi construit des études de cas pour apprécier les performances de différents systèmes de production déclinés par grande orientation productive.

¹² De fait, il n'a pas été identifié de décision qui soit simultanément tactique et à faible réversibilité.

B5 - Conception d'un outil d'agrégation des pratiques pour l'élaboration de systèmes innovants

En vue d'analyser et de représenter les impacts potentiels de l'agrégation de différentes pratiques élémentaires sur les performances de l'exploitation, nous avons développé une procédure d'agrégation pas à pas, en vue de corriger les performances les plus dégradées d'un système donné ou dans l'optique de maximiser les résultats sur une performance en particulier. Ceci constitue un outil adapté au dialogue entre agriculteurs et conseillers, et aux travaux de responsables de collectivités territoriales ou d'organismes économiques en lien avec les acteurs de terrain, s'inscrivant dans une optique d'accompagnement plutôt que de prescription.

Grâce à cet outil, nous avons ainsi représenté (i) différents systèmes de production prédéfinis et potentiellement performants, déclinés au sein de chacune des grandes orientations productives (Chapitre 2), ou (ii) des systèmes innovants résultant de l'intégration de « paquets techniques » correspondant à des systèmes améliorés préexistants ou construits par approches virtuelles (Chapitre 3).

Cet outil comporte évidemment des limites, mais offre des potentiels d'évolution et de développement intéressants. Ces points sont discutés dans la dernière partie (D) du chapitre 3.

C - Analyse de la compatibilité entre les pratiques élémentaires

C1 - Présentation de la démarche

C1.1 - Objectifs

L'analyse multi-performances conduite par pratique n'a jusqu'à présent pas pris en compte les relations qui existent ou sont susceptibles d'exister entre elles lors de leur mise en œuvre. Or ces pratiques sont introduites au sein de systèmes de production qui doivent être cohérents. Et ce sont ces systèmes, cohérents sur un plan technique et organisationnel, dont il faut chercher à améliorer les performances productives, économiques et environnementales.

A partir de la matrice carrée, « pratiques x pratiques », nous avons cherché à identifier des groupes de pratiques cohérents c'est-à-dire techniquement réalisables de façon combinée. Pour ce faire, nous avons tout d'abord recouru à une analyse hiérarchique ascendante puis cette première analyse a été complétée par une représentation visuelle des interactions, pour laquelle nous avons mobilisé l'outil Gephi.

C1.2 - Analyse descriptive succincte de la matrice carrée

L'examen de la matrice carrée (non présentée pour des raisons de taille) met en évidence une forte variabilité entre pratiques élémentaires quant à leurs degrés d'interaction avec d'autres pratiques. On peut y constater que certaines pratiques élémentaires sont en interaction (favorable ou défavorable) avec de nombreuses pratiques, tandis que d'autres ont des interactions beaucoup plus sporadiques, voire sont totalement isolées des autres (comme par exemple l'équarrissage). Cette matrice de très grande taille étant inexploitable en l'état, il s'est avéré nécessaire d'utiliser des outils de traitement statistique pour en résumer l'information disponible.

C2 - Classification ascendante hiérarchique (CAH) de la matrice des relations entre pratiques élémentaires

C2.1 - Méthode

La construction de la matrice carrée s'est traduite par l'évaluation de 20 503 paires de pratiques élémentaires. Afin d'en faciliter l'interprétation, une première analyse *via* une classification hiérarchique ascendante (CAH) a été réalisée dans le but d'identifier des groupes de pratiques élémentaires. La classification ascendante hiérarchique s'appuie sur une métrique des distances, avec construction d'arbres de relations qui regroupent des individus (ici des pratiques élémentaires) qui ont une faible distance entre eux. On a alors considéré que les pratiques liées par une valeur +1 présentaient une distance courte, alors que les pratiques liées par une valeur -1 étaient très éloignées. Cependant, le fait qu'il n'y ait alors que trois classes de distance constitue une limitation majeure à la mise en œuvre d'un outil statistique adapté pour le traitement d'informations quantitatives continues.

C2.2 - Résultats

Sept classes se distinguent sur le graphique de la CAH (non présenté). Visuellement, deux branches se séparent très tôt sur le dendrogramme. Après vérification, l'hypothèse d'une dichotomie associée à des sous-ensembles de pratiques végétales versus pratiques animales est rejetée. En outre, les classes formées par cette analyse ne correspondent pas à des agrégats de pratiques présentant une cohérence agronomique.

Cette première analyse nous a donc conduits à envisager une autre méthode permettant de regrouper les pratiques élémentaires, méthode qui n'utilise pas uniquement l'information de la relation entre pratiques prises deux à deux, mais aussi les liens que ces pratiques ont ou non en commun avec les autres pratiques de la liste.

C3 - Représentation des formes de relations entre les pratiques élémentaires sous le logiciel Gephi

C3.1 - L'outil Gephi

Gephi (Bastian *et al.*, 2009) est un outil de visualisation et d'exploration des réseaux et systèmes complexes¹³. Il permet, d'une part, de positionner spatialement des individus en fonction de leur interaction avec d'autres individus et, d'autre part, d'apporter des informations complémentaires selon leurs attributs individuels.

Le principe général est de considérer que tous les individus se repoussent mutuellement, à moins que n'existe une ou plusieurs relations entre eux ; leur proximité étant d'autant plus forte qu'il existe un grand nombre de liens entre eux. Ainsi, en termes d'interprétation de la figure produite, deux individus représentés à proximité l'un de l'autre partageront de plus nombreuses relations entre eux (directement ou indirectement *via* des individus tiers) que deux individus plus éloignés. Autrement dit, dans le cas de ce travail, deux pratiques très rapprochées l'une de l'autre partagent un grand nombre de relation avec le même *pool* de pratiques.

L'objectif de cette seconde méthode est, en complément de la CAH précédemment réalisée, de déterminer les groupes de pratiques qui ont tendance à s'agréger (celles qui ont « intérêt à être mises en œuvre ensemble »).

¹³ Nous avons utilisé la version 08.2 du logiciel Gephi, version disponible en ligne.

C3.2 - Méthode

A partir de la matrice carrée (« Pratique x Pratique », cf. B2), un premier fichier de binômes de pratiques a été constitué. Il classe les couples de pratiques selon le type de relation qui les lie (+ 1 ; 0 ; - 1). Un second fichier a été nécessaire pour apporter des informations descriptives pour chacune des pratiques (méta-pratique et pratique d'appartenance, orientation « végétal » ou « animal », etc.).

La modélisation a mobilisé l'algorithme de spatialisation Fruchterman et Reingold (1991), en excluant les pratiques qui n'ont pas ou très peu de relations avec les autres. Enfin, pour la représentation graphique, des informations descriptives ont été ajoutées : la méta-pratique à laquelle appartient la pratique élémentaire (par coloration du point), le nombre de liens (ou densité de connexion) avec les autres pratiques élémentaires (par la taille du point), la valeur de l'interaction entre deux pratiques (par la couleur du lien : vert si les deux individus sont compatibles et rouge s'ils sont incompatibles).

C3.3 - Résultats

Pour interpréter correctement la Figure 1.1, il est rappelé (cf. C3.1 §2) que c'est l'existence d'un lien entre deux points (i.e. deux pratiques) qui les rapproche, que la valeur de ce lien soit positive (+ 1) ou négative (- 1). C'est donc la couleur des liens (vert ou rouge) qui permet de déterminer si le lien entre les deux pratiques est positif ou négatif.

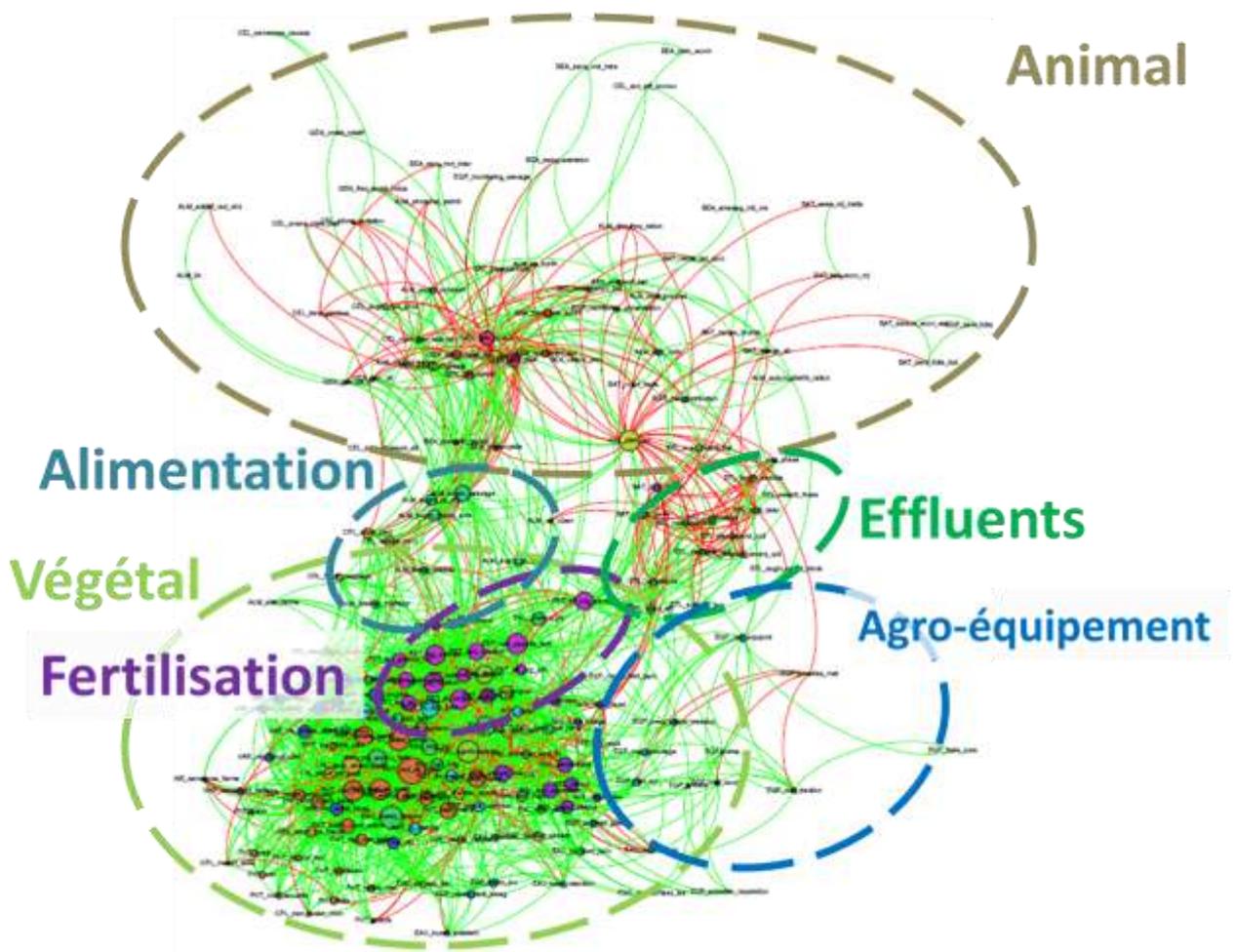


Figure 1.1 : Représentation spatialisée des interactions entre les grandes catégories de pratiques élémentaires

Au sein de la Figure 1.1 deux pôles peuvent être distingués : en haut, l'animal, et en bas, le végétal. L'interaction entre les deux pôles mobilise des liens positifs, mais aussi des liens négatifs, ce qui marque alors une incompatibilité entre ces pratiques élémentaires. Entre ces deux pôles, certaines méta-pratiques sont à l'interface : l'alimentation animale, la gestion des éléments minéraux, la gestion des effluents ou encore les agroéquipements.

On remarque que certaines pratiques élémentaires apparaissent nettement à la périphérie de l'agrégat. Ceci est dû à leur faible nombre de connexions. Ainsi, en haut à droite, il existe un triplet isolé ; il s'agit de pratiques d'économie d'eau¹⁴ connectées positivement entre elles, mais en répulsion avec le reste de l'agrégat.

Malgré la forte densité du pôle « Végétal », liée aux pratiques fortement connectées les unes aux autres, il existe aussi en son sein de très nombreux liens qui sont en « -1 ». Les individus présentant le plus grand nombre de liens (représentés avec les cercles les plus grands) sont principalement associés à la réduction du recours aux intrants (« Réduire les quantités totales de substances actives par unité de surface en réduisant le nombre de traitements », « Réduire les doses de substances actives par traitement », « Ne pas utiliser de substances actives de synthèse »), ce qui marque bien l'intérêt présenté par une approche globale pour favoriser cette réduction.

Au sein du pôle « Animal », une pratique élémentaire présente une caractéristique marquante du fait de son caractère simultanément isolé et relié : il s'agit de « Pratiquer le plein air intégral », qui est très fortement connecté, en négatif comme en positif. Enfin, on remarque un nombre plus important de pratiques très peu connectées et donc repoussées vers l'extérieur par l'algorithme que dans le cas du pôle « Végétal ».

C3.4 - Limites

La principale limite identifiée tient au fait que l'algorithme retenu n'est pas, en l'état actuel de son développement, en mesure de distinguer, dans le processus de spatialisation, l'« incompatibilité » entre pratiques (notée « -1 ») de la situation inverse, i.e. l'« intérêt à une mise en œuvre commune » (noté +1). Ainsi, l'existence d'un lien entre deux pratiques conduit à les représenter côte à côte, que ce lien soit de type positif ou négatif, ce qui contribue à densifier certaines zones du graphe.

En outre, la notation ayant été réalisée par des experts distincts pour la majeure partie des couples de pratiques (végétales x végétales *versus* animales x animales), on ne peut exclure *a priori* un différentiel de notation (plus forte proportion de relations non nulles) contribuant également à densifier l'ensemble végétal par rapport à l'ensemble animal.

C4 - Conclusion partielle

Cette démarche d'évaluation de la compatibilité des pratiques élémentaires présente l'originalité d'avoir été conduite sur l'ensemble des 203 pratiques élémentaires et donc sur les 20 503 couples potentiels de pratiques du corpus.

La démarche d'analyse par classification ascendante hiérarchique n'ayant pas permis d'élaborer des combinaisons de pratiques, en particulier du fait de l'amplitude limitée des notations (choix parmi 3 valeurs possibles), une autre méthode d'agrégation, toujours basée sur la matrice carrée, a été mise en œuvre au travers de l'outil Gephi.

¹⁴ A savoir : « Utiliser des abreuvoirs économes en eau » ; « Supprimer les fuites d'eau en élevage » ; et « Supprimer les fuites d'eau dans les bâtiments d'élevage ».

Au terme de ce travail, il est possible de constater le rôle d'interface assuré par quatre MP ainsi que la forte interconnexion existante au sein du pôle « Végétal ». En outre, cette représentation graphique apporte une aide à l'interprétation (voire la vérification des données) de la matrice carrée en permettant d'identifier visuellement et très rapidement les liens existants autour d'une pratique donnée, ainsi que les pratiques peu connectées aux autres.

D - Méthode d'agrégation de pratiques pour améliorer les systèmes de production

La démarche d'agrégation présentée ci-dessous a pour but d'identifier des « paquets techniques » (agrégats de pratiques cohérentes entre elles) qui pourront être intégrés aux systèmes de production préexistants pour en améliorer la durabilité, ou constituer les noyaux de nouveaux systèmes de production plus durables. Les systèmes de production élaborés dans le cadre de cette démarche sont parfois déjà testés sur le terrain, voire même adoptés par certains agriculteurs. D'autres sont des prototypes potentiellement performants et qu'il faudrait tester en conditions réelles.

En valorisant les connaissances scientifiques regroupées au sein des deux matrices « Pratiques x Performances » et « Pratiques x Pratiques », ainsi que les conclusions issues du travail complémentaire mené par les Groupes Filières de l'Inra, cette partie décrit les éléments méthodologiques à la base de la démarche d'agrégation, ainsi que les fonctionnalités de l'outil construit dans ce cadre. Après une introduction sur le raisonnement suivi, elle présente successivement les différentes étapes correspondant à plusieurs entrées possibles conduisant à la construction et à l'analyse des impacts potentiels sur les performances de différentes modalités d'assemblage de systèmes de production.

L'objet de cette méthode d'agrégation est de rechercher les associations de pratiques (ou « paquets techniques ») qui permettent d'améliorer conjointement les performances de l'exploitation. Nous avons retenu quatre entrées possibles pour initier ces combinaisons de pratiques et analyser leurs impacts sur les performances :

- L'entrée par **orientation productive** : à partir des leviers techniques identifiés au sein de chacune des grandes orientations productives, plusieurs études de cas illustrent des systèmes de production potentiellement performants pour chacune d'entre elles ;
- L'entrée par **système existant** : l'utilisateur peut sélectionner dans l'outil les pratiques qui caractérisent selon lui un système déjà existant et apprécier les impacts de celui-ci sur les différentes performances de l'exploitation ;
- L'entrée par **pratique** : au regard de son profil et de son degré de réversibilité pour l'agriculteur, une pratique d'entrée est sélectionnée puis d'autres sont agrégées autour d'elle de manière à corriger successivement la (ou les) performance(s) la (ou les) plus dégradée(s). Ces itérations sont répétées jusqu'à obtenir une combinaison de pratiques ayant des impacts positifs sur l'ensemble des performances ou ayant atteint un niveau satisfaisant sur les différentes performances aux yeux de l'utilisateur qui les sélectionne.
- L'entrée par **performance** : les enjeux prioritaires étant différents selon le porteur d'enjeux, le territoire et/ou la filière considérés, seules les pratiques ayant des impacts positifs sur la (ou les) performance(s) visée(s) sont initialement retenues. A partir de la liste des pratiques compatibles, d'autres sont ensuite agrégées autour des premières, de façon à proposer des « paquets techniques » cohérents qui répondent aux enjeux fixés.

Pour associer et mesurer les impacts de plusieurs pratiques, nous avons donc articulé au sein d'un même outil les deux matrices précédentes (« Pratiques x Performances » et « Pratiques x Pratiques ») et nous avons conçu une méthode d'agrégation permettant d'apprécier le sens de variation de chaque performance.

Dans un souci de résumer l'information et de hiérarchiser les performances à améliorer lors des étapes successives de la construction de ces systèmes, chaque performance qualitative a été transformée en une variable quantitative en utilisant la clef de transformation suivante :

Note qualitative initiale	Transformation quantitative	
	Borne inférieure	Borne supérieure
+	1	
=/+	0	1
+/-	-1	1
=	0	
=-/	-1	0
-	-1	

Dans les cas où subsiste une ambiguïté de l'effet, la performance étant notée jusqu'ici « =/+ », « =/- » ou « +/- » (l'impact de la pratique sur la performance dépendant fortement des conditions du milieu et du contexte, ainsi que des autres pratiques mises en œuvre simultanément), la note quantitative est alors composée de deux valeurs, l'une représentant l'espérance minimale en termes d'impact tandis que l'autre représente l'espérance maximale. Pour la note « +/- », nous avons choisi de retenir l'intervalle maximum, à savoir entre -1 et +1. L'impact global de plusieurs pratiques vis-à-vis d'une même performance est alors estimé par un intervalle borné, d'une part, par la moyenne des notes minimales et d'autre part, par la moyenne des notes maximales des différentes pratiques. Il en résulte un radar qui synthétise les impacts sur les différentes performances et qui se présente comme un intervalle d'estimation approchée du sens de variation des performances.

Insistons bien sur le fait que cette représentation graphique a d'abord un objectif pédagogique, indicatif du sens de variation et en aucun cas ne constitue une quantification absolue des performances. Les impacts de chaque pratique ayant été notés qualitativement, l'agrégation de ces impacts ne peut donner qu'une vision du sens de variation de chaque performance.

Par ailleurs, nous avons introduit une notation supplémentaire pour chacune des pratiques, de manière à renseigner leur degré de réversibilité pour l'agriculteur. L'hypothèse sous-jacente consiste à privilégier, dans le processus d'agrégation, d'abord les pratiques d'ordre stratégique à faible réversibilité (SFR), puis celles de la catégorie « stratégique intermédiaire » (SI) puis celles qualifiées de « tactiques » (T).

Nous pouvons ainsi construire, par ces différentes entrées (par orientation productive, par système déjà existant, par pratique ou par performance), différents agrégats ou « paquets technique » répondant à une logique agronomique. Nous examinerons pour chacun d'entre eux s'ils sont ou non mis en œuvre dès aujourd'hui au sein de systèmes de production existants, les freins majeurs à leur déploiement et les difficultés techniques associées. Nous identifierons également les leviers techniques ou organisationnels à mobiliser pour favoriser leur développement.

Il est capital de souligner que le propos n'est pas ici de préconiser des combinaisons-types de pratiques qui prétendraient améliorer les performances de toutes les exploitations françaises. Au contraire, conscients de la diversité des territoires, des manières de cultiver et d'appréhender l'agronomie ou l'élevage par chaque agriculteur, et de ses attentes personnelles, nous proposons ici un cadre de raisonnement aussi systémique que possible qui vise à aider dans le choix et l'appropriation des pratiques adaptées à chaque situation.

Cette démarche permet de valoriser les nombreuses connaissances scientifiques acquises sur les pratiques et leur complémentarité. Elle contribue à la formalisation des démarches de conception innovante des systèmes de production, et peut devenir un outil performant de médiation entre un conseiller et un agriculteur souhaitant faire évoluer son exploitation.

CHAPITRE 2

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS PAR ORIENTATION PRODUCTIVE ET ILLUSTRATION PAR QUELQUES ÉTUDES DE CAS

CHAPITRE 2 Synthèse des résultats par orientation productive et illustration

par quelques études de cas	86
A - Exploitations agricoles de grandes cultures annuelles	86
B - Exploitations agricoles en fruits, légumes et pommes de terre	95
C - Exploitations agricoles en viticulture	100
D - Exploitations d'élevage de ruminants laitiers et allaitants	105
E - L'élevage porcin.....	118
F - L'élevage de volailles de chair	124
G - Conclusion.....	137

CHAPITRE 2

Synthèse des résultats par orientation productive et illustration par quelques études de cas

Comme présenté en partie introductive, nous rappelons ici que notre travail d'analyse des pratiques élémentaires au regard de leurs impacts sur les performances a été complété par un travail additionnel, réalisé pour l'essentiel par les Groupes Filières (GF) de l'Inra et qui avait pour objectif premier de déterminer les leviers principaux qu'il est possible d'actionner dans chaque filière pour améliorer les différentes performances des exploitations. L'emploi du terme « filière » au niveau des GF est quelque peu trompeur dans la mesure où le travail de ces groupes a lui aussi pour point d'entrée et focus principal l'exploitation agricole, mais d'une orientation productive donnée (grandes cultures annuelles ou ruminants allaitants, par exemple) et en prenant en compte les liens à la filière (amont et aval) et au territoire. Les synthèses et les analyses complètes des différents GF sont présentées dans le Volume 4 de ce rapport.

La combinaison de ces deux types de travaux menés conjointement, mais selon des méthodologies et approches distinctes, permet d'apprécier les performances de systèmes de production déclinés par grande orientation productive. La présentation de ce travail ci-dessous suit un plan commun pour chaque orientation productive, soit, dans un premier temps, un résumé des pratiques à promouvoir de façon générale pour améliorer les performances des exploitations, puis, dans un second temps, l'illustration pour un ou deux systèmes type qui n'ont qu'un objectif d'illustration et en aucun cas de modèle unique à promouvoir.

A - Exploitations agricoles de grandes cultures annuelles

A1 - Eléments de contexte

Depuis les années 1950, la profonde mutation de l'agriculture française orientée pour partie par la PAC et les impératifs des marchés a induit une intensification des modes de production, une spécialisation des exploitations et bassins de production, une structuration forte des filières et une réduction du nombre d'exploitations agricoles. Une séparation géographique des productions animales et végétales s'est produite au cours de cette même période, appuyée par des importations croissantes de protéines végétales (surtout issues du soja) favorisant l'intensification des élevages. Cette distanciation a amplifié l'usage des engrais chimiques en grandes cultures, laissant généralement la fertilisation organique aux productions fourragères, diminuant les surfaces toujours en herbe et renforçant l'intensification

fourragère (gestion intensive des prairies et utilisation du maïs dans l'alimentation du troupeau). Dans ce contexte, l'évolution des grandes cultures est marquée par une augmentation des surfaces en céréales et oléagineux qui se traduit par un raccourcissement des rotations, une simplification des assolements (40 % de ceux-ci comportent au plus deux cultures) et l'abandon dans les assolements d'espèces à plus faible rentabilité à court terme.

Les systèmes de production de grandes cultures sont aujourd'hui des systèmes très spécialisés. Les exploitations se sont agrandies et ont stabilisé leur niveau de charge à l'hectare ce qui leur a permis d'amortir les chocs conjoncturels. Les évolutions des systèmes de production ont également répondu aux évolutions des marchés avec comme corollaire des systèmes de culture très orientés par les débouchés et des critères de qualité fixés par les différentes filières dans lesquelles les exploitations sont insérées.

Dans un contexte économique favorable de prix élevés des produits, aujourd'hui et sur le moyen terme même s'ils seront aussi plus variables qu'hier, le principal défi à relever en grandes cultures annuelles est d'ordre environnemental, au double titre de la réduction des utilisations de ressources fossiles (énergie, eau et phosphore) et de l'amélioration de l'état de l'environnement dans les quatre dimensions sol, eau, air et biodiversité.

Il s'agit notamment de réduire les effets environnementaux contraires liés à une utilisation potentielle excessive de produits phytosanitaires et d'engrais minéraux de synthèse, ainsi que de diminuer les consommations d'eau d'irrigation là où les exploitations y ont recours. Concevoir des systèmes de culture économes en intrants et productifs implique de repenser l'ensemble du système pour éviter ou contourner les bioagresseurs, favoriser les régulations naturelles, limiter le recours à l'irrigation et favoriser l'usage des engrais organiques et des bio-pesticides. Cette conception peut se penser à l'échelle annuelle sur l'itinéraire technique en modifiant tout ou partie des techniques mises en œuvre sur la culture, et à l'échelle pluriannuelle en repensant l'ensemble des éléments du système et les combinaisons entre successions culturales et techniques mises en œuvre.

A2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation, de la filière et des territoires

A cette fin, au-delà de toutes les pratiques qui permettraient d'augmenter les efficacités d'utilisation des intrants susmentionnés (*via* notamment le recours à un conseil adapté et à des outils d'aide à la décision), trois niveaux complémentaires d'intervention peuvent être mobilisés :

A l'échelle de l'exploitation et de son système de culture, le moindre recours aux produits phytosanitaires sera recherché par une plus grande diversification des espèces cultivées dans le temps (rotations) et dans l'espace (assolements), et par l'emploi d'une génétique adaptée (variétés résistantes aux bioagresseurs). La diversification des espèces et des variétés dans l'espace et dans le temps est un levier qui permettrait de réduire la pression des bioagresseurs en leur opposant une diversité d'hôtes, de milieux et de dates de cycles de culture, mais également d'optimiser l'absorption des nutriments par les plantes cultivées en exploitant leurs complémentarités. Il s'agit notamment de valoriser la complémentarité des cycles et des exigences des cultures pour exploiter les effets « précédents » de certaines cultures à court et moyen terme. Cette diversification peut inclure une diversité d'espèces récoltées ou non (cultures intermédiaires et couverts associés aux cultures de rente).

La diversité des rotations et des assolements pourra être mise en œuvre en utilisant des légumineuses fixatrices de l'azote atmosphérique de façon à réduire, simultanément, le recours aux engrais azotés de synthèse. Les systèmes associant sur une même parcelle et pendant un même cycle de culture une légumineuse et une non-légumineuse (souvent une céréale) permettent d'accroître l'efficacité des intrants azotés et de réduire la fertilisation azotée : la nutrition azotée de la légumineuse est assurée par la fixation de N₂, laissant à la non légumineuse une plus grande disponibilité d'azote minéral. Les légumineuses sont des plantes fixatrices d'azote : elles n'ont pas besoin d'engrais azotés pour se

développer grâce à la symbiose qu'elles entretiennent naturellement avec certaines bactéries présentes dans le sol qui leur permet d'utiliser directement l'azote de l'air (N₂). Dans les sols pauvres en azote minéral, avec des taux d'azote issus de la fixation souvent voisins de 80 %, les légumineuses présentent un solde apport-export positif et contribuent à enrichir le stock d'azote organique des sols. Il existe différents types d'insertion des légumineuses dans les systèmes de grandes cultures : légumineuses à graines (protéagineux ou légumes secs) implantées comme cultures de rente dans la succession ou en association avec d'autres cultures (par exemple blé-pois, féverole-triticales) ; légumineuses implantées en couvert pendant la période d'interculture, seules ou en couvert associé à une culture de rente (par exemple vesce ou féverole en association avec un colza). L'amélioration du bilan azoté des systèmes de grandes cultures passe aussi par la réduction des pertes par lessivage et émissions de N₂O en gérant les successions ou les associations de cultures (espèces, variétés). Sous culture ou après culture, les rhizodépôts, résidus de culture et excès de fertilisation azotée sont exposés aux risques de pertes dans l'environnement par lessivage ou émissions gazeuses. Aujourd'hui, plus du quart des superficies de grandes cultures restent nues pendant l'hiver, favorisant les pertes par lessivage. Des cultures intercalaires ou des couverts accompagnant les cultures (repousses ou espèces implantées) apportent différentes aménités dont une réduction des pertes d'azote par lessivage. Le développement des cultures intermédiaires piège à nitrate (CIPAN) en est un exemple. Ces espèces, crucifères ou légumineuses implantées seules ou de préférence en mélange avec d'autres espèces, contribuent à immobiliser l'azote à l'automne qu'elles restituent sous forme d'engrais vert après destruction. Enfin, si les outils d'aide à la décision sont depuis longtemps utilisés en ce qui concerne le bilan azoté, des marges de progrès sont encore possibles pour que les pratiques reflètent de plus près les préconisations.

La diversification ne peut cependant pas répondre à elle seule aux enjeux environnementaux dont les bénéfices seront de plus très dépendants des espèces considérées : certaines cultures de diversification sont exigeantes en traitements phytosanitaires (pomme de terre, betterave et féveroles pour l'alimentation humaine par exemple) ; des successions mal raisonnées peuvent aggraver des problèmes parasites ou favoriser certaines espèces d'adventices. La garantie du succès de la diversification des cultures repose sur un certain nombre de conditions, comme l'alternance des cycles culturaux (printemps/hiver) et avec elle les périodes de travail du sol qui permettent la gestion d'une grande diversité d'adventices ; le positionnement réfléchi des plantes fixatrices d'azote par rapport à celles plus gourmandes en azote et l'introduction des plantes cultivées en dérobées, ou intermédiaires. Cette diversification peut également s'appuyer sur le choix réfléchi des espèces cultivées économes en intrants ; le choix de variétés résistantes ou peu sensibles aux maladies. Pour cette dernière condition, la sélection d'idéotypes variétaux adaptés aux nouveaux systèmes de culture constitue un levier important de l'innovation (variétés adaptées aux associations, à cycles courts ou longs pour des positionnements variés dans les successions, tolérantes aux stress abiotiques ou résistantes à des bioagresseurs, etc.). Ces nouveaux idéotypes variétaux peuvent être constitués d'un ou plusieurs génotypes. Il s'agit alors de prendre en compte leurs caractéristiques et intérêt au stade de l'inscription au CTPS par une adaptation du règlement technique.

A cette échelle, les freins principaux à la mise en œuvre des bonnes pratiques sur le plan environnemental sont le temps de travail¹⁵, sa complexité et sa technicité, et l'aversion aux risques et aux changements de l'agriculteur, freins qu'il s'agit de dépasser par des dispositifs de formation, de conseil, de mise en commun des expériences, des assolements et des matériels, ainsi que par des dispositifs publics (aides directes, contrats publics, état assureur en dernier ressort) ou privés (partage des risques, mutualisation et/ou contractualisation) permettant de surmonter l'aversion aux risques et aux changements.

A l'échelle des territoires de polyculture-élevage, l'intensification et la spécialisation des systèmes d'élevage se sont accompagnées d'une séparation géographique avec les territoires de grandes cultures

¹⁵ Temps de travail néanmoins nettement moindre en grandes cultures annuelles qu'en élevage dès lors qu'il est rapporté à un même dénominateur (hectare, valeur ajoutée par unité de surface, etc.).

et d'un rapprochement avec les fabricants d'aliments composés (FAC). Les pratiques de formulation des FAC ont renforcé la concurrence entre les différentes matières premières substituables en nutrition animale (blé, soja, coproduits des autres agro-industries), et l'échelle industrielle de leur production a privilégié des approvisionnements de masse. De nouvelles formes de proximité territoriale et organisationnelle entre les systèmes d'élevage et les grandes cultures pourraient favoriser l'autonomie protéique, réduire les impacts économiques et environnementaux du transport des aliments, faciliter la gestion des effluents d'élevage et le contrôle de la traçabilité des produits. Il s'agit d'exploiter les complémentarités entre activités de culture et d'élevage, ce dont bénéficieront les exploitations de grandes cultures annuelles *via* l'apport d'effluents organiques issus des élevages qui réduit d'autant le recours aux engrais azotés de synthèse. La présence à proximité d'élevages permet aussi d'assurer un débouché à plusieurs cultures de diversification.

L'autonomie protéique à l'échelle des territoires peut être favorisée en développant la part de protéines issues des protéagineux à destination de l'alimentation animale. La production des protéines à destination de l'alimentation animale s'effectue aujourd'hui sur les surfaces de grandes cultures en utilisant majoritairement des engrais minéraux. Cette production de protéines est estimée à 9 Mt en 2011 : 75 % issues des céréales, 20 % des oléagineux et 5 % des légumineuses. Les tourteaux d'oléagineux et les protéagineux contribuent respectivement pour environ 40 % et 1,5 % aux 3,4 Mt de protéines sous forme de MRP (matières riches en protéines) utilisées en France en alimentation animale. Le pays importe environ 1,7 Mt de protéines (essentiellement issues de soja) pour contribuer à ces protéines de MRP, la France étant dépendante à 40-50 % d'importation de protéines de MRP pour la complémentation des rations en alimentation animale.

En circuits longs, les élevages ont besoin de volumes conséquents et d'une régularité de la disponibilité de la matière première (frein aujourd'hui pour les protéagineux), qui s'accompagne d'un besoin tout aussi important de rentabilité des infrastructures logistiques de collecte, stockage et transformation des aliments. Les transactions sont dans une logique de marché spot, à grande échelle, où de multiples achats peuvent se succéder entre coopératives, courtiers et industriels. La démultiplication du nombre d'intermédiaires réduit d'autant le partage de la valeur ajoutée. Des circuits plus courts, à l'inverse, peuvent réduire cette « dispersion » du partage de la valeur ajoutée, qui, de plus, est généralement plus élevée car ces circuits sont souvent associés à des signes de qualité (officiels tels que AOC, AB, etc. ou privés) qui s'appuient sur des coordinations contractuelles. Ces contrats sont tout particulièrement importants pour soutenir la production des espèces de diversification, car à défaut d'existence de marchés à terme qui définissent des prix de référence, les contrats donnent plus de lisibilité et d'incitations économiques aux producteurs, en définissant des seuils de volumes et de prix.

Enfin, à l'échelle de la filière, le déverrouillage des systèmes de grandes cultures vers une plus grande diversité cultivée passe notamment par la recherche de nouveaux débouchés en aval qui soutiennent la production en amont. Ce levier du développement doit s'appuyer sur une valeur ajoutée combinant à la valeur d'usage celle des services écosystémiques construits sur l'ensemble d'une filière. Il s'agit en priorité de développer avec les segments en aval des exploitations agricoles de nouveaux débouchés pour les cultures de diversification.

En conclusion, le véritable défi est de réussir à s'adresser au plus grand nombre d'agriculteurs et d'acteurs territoriaux par la mise au point de jeux de solutions couvrant une large gamme de contraintes et objectifs, avec une R&D renforcée qui permettra des productions en volumes et qualités conformes aux attentes du marché et de la société et rémunérées par les filières.

Toutes ces pratiques vont à l'encontre du mouvement de concentration, spécialisation, simplification et agrandissement des exploitations de grandes cultures annuelles. Dit autrement, les solutions à la double performance, économique et environnementale, existent mais elles ne seront mises en œuvre que si la réglementation y oblige et/ou si les incitations sont suffisamment fortes.

A3 - Etudes de cas

Pour illustrer le recours à des pratiques mobilisables pour viser la double performance, nous présentons ci-après deux cas : (i) celui d'une exploitation spécialisée en grandes cultures annuelles (sans irrigation) dans un territoire lui aussi spécialisé en grandes cultures et (ii) celui d'une exploitation spécialisée en grandes cultures annuelles (avec irrigation) dans un territoire de polyculture - élevage.

A3.1 - Etude de cas d'une exploitation spécialisée en grandes cultures annuelles (sans irrigation) dans un territoire lui aussi spécialisé en grandes cultures annuelles (cf. Matrice A3.1 et Radar A3.1)

L'objectif de l'exploitation agricole considérée, spécialisée en grandes cultures annuelles dans un territoire lui aussi spécialisé en grandes cultures annuelles, est de réduire fortement les impacts sur le milieu en diminuant les utilisations d'engrais azotés de synthèse et de produits phytosanitaires, tout en maintenant, voire en augmentant, les performances productive et économique. Cette exploitation agricole fonctionne de façon indépendante au sens où elle ne mobilise pas d'éventuels échanges avec les autres exploitations voisines. Située en zone spécialisée en grandes cultures annuelles, il n'existe pas de possibilité de recours aux effluents organiques issus d'élevages. En recherchant des effets à court terme, cette exploitation n'envisage pas d'augmenter les infrastructures agro-écologiques qui ont des effets environnementaux bénéfiques sur le plus long terme.

Les pratiques élémentaires mises en œuvre consistent à (i) couvrir le sol *via* l'implantation de cultures intermédiaires à fonction agro-écologique ; (ii) préserver la ressource en eau *via* l'adaptation de l'ordre des cultures au piégeage de nitrate ; (iii) améliorer la gestion de la fertilisation en recourant à des OAD de raisonnement des apports d'éléments fertilisants et en cultivant des légumineuses en association ; (iv) diversifier les rotations et les assolements en augmentant le nombre d'espèces de la rotation ; et (v) s'appuyer sur la génétique *via* le recours à des variétés améliorées pour la productivité et résistantes aux bioagresseurs.

Le système ainsi défini a un impact favorable sur (i) les performances productives et notamment en termes de rendement (augmentation) ; (ii) les performances économiques, charges d'endettement non comprises, soit les charges variables (diminution), la rentabilité et la valeur ajoutée (augmentation) ; (iii) les consommations directe et indirecte d'énergie fossile (diminution) ; et (iv) plusieurs performances environnementales, notamment en matière de protection des sols contre l'érosion, de taux de Matière Organique (MO) des sols, d'utilisation et/ou d'émissions de nitrate, de phosphore, de produits phytosanitaires, de Gaz à Effet de Serre (GES) et d'ammoniac (NH₃). Les performances relatives à l'utilisation de phosphore et à la préservation de la biodiversité sont peu impactées (et donc peu améliorées) - à l'exception notable de l'indicateur « diversification des cultures » qui est sensiblement en progrès. Le temps de travail et/ou sa pénibilité peuvent être impactés très négativement ; il en est de même pour l'endettement ; la sensibilité aux risques n'est au mieux que faiblement réduite.

Au total, il apparaît que le système ici défini permet de conjuguer performances économique (charges d'endettement non comprises) et environnementale, mais au prix possible d'une détérioration de la charge de travail, de sa complexité et de sa technicité, et de l'endettement par besoin accru d'investissement ; la préservation de la biodiversité est certes améliorée (*via* diverses pratiques, la couverture du sol en particulier), mais uniquement de façon modérée faute d'inclusion dans le système d'infrastructures agro-écologiques.

A3.2 - Etude de cas d'une exploitation spécialisée en grandes cultures annuelles (avec irrigation) dans un territoire de polyculture - élevage (cf. Matrice A3.2 et Radar A3.2)

Cette seconde exploitation est également spécialisée en grandes cultures annuelles, mais d'une part elle recourt à l'irrigation, d'autre part elle est cette fois située dans un territoire où existent également des élevages de ruminants. Le développement de collaborations entre exploitations permet de diversifier la rotation

Matrice A3.1 : Exploitation agricole spécialisée en grandes cultures (GC) annuelles (sans irrigation) [dans un territoire lui aussi spécialisé en GC annuelles]

Exploitation agricole spécialisée en grandes cultures (GC) annuelles (sans irrigation) [dans un territoire lui aussi spécialisé en GC annuelles]		Production		Economie										
Métapratique	Sous- pratique	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Rentabilité			Soldes de Gestion			Robustesse				Transmissibilité
				Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité	
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour le rendement	+	-	+	=	+	+	=	+/-	+	=	=	=	=
Gestion des éléments minéraux	Cultiver des légumineuses en association avec des cultures annuelles	=/+	=/+	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+	=	=	=
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=/+	=/+	+	=/+	+	+	+	+	+	=	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=	=-/	+/-	=-/	=-/	=-/	+/-	=-/	=	=	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	=/+	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Augmenter le nombre d'espèces dans la rotation	+/-	=	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+/-	=	=

		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
Métapratique	Sous- pratique	Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
		Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	+	=	=	+	=	=	+	=	+	=	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour le rendement	=	-	-	=	=	=	=	=	-	-	=	=
Gestion des éléments minéraux	Cultiver des légumineuses en association avec des cultures annuelles	=	+	=	=	=	+	+	=	=/+	=/+	=/+	=
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=	=/+	=	=/+	=	=	=	=	=/+	=	=/+	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=/+	+/-	=	+	+	+	=	+	=/+	+	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	+/-	+	=	=	=	+	+	=	+	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Augmenter le nombre d'espèces dans la rotation	+/-	=/+	+/-	+/-	+/-	=/+	=/+	=	=/+	+	=/+	=

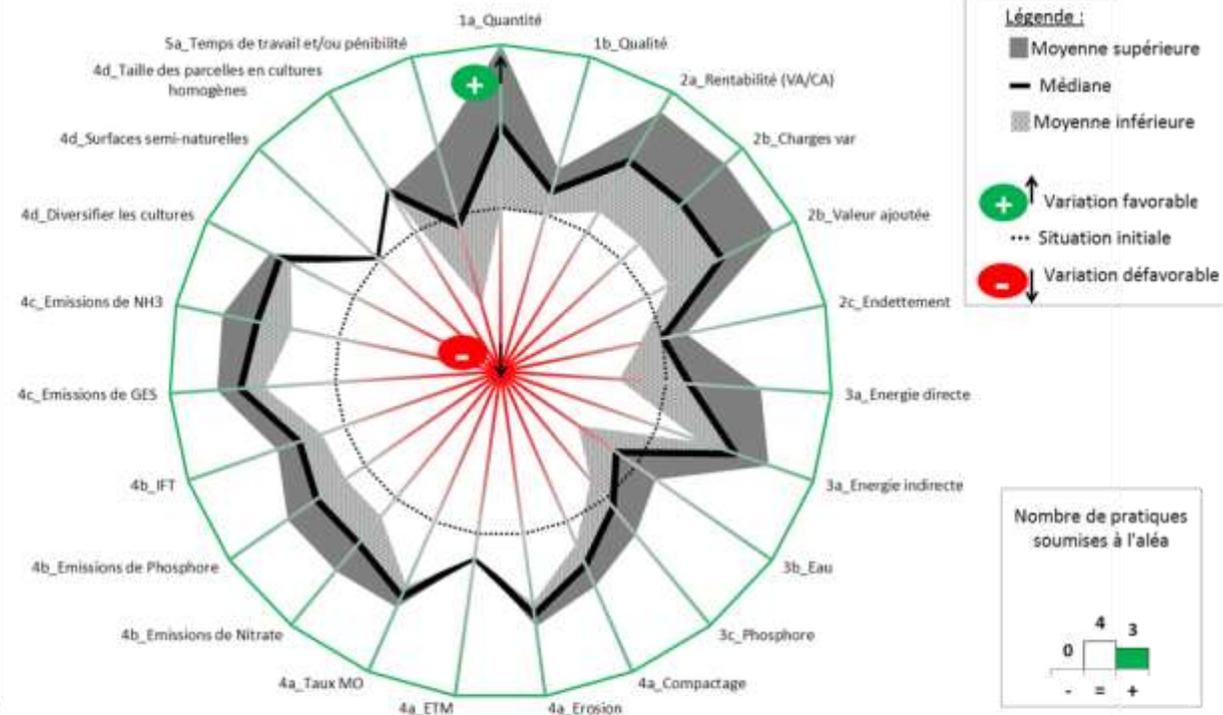
		Environnement								Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas
Métapratique	Sous- pratique	Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal	
		Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	=	=	=	=	=	=	+	+	=	=	+
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour le rendement	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion des éléments minéraux	Cultiver des légumineuses en association avec des cultures annuelles	+	+	=	=	=	+	+	=	+/-	=/+	=	=/+
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	+	=/+	=	=	=	=	=	=	=-/	=	=	=/+
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+	+	=	=	=	+	=	=	-	=	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	+	+	=	=	=	=/+	=	=	+/-	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Augmenter le nombre d'espèces dans la rotation	+/-	+/-	=	=	=	+	+	=	+/-	=/+	=	+/-

Radars A3.1 Exploitation agricole spécialisée en grandes cultures (GC) annuelles (sans irrigation) [dans un territoire lui aussi spécialisé en GC annuelles]

Objectif de l'exploitant :

- réduire les impacts sur le milieu en réduisant l'utilisation d'engrais azotés de synthèse et de produits phytosanitaires
- Maintenir ou augmenter les performances productive et économique

- **Gestion de l'eau et de sa qualité**
 - Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates
- **Gestion des éléments minéraux**
 - Utiliser des OAD de raisonnement des apports (N,P,K et autres fertilisants)
 - Cultiver des légumineuses en association avec des cultures annuelles
- **Diversification des rotations et des assolements**
 - Implanter des cultures intermédiaires à fonction agro-écologique
 - Augmenter le nombre d'espèces cultivées dans la rotation
- **Choix des variétés et des semences**
 - Choisir des variétés améliorées pour le rendement
 - Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bioagresseurs



Freins et difficultés:

- ✓ Augmentation de la charge de travail, de la complexité et de la technicité
- ✓ Endettement par besoin accru d'investissement
- ✓ Peu d'impact sur la biodiversité, faute d'inclusion dans le système d'infrastructures agro-écologiques

Matrice A3.2 : Exploitation agricole spécialisée en grandes cultures annuelles (avec irrigation) [dans un territoire de polyculture-élevage]

		Production		Economie									
				Rentabilité			Soldes de Gestion			Robustesse			Transmissibilité
Métapratiq	Sous- pratiq	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité
Gestion des effluents	Réaliser des échanges d'effluents entre exploitations voisines	=	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	+
Diversification des successions de cultures et des assolements	Mettre en place des assolements en commun	=/+	=	=/+	+	+	+	+	+	+	+	=/+	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour le rendement	+	-	+	=	+	+	=	+/-	+	=	=	=
Aménagement foncier	Valoriser la biomasse des IAE	=	=	+	=	+	+	+	+	+	+	=	=
Gestion des éléments minéraux	Cultiver des légumineuses en association avec des cultures annuelles	=/+	=/+	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+	=	=
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=/+	=/+	+	=/+	+	+	+	+	+	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=	=/-	+/-	=/-	=/-	=/-	+/-	=/-	=	=	=
Gestion des éléments minéraux	Introduire de la luzerne dans la succession de cultures	+	+	+	+	+	+	+	+	=/+	+	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Utiliser des OAD pour le raisonnement des stratégies d'irrigation	=/+	=/+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	=/+	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Augmenter le nombre d'espèces cultivées dans la rotation	+/-	=	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+/-	=

		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
Métapratiq	Sous- pratiq	Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrates	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Gestion des effluents	Réaliser des échanges d'effluents entre exploitations voisines	+	+	=	=	=	=	=	+	=	=	+	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Mettre en place des assolements en commun	+	=/+	=	=	=	=	=	=	=/+	=	=	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	+	=	=	+	=	=	+	=	+	=	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour le rendement	=	-	-	=	=	=	=	=	-	-	=	=
Aménagement foncier	Valoriser la biomasse des IAE	=	=	=	=	=	=/+	=/+	=	=/+	=	=/+	=
Gestion des éléments minéraux	Cultiver des légumineuses en association avec des cultures annuelles	=	=/+	=	=	=	+	+	=	=/+	=/+	=/+	=
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=	=/+	=	=/+	=	=	=	=	=/+	=	=/+	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=/+	+/-	=	+	+	+	=	+	=/+	+	=
Gestion des éléments minéraux	Introduire de la luzerne dans la succession de cultures	=	+	=	=	=	=	+	=	=/+	=/+	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Utiliser des OAD pour le raisonnement des stratégies d'irrigation	+	+	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	+/-	+	=	=	=	+	+	=	+	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Augmenter le nombre d'espèces cultivées dans la rotation	+/-	=/+	+/-	+/-	+/-	=/+	=/+	=	=/+	+	=/+	=

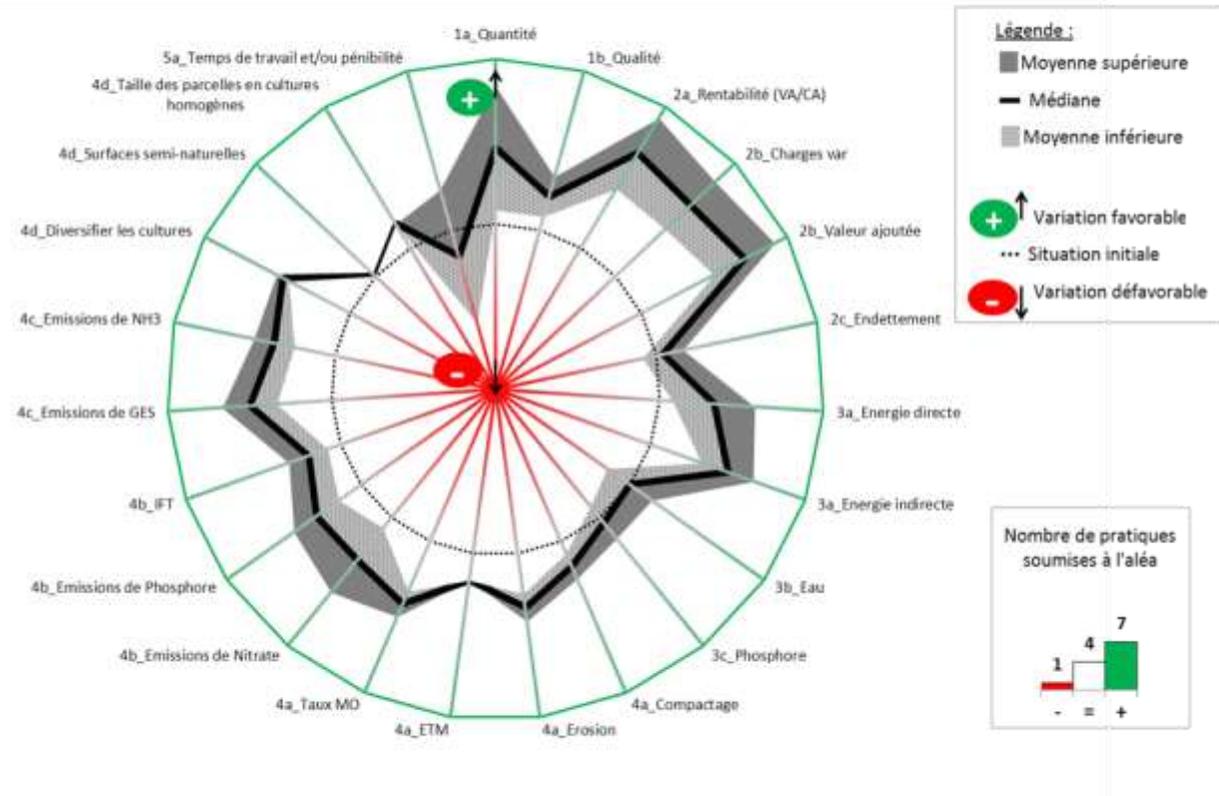
		Environnement							Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas	
		Air				Biodiversité			Travail	Santé	Bien être animal		
Métapratiq	Sous- pratiq	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'éco-système	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Gestion des effluents	Réaliser des échanges d'effluents entre exploitations voisines	=/+	=	=	=	=	=	=	=	-	=	=	=/-
Diversification des successions de cultures et des assolements	Mettre en place des assolements en commun	=/+	=	=	=	=	+	=	=	+	=	=	=/+
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	=	=	=	=	=	=	+	+	=	=	+
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour le rendement	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Aménagement foncier	Valoriser la biomasse des IAE	=	=	=	=	=	=	=	=	-	=	=	+
Gestion des éléments minéraux	Cultiver des légumineuses en association avec des cultures annuelles	+	+	=	=	=	+	+	=	+/-	=/+	=	=/+
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	+	=/+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=	=/+
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+	+	=	=	=	+	=	=	-	=	=	=
Gestion des éléments minéraux	Introduire de la luzerne dans la succession de cultures	+	+	=	=	=	+	=	=	=/-	=	=/+	=/+
Gestion de l'eau et de sa qualité	Utiliser des OAD pour le raisonnement des stratégies d'irrigation	=	=	=	=	=	=	=	=	+/-	=	=	+
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	+	+	=	=	=	=/+	=	=	+/-	=	=	+
Diversification des successions de cultures et des assolements	Augmenter le nombre d'espèces cultivées dans la rotation	+/-	+/-	=	=	=	+	+	=	+/-	=/+	=	+/-

Radar A3.2 Exploitation agricole spécialisée en grandes cultures annuelles (avec irrigation) [dans un territoire de polyculture-élevage]

- **Gestion de l'eau et de sa qualité**
 - Utiliser des OAD pour le raisonnement des stratégies d'irrigation
 - Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates
- **Gestion des éléments minéraux**
 - Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports
 - Cultiver des légumineuses en association avec les cultures
 - Introduire de la luzerne dans les successions culturales
- **Choix des variétés et des semences**
 - Choisir des variétés améliorées pour le rendement
 - Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bioagresseurs
- **Diversification des rotations et des assolements**
 - Planter des cultures intermédiaires à fonction agro-écologique
 - Augmenter le nombre d'espèces cultivées dans la rotation
 - Mettre en place des assolements en commun
- **Aménagement foncier**
 - Valoriser la biomasse des IAE (bandes enherbées)
- **Gestion des effluents**
 - Echange d'effluents entre exploitations voisines

Objectif de l'exploitant :

- réduire les impacts sur le milieu en réduisant l'utilisation d'engrais azotés de synthèse et de produits phytosanitaires
- Augmenter la complémentarité entre élevage et cultures au sein du territoire



Freins et difficultés:

- ✓ Augmentation de la charge de travail, de la complexité et de la technicité
- ✓ Endettement par besoin accru d'investissement

en produisant des fourrages pour les élevages, et en retour de bénéficier d'apports d'effluents organiques. Comme dans le cas précédent, cette exploitation cherche à réduire son impact sur le milieu en limitant les utilisations d'engrais azotés de synthèse et de produits phytosanitaires tout en maintenant, voire en augmentant, ses performances productive et économique. Par ailleurs, elle cherche à maîtriser sa consommation d'eau *via* des OAD de stratégie d'irrigation.

Les pratiques élémentaires mises en œuvre sont identiques à celles du système précédent. A celles-ci s'ajoutent, outre la maîtrise de l'irrigation, d'autres pratiques qui visent à exploiter la complémentarité entre activités de culture et d'élevage au sein du territoire de polyculture - élevage dans lequel s'insère l'exploitation considérée ici, spécialisée en grandes cultures annuelles. Il y a donc en plus : introduction de luzerne dans la rotation, luzerne qui bénéficie d'un débouché en alimentation animale ; exploitation de la biomasse des bandes enherbées pour l'alimentation du bétail ; et développement de solidarités agricoles dans le territoire *via* la mise en œuvre d'assolements en commun et d'échanges d'effluents entre exploitations voisines (ce dont bénéficie l'exploitation de grandes cultures sous forme d'apports d'effluents organiques).

Les performances de ce second système sont proches de celle du premier système, avec globalement les mêmes avantages (amélioration des performances sur les plans productif, économique charges d'endettement non comprises et environnemental) et les mêmes inconvénients (dégradation possible de la charge de travail et de l'endettement ; la sensibilité est aléas est au mieux inchangée). Néanmoins, ce second système permet, relativement au premier, de davantage réduire les utilisations d'engrais azotés de synthèse et les risques de fuites de nitrate ; il en est de même, et de façon liée, pour la consommation indirecte d'énergie fossile et les émissions de GES (par moindre recours aux engrais de synthèse remplacés par des effluents d'élevage). Par ailleurs, la consommation d'eau d'irrigation reste maîtrisée.

B - Exploitations agricoles en fruits, légumes et pommes de terre

B1 - Eléments de contexte

La France est l'un des principaux pays producteurs de fruits, de légumes et de pomme de terre de consommation (FLP) de l'UE 27. Elle se situe en 3ème position, pour les fruits et les légumes derrière l'Espagne et l'Italie, et pour la pomme de terre derrière l'Allemagne et le Royaume-Uni. Cette filière est caractérisée par une très grande diversité de produits, de systèmes de production et de modèles économiques (Jeannequin *et al.*, 2011). Au cours de la dernière décennie, on peut noter :

- Une perte de compétitivité pour de nombreuses productions, se traduisant pour les fruits et légumes par une disparition plus rapide des exploitations (-30 % en 10 ans) par comparaison à d'autres secteurs agricoles et une diminution des surfaces cultivées (-15 % en 10 ans). Celle-ci s'explique pour partie par des coûts de production plus élevés par rapport à nos principaux concurrents surtout pour la main d'œuvre et un manque d'organisation collective sur certaines filières.
- Une technicité importante et l'élaboration de produits réputés de qualité et reconnus internationalement (près de 1 exploitation sur 5 en Fruits et Légumes met en marché des produits sous signe de qualité (AOP, Label Rouge, CCP, etc.).
- Une balance commerciale "exportations moins importations" très négative en fruits et légumes, liée principalement à des pertes de marchés, mais aussi à une « désaisonnalité » croissante de la

consommation. Par rapport à cette tendance générale lourde, il faut signaler des exceptions marquantes : la filière pomme de terre qui a une balance commerciale très positive, ainsi que certaines filières de légumes frais ou transformés, par exemple le chou-fleur et les haricots verts.

- Une reprise des circuits courts de commercialisation qui concernent respectivement 50 % et 25 % des exploitations produisant des légumes et des fruits.
- Enfin la consommation en fruits et légumes de saison n'augmente pas en France malgré le Plan National Nutrition Santé. La diversité des fruits et légumes offerts et consommés s'amenuise tandis que les exigences des consommateurs augmentent, notamment en matière de qualité sanitaire (notion de « zéro résidu » de pesticides).

En définitive, sur le plan socio-économique au cours de la dernière décennie, les filières françaises fruits et légumes, à l'exception notable des pommes, des choux fleurs, des haricots verts et des pommes de terre affichent de façon générale une décroissance plus ou moins marquée dont les causes sont diverses.

Sur le plan environnemental, les pressions exercées sur le milieu sont également contrastées, mais peuvent être importantes sur certains aspects. L'arboriculture fruitière, les cultures de légumes et de pomme de terre occupent moins de 2 % de la SAU mais utilisent au total environ 15 % des produits phytosanitaires en France. Certaines espèces sont parmi les cultures ayant les Indices de Fréquence de Traitement (IFT) les plus élevés. Globalement, cette forte pression en produits phytopharmaceutiques accentue les risques potentiels sur les différents compartiments de l'environnement et la santé humaine, même si des efforts importants sont engagés par les producteurs pour les réduire (par exemple, les chartes qualité « Certification environnementale des exploitations » Niveau 2 reconnues en 2013 par le Ministère en charge de l'Agriculture). De plus, on peut noter un fort développement des surfaces de production en Agriculture Biologique, incluant les reconversions. Par ailleurs, les produits issus de la pétrochimie sont abondamment utilisés pour les paillages, les couvertures d'abri, les filets anti-grêle ou encore le contrôle des ravageurs et la protection phytosanitaire. Certains produits constituent des déchets difficilement recyclables. Néanmoins, d'importants progrès ont été réalisés puisque la filière de récupération « Adivalor » mise en place depuis 2009 a récupéré en 2011 plus 30 % des déchets agricoles plastiques.

La part importante des productions sous signes officiels et privés de qualité, le développement des circuits de commercialisation de proximité et de l'agriculture biologique, et les innovations techniques et organisationnelles disponibles, et pour certaines d'entre elles déjà mises en œuvre, sont autant de facteurs encourageants pour ce secteur et les exploitations agricoles concernées. Les voies de progrès consistent à (i) modifier les systèmes de culture, y compris en termes de variétés, de façon à réduire les utilisations des intrants achetés en dehors de l'exploitation (pesticides, produits plastiques et eau) et les coûts de la main d'œuvre salariée, et (ii) modifier les organisations pour améliorer les mises en marché, favoriser la diffusion du progrès (recours à un conseil adapté et à des OAD) et encourager une consommation qui soit consciente de l'évolution des modes de production (par exemple, en n'exigeant plus qu'il n'y ait aucun défaut visuel).

B2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation et de la filière

A cette fin, en plus de toutes les pratiques qui permettraient d'augmenter les efficacités d'utilisation des intrants susmentionnés, trois niveaux complémentaires d'intervention peuvent être mobilisés :

- Il s'agit d'abord de faire évoluer le matériel végétal pour mieux répondre aux enjeux des filières. Cette dimension est particulièrement importante en vergers où la plantation correspond à une étape critique car il s'agit d'un choix stratégique faiblement réversible. La sélection variétale sera le levier majeur pour la maîtrise des bioagresseurs, notamment telluriques, et donc la réduction des utilisations de pesticides, mais aussi pour l'adaptation à de nouveaux modes de conduite permettant une récolte

plus facile. Ce levier passe par des actions aux niveaux national et européen pour favoriser les partenariats publics et privés et renforcer les entreprises privées du secteur de l'innovation variétale.

- Il s'agit aussi de mettre en place des systèmes de culture plus durables en mobilisant des outils d'aide à la décision pour l'irrigation, la fertilisation et la protection des cultures, en utilisant des techniques alternatives de protection des cultures comme le biocontrôle, les Stimulateurs de Défenses Naturelles (SDN) des plantes ou les barrières physiques, en adaptant les aménagements périphériques des cultures, en facilitant la robotisation et la récolte mécanique, tout en assurant la gamme des qualités recherchées par les metteurs en marché et les consommateurs.
- Il s'agit enfin de favoriser les démarches structurantes pour ce secteur, en facilitant l'accès au conseil et à la formation à ces nouvelles techniques et conduites, en augmentant la concertation et l'organisation collective dans les filières, en optimisant des circuits de commercialisation diversifiés répondant à l'ensemble des segments de marché, en utilisant toutes les possibilités pour réduire le poids de la main d'œuvre et limiter les distorsions de concurrence sur ce point, en favorisant l'évolution de la consommation (éducation à la consommation pour répondre aux attentes du Programme National Nutrition Santé (PNSS), consommation en saison, acceptation des défauts visuels).

En conclusion, l'objectif est donc bien d'intensifier et d'accompagner la mise en place de « systèmes horticoles durables sur les plans économique, environnemental et social », ce qui exige des innovations simultanées et intégrées pour ces trois dimensions. Cela constitue des enjeux importants et de véritables défis pour les filières, ce qui conduit à repenser leur fonctionnement et leur dynamisme en lien avec les attentes sociétales. Dans des filières FLP où les enjeux en termes d'autonomie et de sécurité alimentaire sont primordiaux pour développer une politique de nutrition saine des citoyens, il apparaît indispensable de mettre en place des mesures publiques incitatives fortes pour accompagner les efforts des producteurs dans ces transformations radicales vers des systèmes horticoles durables. Il s'agit aussi de communiquer sur cette démarche en vue d'obtenir à terme un retour positif des circuits de distribution et des consommateurs.

Pour illustrer le recours à des pratiques mobilisables pour viser la double performance, nous présentons ci-après le cas d'une exploitation spécialisée en arboriculture.

B3 - Etude de cas d'une exploitation spécialisée en arboriculture (cf. Matrice B3.1 et Radar B3.1)

Prenant en compte le fait que la compétitivité des exploitations agricoles spécialisées en arboriculture repose sur l'accroissement quantitatif et qualitatif de la production, la réduction des coûts de main d'œuvre et la diminution des utilisations d'intrants achetés à l'extérieur (eau, engrais minéraux de synthèse et produits phytosanitaires), l'exploitation spécialisée en arboriculture considérée ici a pour objectif d'améliorer son efficacité productive et économique, en optimisant de façon très significative l'efficacité de l'ensemble des intrants utilisés (en particulier l'eau *via* une évolution forte du système d'irrigation et de son pilotage) et en faisant évoluer la protection du verger *via* un moindre recours aux pesticides que permettent l'utilisation de variétés résistantes, l'emploi de méthodes alternatives basées sur les auxiliaires et les barrières physiques, et des déclenchements d'interventions mieux pilotés.

En conséquence, les pratiques élémentaires prises en compte portent sur (i) la gestion de l'eau *via* le recours à l'irrigation localisée et aux outils de diagnostic et de pilotage de celle-ci ; (ii) la gestion des éléments minéraux *via* l'utilisation d'OAD pour le raisonnement des apports et celui de la nutrition azotée en cours de culture, ainsi que *via* la réalisation d'apports localisés ; (iii) le choix de variétés améliorées sur des critères de qualité des fruits et de résistance aux bioagresseurs ; (iv) le raisonnement de la protection phytosanitaire *via* le recours à des outils de déclenchement

Matrice B3.1 : Exploitation agricole spécialisée en arboriculture (avec irrigation)

		Production				Economie							
		Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Soldes de Gestion			Robustesse			Transmissibilité	
Métapratique	Sous- pratique					Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Adapter la densité et la structure du peuplement pour éviter les stress biotiques et abiotiques	=	+/-	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+	+/-	=	=	=
Protection phytosanitaire des cultures	Implanter des infrastructures agroécologiques pour favoriser la lutte biologique	+/-	=	-	-	-	-	-	-	+/-	=	=	+
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Mécaniser la récolte en viticulture ou arboriculture	=	=/-	+/-	+	+/-	+/-	+/-	-	+/-	=	=/-	=
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Pratiquer un éclaircissage alternatif au chimique	=/-	=/+	+/-	-	+/-	+/-	+/-	-	+/-	=	=/-	=
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser des barrières physiques : filets, bâches, etc.	=	=/+	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+	+/-	=	=	=
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser les lâchers d'auxiliaires	+/-	+/-	=/-	-	-	-	-	=/-	+/-	=	=	=/+
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser des outils de raisonnement du déclenchement d'un traitement phytosanitaire	+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des outils de pilotage de la nutrition en cours de culture	=/+	=/+	+	=/+	=/+	=/+	=/+	+	=/+	=	=	=
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=/+	=/+	+	=/+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion des éléments minéraux	Réaliser des apports localisés	=/+	=/+	+	+	+	+	+	+	+	=	=/-	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Pratiquer l'irrigation localisée	=/+	=/+	+	+	+	+	+	+	+	=	-	+
Gestion de l'eau et de sa qualité	Utiliser des outils de diagnostic et de pilotage de l'irrigation	=/+	=/+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la qualité des produits	+/-	+	+	=	+	+/-	+/-	=	=	=	=	=

		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
Métapratique	Sous- pratique	Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limitier le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limitier la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Adapter la densité et la structure du peuplement pour éviter les stress biotiques et abiotiques	=/+	=/+	+	=	=	=	=	=	=/+	+/-	=	=
Protection phytosanitaire des cultures	Implanter des infrastructures agroécologiques pour favoriser la lutte biologique	=/+	=/+	=	=	=	+	=	=	+	+	+	=
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Mécaniser la récolte en viticulture ou arboriculture	-	=	=	=	=/-	=	=	=	=	=	=	=
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Pratiquer un éclaircissage alternatif au chimique	=/-	=	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser des barrières physiques : filets, bâches, etc.	=	=	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser les lâchers d'auxiliaires	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser des outils de raisonnement du déclenchement d'un traitement phytosanitaire	=	=	=	=	=	=	=	+	=	+	=	=
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des outils de pilotage de la nutrition en cours de culture	=	=/+	=	=/+	=	=	=	=	=/+	=	=/+	=
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=	=/+	=	=/+	=	=	=	=	=/+	=	=/+	=
Gestion des éléments minéraux	Réaliser des apports localisés	=/-	+	=	+	=	+	=	=	+	=	=/+	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Pratiquer l'irrigation localisée	-	=	+	=	=	=	=	=	=	=/+	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Utiliser des outils de diagnostic et de pilotage de l'irrigation	+	=	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	+	=	=	+	=	=	+	=	+	=	=
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la qualité des produits	=	=	=/-	=	=	=	=	=	+/-	-	=	=

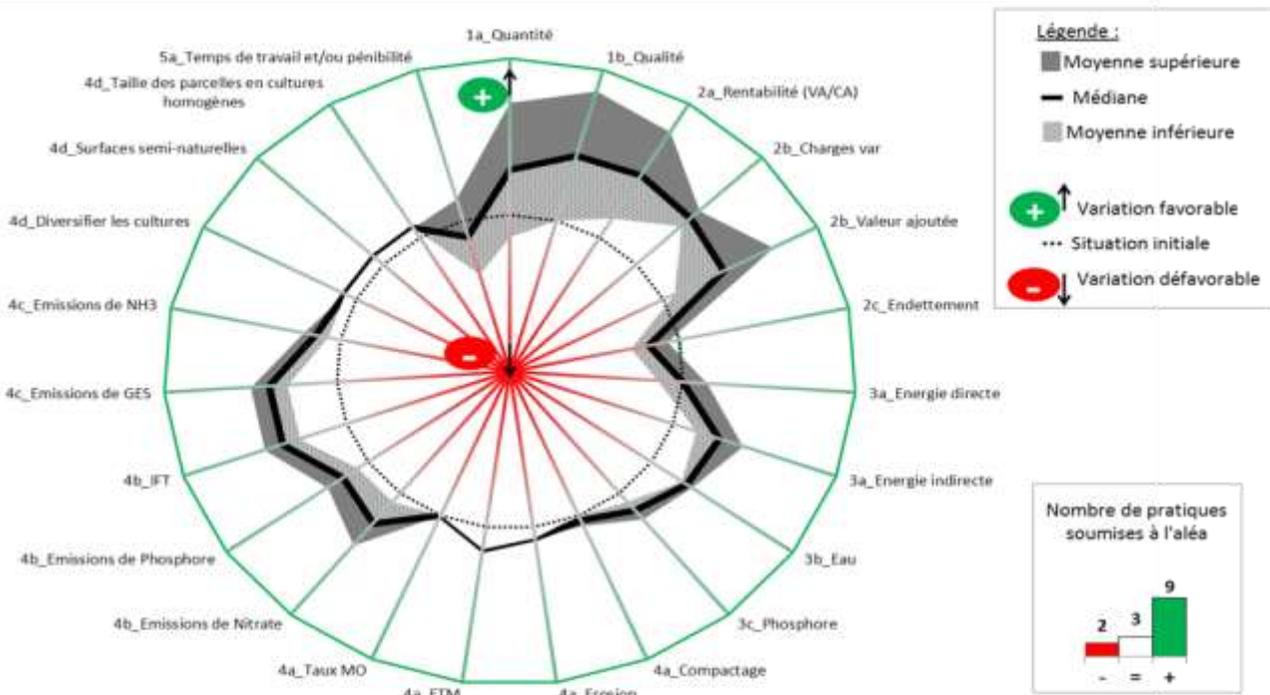
		Environnement								Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas
		Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal	
Métapratique	Sous- pratique	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Adapter la densité et la structure du peuplement pour éviter les stress biotiques et abiotiques	=/+	=	=	=	=	=	=	=	=/+	=	=	+
Protection phytosanitaire des cultures	Implanter des infrastructures agroécologiques pour favoriser la lutte biologique	+	=	=	=	+	+	+	+	-	=	=/+	+
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Mécaniser la récolte en viticulture ou arboriculture	=/-	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Pratiquer un éclaircissage alternatif au chimique	=/-	=	=	+	=	=	=	+	-	+	=	=/-
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser des barrières physiques : filets, bâches, etc.	=	=	=	=	=	=	=	=/+	-	=	=	=
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser les lâchers d'auxiliaires	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=/-
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser des outils de raisonnement du déclenchement d'un traitement phytosanitaire	=	=	=	=/+	=	=	=	=/+	+/-	=/+	=	+
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des outils de pilotage de la nutrition en cours de culture	+	=/+	=	=	=	=	=	=	+/-	=	=	=/+
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	+	=/+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=	=/+
Gestion des éléments minéraux	Réaliser des apports localisés	+	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=/+
Gestion de l'eau et de sa qualité	Pratiquer l'irrigation localisée	=	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=	+
Gestion de l'eau et de sa qualité	Utiliser des outils de diagnostic et de pilotage de l'irrigation	=	=	=	=	=	=	=	=	-	=	=	+
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	=	=	=	=	=	=	+	+	=	=	+
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la qualité des produits	=	=	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=	=

Radar B3.1 Exploitation agricole spécialisée en arboriculture (avec irrigation)

- **Gestion de l'eau et de sa qualité**
 - Pratiquer l'irrigation localisée
 - Utiliser des outils de diagnostic et de pilotage de l'irrigation
- **Gestion des éléments minéraux**
 - Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports minéraux
 - Utiliser des OAD pour la nutrition azotée en cours de culture
 - Réaliser des apports localisés
- **Choix des variétés et des semences**
 - Choisir des variétés améliorées pour la qualité des produits
 - Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bioagresseurs
- **Protection phytosanitaire des cultures**
 - Utiliser des outils de raisonnement du déclenchement des traitements phytosanitaires
 - Utiliser les lâchers d'auxiliaires
 - Utiliser des barrières physiques
 - Implanter des IAE pour favoriser la lutte biologique
- **Conduite des plantes et des peuplements végétaux**
 - Pratiquer un éclaircissage alternatif au chimique
 - Mécaniser la récolte en viticulture ou arboriculture
 - Adapter la structure du peuplement pour éviter les stress biotiques et abiotiques

Objectif de l'exploitant :

- Accroître la production et la qualité
- Réduire la main d'œuvre salariée
- Réduire l'utilisation d'engrais azotés de synthèse, d'énergie et de produits phytosanitaires



Freins et difficultés:

- ✓ Augmentation de la charge de travail de l'exploitant et besoin accru de technicité
- ✓ Endettement par besoin accru d'investissement

des traitements phytosanitaires, des lâchers d'auxiliaires, l'emploi de barrières physiques de protection telles que les filets, et l'augmentation des infrastructures agro-écologiques pour favoriser la lutte biologique ; et enfin (v) l'adaptation de la conduite des plantes et des peuplements végétaux mise en œuvre en pratiquant un éclaircissage alternatif à l'éclaircissage chimique, en mécanisant la récolte et en adaptant la structure du peuplement pour réduire les risques biotiques et abiotiques.

La combinaison simultanée de ces pratiques élémentaires permet d'améliorer les performances productives et économiques (charges d'endettement non comprises), et ceci d'autant plus que la qualité augmentée bénéficie d'une valorisation marchande additionnelle ; elle permet aussi de réduire la consommation indirecte d'énergie (par moindre recours aux engrais de synthèse), les émissions de GES liées à ces derniers et les risques de fuites de nitrate, la consommation d'eau d'irrigation et les utilisations de produits phytosanitaires. Ceci au prix d'une dégradation de l'endettement et possiblement du temps de travail de l'agriculteur, de sa complexité et de sa technicité (le système considéré est par contre globalement moins exigeant en main d'œuvre salariée grâce à la mécanisation de la récolte). Même si le moindre recours aux produits phytosanitaires a plus que vraisemblablement un impact positif sur la faune et la flore, lequel s'ajoute aux effets de l'implantation d'infrastructures agro-écologiques, l'état de la biodiversité apparaît faiblement impacté en moyenne en termes de diversification des cultures, d'augmentation des surfaces semi-naturelles ou de diminution des parcelles implantées avec des cultures homogènes. L'impact de ce système sur le sol (compactage, érosion, contenu en éléments trace métalliques et taux de MO) est quasiment nul.

Au total, il apparaît que le système arboricole ici défini permet de conjuguer les performances sur les plans de la production, de l'économie (charges d'endettement non comprises) et de l'environnement dans les deux dimensions qualité de l'eau et qualité de l'air (réduction des consommations / utilisations / émissions d'énergie, de nitrate, de produits phytosanitaires et de GES). Tout comme les deux systèmes de grandes cultures annuelles, conjuguer ces trois catégories de performances en arboriculture peut détériorer deux performances majeures, à savoir l'endettement (et donc le Résultat Courant Avant Impôt) et la charge de travail de l'arboriculteur, avec un besoin accru de technicité.

C - Exploitations agricoles en viticulture

C1 - Eléments de contexte

La France est le premier producteur de vins dans le monde, avec une production de 50 millions d'hectolitres (Mhl) en 2011 et 42 Mhl en 2012 (prévisions OIV). Le vin contribue donc à l'image de la France à l'étranger. De plus, vins et spiritueux apportent la plus forte contribution à la croissance des exportations du secteur agroalimentaires à l'étranger, et permettent le maintien de son excédent (en 2012, 9,5 milliards d'euros d'excédents pour les vins et spiritueux, deuxième poste après l'aéronautique).

Pour les seuls vins, les exportations ont cru de 13 % en valeur et d'un peu moins de 5 % en volume en 2011 relativement en 2010 ; ce sont surtout les Appellations d'Origine Protégée (AOP) qui progressent, les vins d'Indications Géographiques Protégées (IGP) et sans Indications Géographiques (IG) progressant également mais plus faiblement (+ 2,5 % en valeur).

La filière Vigne et Produits de la Vigne représente en France un poids économique très important : en 2010, avec 788 637 ha, la culture de la vigne représentait 3 % de la SAU mais 15 % de la valeur de la production agricole pour 87 400 exploitations (soit 23 % des UTA agricoles).

La filière vigne et vin française très encadrée sur le plan réglementaire et fortement exportatrice permet d'assurer des revenus satisfaisants aux viticulteurs avec néanmoins de très grandes disparités selon les bassins. La filière valorise la qualité des produits, l'image culturelle et patrimoniale de la vigne et des produits de la vigne, ainsi que le savoir-faire des viticulteurs et œnologues français. Ceci se traduit par une valorisation très importante sous signes officiels de qualité.

Malgré tout, cette filière est fortement concurrencée, notamment par l'augmentation de la production des vins du Nouveau Monde qui séduisent une clientèle internationale de plus en plus importante et aux goûts souvent différents de ceux des consommateurs français. Pour faire face à cette concurrence, la multiplicité des structures interprofessionnelles nationales rend souvent difficile une réponse commune et coordonnée. Parallèlement, en France, on observe une baisse de la consommation de vin qui s'est accompagnée d'un changement du goût des consommateurs (nouvelles générations). Par ailleurs, le secteur viti-vinicole est régulièrement soumis à des incertitudes fortes sur l'évolution des cadres réglementaires et politiques notamment les droits de plantation.

Une caractéristique importante de la filière est son empreinte environnementale forte. En effet, la filière fait un usage très important de fongicides (contre oïdium et mildiou essentiellement). La multiplicité des traitements influe également sur l'empreinte énergétique de la culture. A noter que la biodiversité dans le vignoble est insuffisante au regard des enjeux de maîtrise des bioagresseurs. Les producteurs sont très sensibles actuellement au problème des maladies de dépérissement des ceps (Esca/BDA, Eutypiose) qui entraînent une mortalité importante du vignoble et contre lesquelles aucune méthode de lutte n'est actuellement disponible.

Inversement l'environnement a un fort impact sur la culture de la vigne, avec des effets sur la qualité finale des vins et la sensibilité aux maladies. La filière sera donc particulièrement exposée aux changements climatiques, situation exacerbée par la nature pérenne de cette culture, mais d'intensité variable selon les régions. Un point crucial lié au changement climatique est le risque d'augmentation du degré alcoolique des vins qui nécessitera l'application de technologies nouvelles (désalcoolisation), afin de pallier les risques sur la santé publique. Un point de vigilance pour la filière reste les risques sanitaires (résidus, mycotoxines, SO₂, etc.) qui pourraient avoir des conséquences désastreuses sur la consommation de vin.

La filière dispose ou disposera rapidement des leviers techniques potentiels notamment en termes de variétés et d'évolution des pratiques agronomiques et œnologiques. Le Plan Ecophyto et au-delà, le législateur, devront encourager des changements profonds de la filière. Le développement de la viticulture biologique, réaffirmant l'image « naturelle » du vin et permettant de nouvelles expérimentations techniques, sera aussi un bon atout.

C2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation et de la filière

Pour répondre à ces défis, des leviers à court, moyen et long terme existent à deux niveaux :

- A l'échelle de l'exploitation, il est essentiel de rendre la production viticole plus respectueuse de l'environnement, d'une part en réduisant la dépendance aux produits phytosanitaires - dans ce domaine, le choix des cépages et la viticulture de précision seront des moyens efficaces d'action -, d'autre part en gérant mieux les effluents et coproduits. L'amélioration de la rentabilité des exploitations sera obtenue en réduisant les coûts *via* la diminution du coût de la main d'œuvre (mécanisation de la taille) et de l'irrigation, ainsi que l'augmentation de la productivité du travail sans altération de la qualité. Anticiper les effets du changement climatique est une nécessité ; ceci sera recherché en modifiant l'encépagement, les conduites et les interventions, possiblement en déplaçant certaines zones de production. La maîtrise de la qualité des raisins et des vins, en réponse aux nouvelles attentes des consommateurs nationaux, européens et internationaux sera un point essentiel

qui nécessite de mobiliser conjointement les pratiques viticoles et œnologiques. Afin de permettre un développement des mesures préconisées précédemment, il faut améliorer le transfert des informations de la recherche et du développement vers les viticulteurs. Il conviendra donc que la formation initiale, la formation continue, la formation des conseillers soient des vecteurs plus efficaces des innovations techniques et du progrès génétique. Il faudra aussi rendre le conseil indépendant de l'amont de la filière ;

- A l'échelle de la filière, la gestion collective des signes officiels de qualité et l'évolution des organisations interprofessionnelles seront nécessaires pour organiser de façon plus efficace l'ensemble du dispositif de recherche - développement et renforcer la coopération entre les différents bassins de production. De façon plus générale, la filière vigne et vin française ne pourra pas faire l'économie d'une réflexion stratégique et concertée entre bassins de production au sujet du positionnement sur les marchés internationaux des vins sous signes officiels de qualité *versus* sous marques privées, y compris en acceptant des révisions des cahiers des charges qui définissent les signes officiels de qualité.

En conclusion, pour la filière vigne et produits de la vigne, les priorités sont de rendre la culture plus respectueuse de l'environnement et d'améliorer la rentabilité des exploitations, puis de traiter le problème du changement climatique.

A court terme, les leviers concernent essentiellement les modifications des modes de conduite et les interventions œnologiques. A moyen terme, il y a un besoin de plus de technicité dans la culture et la transformation, et de plus d'innovations, ce qui nécessitera une évolution de la formation des viticulteurs, une modification des réglementations, une meilleure prise en compte de l'attente des consommateurs, l'amélioration de l'image de la vigne, une relocalisation des parcelles à l'échelle des exploitations et des modifications de l'encépagement tout en accentuant la dimension patrimoniale et paysagère de la culture. A long terme, il est important de prévoir le développement des nouvelles filières et le renforcement de la coopération entre régions pour réduire l'éclatement de la filière. Une réorganisation parcellaire pourrait être nécessaire et il faudra trouver les moyens financiers pour atténuer les effets des changements globaux.

Pour illustrer le recours à des pratiques mobilisables pour viser la double performance, nous présentons ci-après le cas d'une exploitation spécialisée en vigne.

C3 - Etude de cas d'une exploitation spécialisée en vigne (cf. Matrice C3.1 et Radar C3.1)

Cette exploitation viticole spécialisée, située dans une région où la contrainte hydrique n'est pas très (trop) forte, a pour objectif premier de réduire les utilisations de produits phytosanitaires et plus généralement, les utilisations des intrants achetés en dehors de l'exploitation (pesticides, engrais de synthèse). Elle cherche à maintenir, voire augmenter, les volumes produits et la qualité des raisins récoltés en vue de produire un vin répondant aux attentes des consommateurs ; cette seconde cible doit contribuer à améliorer la performance économique de l'exploitation.

A cette fin, lors de l'installation des nouvelles parcelles de vigne, une attention particulière est portée à la sélection de clones portant des résistances durables au mildiou et à l'oidium. Dans une perspective liée, le viticulteur est très attentif aux avancées de la recherche ; il attend avec impatience les variétés portant des résistances polygéniques qui devraient être disponibles sur le marché français à partir de 2016. Des variétés mieux adaptées au changement climatiques sont également recherchées. Dans les parcelles existantes, il a généralisé l'enherbement entre les rangs, avec des variétés de gazon à croissance faible (fétuques rouges et fétuque élevée), l'entretien du cavaillon étant assuré mécaniquement.

Matrice C3.1 : Exploitation agricole spécialisée en viticulture

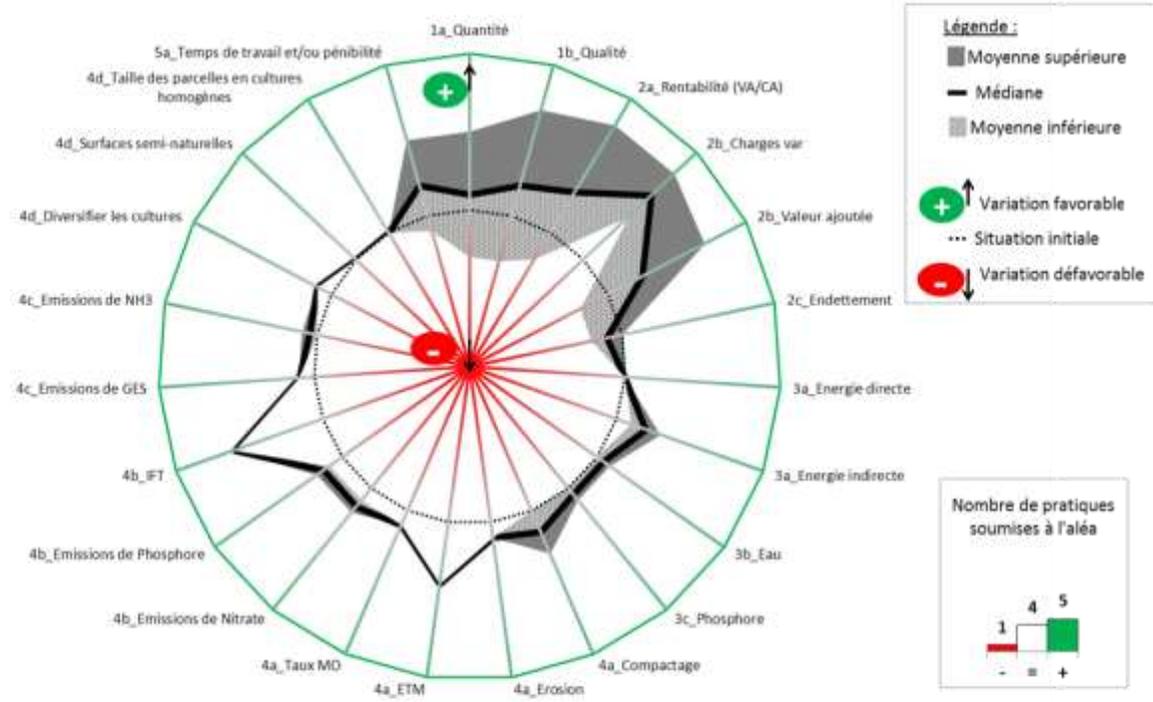
		Production		Economie										
				Rentabilité				Saldes de Gestion				Robustesse		Transmissibilité
Métapratiq	Sous- pratiq	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité	
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Adapter la structure du peuplement pour diminuer les temps de travaux	=/-	=/-	+/-	+	+/-	=/+	=/+	+	=/+	=	=	=	
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=/+	=/+	+	=/+	+	+	+	+	+	=	=	=	
Protection phytosanitaire des cultures	Réduire les quantités totales de substances actives par unité de surface en réduisant le nombre de traitements	=/-	=/-	=/-	+	=/-	=/-	=/-	+	=/-	=	=	=	
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser des outils de raisonnement du déclenchement d'un traitement phytosanitaire	+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Mécaniser la taille	+/-	=/-	+/-	+/-	=/-	+/-	+/-	+/-	+/-	=	=/-	=	
Protection phytosanitaire des cultures	Améliorer la répartition des produits dans la végétation	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=/+	=	=	=/-	=	
Protection phytosanitaire des cultures	Nettoyer et désinfecter le matériel de culture et de récolte	=	=/+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés adaptées au changement climatique	+/-	+/-	+/-	=	+/-	+/-	+/-	=	=	=	=	=	
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	=	
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Enherber les inter-rangs	-	+/-	+/-	+	+/-	+/-	+/-	=/+	+/-	=	=	=	
		Ressources naturelles fossiles				Environnement								
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau				
Métapratiq	Sous- pratiq	Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires	
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Adapter la structure du peuplement pour diminuer les temps de travaux	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=	=/+	=	=/+	=	=	=	=	=/+	=	=/+	=	
Protection phytosanitaire des cultures	Réduire les quantités totales de substances actives par unité de surface en réduisant le nombre de traitements	=	=	=	=	=/+	=	=	+	=	+	=	=	
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser des outils de raisonnement du déclenchement d'un traitement phytosanitaire	=	=	=	=	=	=	=	+	=	+	=	=	
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Mécaniser la taille	-	=	=	=	=/-	=	=	=	=	=	=	=	
Protection phytosanitaire des cultures	Améliorer la répartition des produits dans la végétation	=	=	=	=	=	=	=	+	=	+	=	=	
Protection phytosanitaire des cultures	Nettoyer et désinfecter le matériel de culture et de récolte	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=	
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés adaptées au changement climatique	=	=	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	+	=	=	+	=	=	+	=	+	=	=	
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Enherber les inter-rangs	+	=/+	=/-	=	=/+	+	+	=	+	+	+	=	
		Environnement						Dimensions sociales				Diminuer la sensibilité aux aléas		
		Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal		
Métapratiq	Sous- pratiq	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal		
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Adapter la structure du peuplement pour diminuer les temps de travaux	-	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=	
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	+	=/+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=	=/+	
Protection phytosanitaire des cultures	Réduire les quantités totales de substances actives par unité de surface en réduisant le nombre de traitements	=	=	=	=/+	=	=	=	+	+	+	=	-	
Protection phytosanitaire des cultures	Utiliser des outils de raisonnement du déclenchement d'un traitement phytosanitaire	=	=	=	=/+	=	=	=	=/+	+/-	=/+	=	+	
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Mécaniser la taille	-	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=	
Protection phytosanitaire des cultures	Améliorer la répartition des produits dans la végétation	=	=	=	+	=	=	=	=/+	-	=/+	=	+	
Protection phytosanitaire des cultures	Nettoyer et désinfecter le matériel de culture et de récolte	=	=	=	=	=	=	=	=	-	=	=	=	
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés adaptées au changement climatique	=	=	=	=	=	=	=	=	+/-	=	=	+	
Choix des variétés et des semences	Choisir des variétés améliorées pour la résistance aux bio-agresseurs	+	=	=	=	=	=	=	+	+	=	=	+	
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Enherber les inter-rangs	+	=	=	=	=	+	=	+	=/+	=	=	=	

Radar C3.1 Exploitation agricole spécialisée en viticulture

Objectif de l'exploitant :

- Réduire l'utilisation de produits phytosanitaires et d'engrais
- Accroître la qualité des vins pour répondre aux attentes du consommateur
- Améliorer la performance économique

- **Gestion de la couverture du sol**
 - Enherber les inter-rangs
- **Gestion des éléments minéraux**
 - Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)
- **Choix des variétés et des semences**
 - Variétés résistantes aux bioagresseurs
 - Variétés adaptées au changement climatique
- **Protection phytosanitaire des cultures**
 - Meilleure répartition des produits phytosanitaires dans la végétation
 - Nettoyer le matériel de culture et de récolte
 - Réduire les quantités totales de substances actives par unité de surface en réduisant le nombre de traitements
 - Utiliser des outils de raisonnement du déclenchement d'un traitement phytosanitaire
- **Conduite des plantes et des peuplements végétaux**
 - Mécanisation de la taille
 - Adapter la structure du peuplement pour diminuer le temps de travail



Freins et difficultés:

- ✓ Besoin d'une technicité très élevée pour limiter la sensibilité à l'aléa
- ✓ Endettement par besoin accru d'investissement
- ✓ Valorisation du produit via techniques de vinification adaptée

La mécanisation est optimisée, non seulement au niveau de la récolte, mais aussi au niveau de la taille de la vigne, ceci étant rendu possible par l'adaptation de la structure du verger et de la densité de plantation.

Un effort significatif est réalisé, en recourant à des OAD, pour maîtriser au mieux les interventions techniques et phytosanitaires, tant pour les apports de fertilisants que pour les traitements phytosanitaires (OAD Mildium qui traite conjointement des problématiques mildiou et oïdium). Le nombre de traitements annuels est réduit. En plus d'un entretien du matériel de pulvérisation, le viticulteur met en œuvre les dernières évolutions du machinisme pour limiter les apports de bouillie sur la seule végétation en place, et ainsi réduire les utilisations inutiles de produits phytosanitaires ; à cette fin, il peut s'appuyer sur les progrès des constructeurs et les avancées de l'Unité Mixte Technologique (UMT) Ecotech-Viti qui associe l'Institut Français de la Vigne et du Vin, l'IRSTEA et Montpellier SupAgro.

Suite à la mobilisation simultanée de ces différentes pratiques, l'objectif de réduction des utilisations de produits phytosanitaires est atteint avec une diminution significative de l'Indice de Fréquence des Traitements (IFT), même si cet indice peut varier substantiellement selon les années en fonction des conditions météorologiques. Le temps de travail tend à s'améliorer en moyenne avec néanmoins, ici aussi, possibilité de variations interannuelles selon les conditions météorologiques et la pression phytosanitaire : l'augmentation du temps de travail liée à l'entretien de l'enherbement est compensée par le non travail du sol de l'inter-rang ; il y a aussi réduction significative du nombre de passages pour pulvérisation de l'anti-mildiou et de l'anti-oïdium. La production peut être maintenue, voire augmentée, et la qualité des raisins est améliorée, avec néanmoins possibilité de dégradation de ces deux performances si les pratiques ne sont pas maîtrisées et/ou mises en œuvre de façon adéquate. La valorisation économique suppose en particulier que les processus de vinification soient parfaitement maîtrisés en aval de la production pour permettre l'obtention d'un vin de qualité.

Ce système de production permet de réduire les charges variables, par diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires. La rentabilité (mesurée par le rapport de la valeur ajoutée au chiffre d'affaires) et la valeur ajoutée peuvent augmenter, sous le double jeu de la réduction des charges variables et de l'amélioration des performances productives, quantitative et qualitative ; toutefois, les incertitudes mentionnées supra sur ces deux performances se retrouvent au niveau de la rentabilité et de la valeur ajoutée. En outre, le système requiert des investissements pour la tonte (de l'herbe), la taille, la pulvérisation et l'acquisition et utilisation des OAD, investissements qui peuvent peser sur l'endettement.

L'utilisation d'OAD en lien très fort avec le développement et le conseil permet de réduire la sensibilité aux aléas, notamment phytosanitaires. Cette dimension est particulièrement importante pour sécuriser l'évolution de la conduite de ce vignoble. Néanmoins, les différentes pratiques mises en œuvre dans cette étude de cas supposent une réelle maîtrise technique de la part du viticulteur, maîtrise qui nécessite une formation adaptée et un conseil permanent et pertinent.

D - Exploitations d'élevage de ruminants laitiers et allaitants

D1 - Éléments de contexte

D1.1 - Filières laitières

Les filières laitières (bovine, caprine et ovine) constituent une activité économique de premier plan avec plus de 85000 exploitations (75000 en bovins lait, 5500 en caprins et 5000 en ovins lait), des emplois

induits nombreux dans les secteurs amont et aval (60000 emplois dans le secteur de la collecte et de la première transformation), un chiffre d'affaire de 15,5 milliards d'euros, soit 24 % de la production agricole nationale (hors subventions) et une contribution positive au solde de la balance commerciale française avec un excédent de plus de 3,4 milliards d'euros en 2011, avec une contribution très majoritaire de la filière bovine. Les filières laitières exercent un rôle majeur dans l'occupation du territoire. L'élevage bovin lait occupe 46 % de la SAU nationale et il est présent dans 84 % des cantons français. Bien que plus marginale au plan national, la filière ovine constitue une activité majeure dans les territoires difficiles qu'elle occupe (rayon de Roquefort, Pyrénées-Atlantiques, Corse) ; on dénombre ainsi 7 emplois pour 100 000 litres de lait valorisés en Roquefort. La filière caprine est répartie sur plusieurs bassins de production (Poitou-Charentes, Centre Ouest et Pays de Loire, PACAP, Midi Pyrénées et Corse) ; la région Poitou-Charentes assure à elle seule 70 % de la production nationale.

Les productions animales françaises ont des atouts à faire valoir. Elles constituent une source significative d'emplois et elles valorisent une part très importante du territoire national, notamment l'élevage de ruminants qui est présent dans plus d'une exploitation sur deux et dans 95 % des cantons de l'hexagone. En dépit d'une demande mondiale de produit animaux à la hausse, les productions animales françaises sont en difficulté. Les filières se sont restructurées à des rythmes différents. La restructuration a été la plus importante pour la filière bovine laitière, le nombre d'exploitations ayant diminué de 4 % par an depuis l'apparition des quotas en 1984, et à un rythme plus rapide dans les régions de polyculture-élevage (- 9 %/an en Poitou-Charentes et dans le Sud-Ouest) que dans les régions spécialisées de montagne où les potentielles substitutions agricoles sont plus limitées et du fait de la réussite de filières fromagères. Dans le même temps, le volume produit par exploitation s'est fortement accru avec une accélération très nette de cet accroissement au cours des cinq dernières années, surtout en zone de plaine, l'écart entre les dimensions moyennes des exploitations de plaine et montagne s'accroissant considérablement. La filière ovine laitière s'est jusqu'à présent caractérisée par un relativement bon maintien du nombre d'exploitations (baisse de 1,5 % par an entre 1988 et 2010) mais le nombre d'exploitation pourrait baisser plus rapidement dans les prochaines années notamment en Corse et Pyrénées-Atlantiques.

Au niveau international, la filière laitière bovine est soumise à la compétitivité des autres pays européens. Bien que second producteur européen, cette filière a quelques faiblesses face à des bassins de production compétiteurs, notamment au moment de la suppression des quotas et dans un marché ouvert (depuis le cycle de Doha). Les systèmes bovins lait spécialisés de l'hexagone sont en moyenne moins compétitifs que les élevages hollandais ou allemands du fait d'une taille plus faible des ateliers (moins d'économies d'échelle), des charges de mécanisation et de bâtiments moins bien maîtrisées et d'une moindre productivité du travail (ce constat doit être plus nuancé vis-à-vis du Danemark).

Avec la sortie des quotas laitiers, la physionomie de la France laitière pourrait évoluer vers une concentration augmentée de la production dans les zones déjà denses et ayant des atouts compétitifs aux dépens des ateliers allaitants (qui s'étaient développés lorsque les quotas ont bloqué la dynamique laitière) assortie d'un retrait du lait dans les zones moins favorables (c'est d'ailleurs ce que laisse entrevoir l'évolution actuelle des effectifs de jeunes femelles dans les différents bassins). Ces évolutions vont reposer la question de la spécialisation régionale à la fois pour l'affectation des surfaces fourragères entre troupeaux laitiers et allaitants et pour la gestion de l'azote. Il y a sans doute des nouveaux équilibres à trouver entre territoires.

D1.2 - Filières allaitantes

Les filières allaitantes constituent une activité économique nationale de premier plan avec près de 150 000 exploitations détenant des bovins viande et/ou des ovins viande et de nombreux emplois générés dans les secteurs amont et aval. Le chiffre d'affaires total des productions ovine et bovine allaitantes est estimé à 5 milliards d'euros en 2011, soit 22 % de la valeur des productions animales françaises. Le cheptel allaitant bovin correspond à 65 % de la production de viande rouge française et

permet d'exporter près d'un million de têtes. A l'inverse, le cheptel ovin dont les effectifs continuent de baisser ne couvre que 40 % de la consommation nationale.

Ces cheptels bovins et ovins allaitants occupent plus du tiers de la SAU française, essentiellement des prairies dont une grande part de prairies permanentes (plus de 2/3) qu'ils entretiennent et maintiennent « ouvertes ». Ils participent ainsi à la diversité et à la typicité de nos paysages, à l'identité forte des terroirs d'élevage, et à la production de nombreuses aménités. Les performances environnementales des troupeaux allaitants ne font pas pour l'instant l'objet de remise en cause publique majeure, sauf peut-être les émissions de méthane. Ces émissions font depuis quelques années l'objet de nombreuses études qui montrent une grande plage de variabilité et mettent en évidence les facteurs explicatifs majeurs.

Les fonctionnements de troupeaux sont variés, en adéquation avec la diversité génétique des races, la diversité des ressources fourragères présentes dans les territoires (prairies permanentes, cultures fourragères, ressources pastorales), et en relation avec les demandes des filières. Ces systèmes sont très dépendants des aides publiques qui représentent en moyenne plus de 150 % du résultat courant. Malgré des gains de productivité (dimension des troupeaux) importants depuis plus de 30 ans, les revenus stagnent et les prix (animaux maigres ou engraisés) n'ont pratiquement jamais cessé de baisser (en euros constants). Les observations de ces dernières années et plusieurs travaux de perspectives nuancent ce constat sombre et laissent entrevoir un avenir plus positif aux productions allaitantes. On peut tabler en effet sur une demande mondiale de produits animaux en hausse, y compris en viande bovine et ovine, en raison de l'augmentation de la population et de l'amélioration du pouvoir d'achat d'une partie de la population des pays émergents. Sur le marché de la viande bovine, il serait nécessaire de mettre en place de façon complémentaire deux stratégies raisonnées : l'une de production de carcasse « de masse », à base de jeunes bovins mâles engraisés rapidement, l'autre « de niche » pour les marchés locaux à forte valeur ajoutée comme les produits sous labels. Pour les ovins, la conjoncture actuellement favorable est malheureusement en partie contrebalancée par une orientation progressive des systèmes de production vers plus de conduite en bergerie, avec une alimentation à base d'aliments concentrés dont la consommation et le coût sont en hausse. Cette orientation est en partie liée à la pression de la distribution pour une production régulière sur l'année, qui plus est d'animaux jeunes. Cette demande va à l'encontre de l'efficacité des systèmes, se heurtant à la fois à la saisonnalité de la reproduction de l'espèce ovine et à celle de la production herbagère. Si des adaptations de systèmes sont encore envisageables, d'autres leviers pourraient être actionnés, comme les complémentarités entre systèmes d'élevage et bassins de production.

Face à ces constats, les réponses à apporter valent autant pour les productions de bovins et d'ovins en système laitier qu'en système allaitant. Elles doivent s'inscrire dans une perspective à moyen ou long terme. L'augmentation de la part des fourrages dans l'alimentation et la sécurisation fourragère des systèmes de production sont une priorité. L'évolution des systèmes d'élevage, en particulier sur cette base, doit se faire en intégrant tous les paramètres économiques et sociaux des exploitations. Les avancées technologiques à venir doivent être utilisées pour transformer les conditions du métier d'éleveur, le rendre plus attractif, et attirer davantage de jeunes. L'utilisation renforcée de ressources locales, fourragères et pastorales, variables selon les situations pédoclimatiques, passera par l'utilisation de génotypes adaptés. Ainsi, la « révolution génomique » doit aider à disposer d'animaux robustes faciles à élever mais dont la qualité du lait et de la viande sera garantie.

Sur le plan économique, elles doivent s'adapter aux prix élevés des aliments du bétail (céréales et tourteaux), à une volatilité élevée des prix des extrants et des intrants, et à une concurrence des filières internationales et européennes, à l'échelle des exploitations comme de leur aval. Elles sont simultanément la cible de critiques relatives aux impacts environnementaux souvent jugés, à raison ou à tort, très négatifs, et aux conditions de vie des animaux, sans compter les remises en cause des consommations de produits carnés, notamment de viande rouge, sur la base de considérations en matière de santé humaine et de protection de l'environnement. La charge de travail est élevée et ce surcroît est de plus en plus mal vécu par les éleveurs qui assistent, impuissants, à l'accroissement du fossé

entre leurs revenus et ceux des producteurs de grandes cultures annuelles, contribuant à la diminution de l'attractivité du métier d'éleveur et incitant à des reconversions et à des reprises qui ne se font plus en production laitière, notamment dans les zones de polyculture élevage.

Sur le plan environnemental, la situation de l'élevage laitier est contrastée. Si 50 % de la production laitière bovine est située en zone vulnérable pour la gestion de l'azote, l'élevage laitier caprin et l'élevage laitier de montagne (bovin, ovin) sont moins concernés par ces contraintes. Tous les élevages sont en revanche concernés par la maîtrise des consommations d'énergie fossile et d'eau ainsi que par les émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac. Inversement, l'élevage laitier dispose de réels atouts car il est directement gestionnaire des surfaces (y compris de surfaces pastorales en altitude), d'infrastructures agro-écologiques importantes, favorables à la biodiversité et qui rendent des services environnementaux positifs, non seulement en zone de montagne mais aussi, quoique dans une moindre mesure, en plaine. Il convient de souligner que l'élevage laitier français garde un lien au sol très marqué, l'alimentation des animaux reposant encore aujourd'hui fortement sur les fourrages (70 à 100 % de la ration annuelle) qui sont produits à plus de 90 % sur les exploitations, à l'exception notoire d'ateliers caprins intensifs qui ont une faible autonomie alimentaire.

D2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation et de la filière

Les solutions proposées pour développer des systèmes d'élevage doublement performants, sur les plans économique et environnemental, doivent prendre en compte deux dimensions additionnelles, à savoir le bien-être animal et les conditions de travail ; cette dernière dimension est particulièrement importante pour assurer le renouvellement des générations. En effet, l'adaptation des systèmes d'élevage français doit prendre en compte le débat citoyen et la controverse sur la consommation de viande et le bien-être animal. Aucune filière animale n'échappera à des débats de fond avec la société sur l'abattage, la viande, et ses modes de production. Inversement, ces nouvelles formes d'élevage de ruminants à viande pourront faire valoir leurs qualités objectives, mettre en avant qualité sanitaire et traçabilité des produits vendus, et convaincre de leurs actions environnementales positives sur l'entretien des milieux naturels.

L'extrême diversité des territoires et des contextes socio-économiques fait que les systèmes d'élevage, les filières et les territoires ne sont pas tous concernés au même titre par ces différents défis. Cette extrême diversité fait aussi qu'il n'y a pas une solution unique et universelle à proposer et promouvoir. Il est néanmoins possible de mettre en avant sept leviers principaux d'action.

Il s'agit en premier lieu d'accroître l'autonomie et la sécurité de l'alimentation des troupeaux au niveau des exploitations. Les marges de manœuvre en ce domaine sont nettement plus élevées chez les ruminants (qui restent très liés aux surfaces) que chez les monogastriques (chez qui la fabrication d'aliments à la ferme est limitée aux seules exploitations disposant de suffisamment de terres). Dans tous les cas, l'autonomie alimentaire permet aux élevages d'atteindre une plus grande robustesse (moindre sensibilité aux aléas). Les innovations résident principalement dans (i) l'accroissement de la part du pâturage dans l'alimentation des troupeaux, *via* en particulier une gestion améliorée des surfaces pâturées (aujourd'hui très souvent sous-exploitées) et l'extension des périodes de pâturage en intersaison ; (ii) les évolutions des techniques d'élevage pour en particulier mieux caler les phases de besoins élevés des animaux avec les périodes de disponibilité de ressources fourragères de qualité ; (iii) une légère extensification (diminution du nombre d'animaux par hectare) permettant d'accroître la part des fourrages dans l'alimentation du bétail et de dégager des marges de sécurité, ces deux dimensions n'étant pas incompatibles avec un maintien, voire une augmentation, des résultats économiques ; (iv) l'amélioration de la qualité des fourrages conservés pour limiter le recours aux concentrés achetés en dehors de l'exploitation ; (v) la recherche d'une meilleure complémentarité entre le maïs et l'herbe dans les zones où les deux cultures cohabitent ; et (vi) l'utilisation accrue des légumineuses de tous types et sous diverses formes (graines et feuilles) de

façon à réaliser des économies de tourteaux d'oléagineux utilisés en alimentation du bétail et des économies d'azote de synthèse sur les productions végétales.

Il s'agit en second lieu de gagner en efficacité au niveau des animaux et des troupeaux : (i) en améliorant la robustesse des animaux sans affecter l'indice de consommation en production de viande et/ou en développant de nouveaux marchés permettant de valoriser des animaux plus robustes mais à cycle de production plus long ; (ii) en développant des systèmes de monitoring permettant d'optimiser la conduite des troupeaux (gestion de la reproduction, de la santé) et de leur alimentation (élevage de précision) ; (iii) en recherchant une meilleure longévité des femelles reproductrices par la sélection d'animaux aux aptitudes de production et d'élevage (fertilité, morphologie, santé de la mamelle, etc.) plus équilibrées ; (iv) en raccourcissant la période d'élevage des jeunes femelles par une mise bas précoce pour limiter leur temps de présence pour un même niveau de production¹⁶ ; (v) en maîtrisant la reproduction (particulièrement en filières petits ruminants) avec limitation du recours aux traitements hormonaux et en confortant les schémas de sélection (en ovins plus particulièrement) ; et (vi) en innovant dans les techniques d'élevage, comme le plein air intégral dans le cas des ruminants allaitants.

Il s'agit aussi de valoriser directement les effluents d'élevage comme fertilisants pour réduire les utilisations d'engrais azotés de synthèse au sein des exploitations et limiter les pertes d'azote et de nitrate. Les émissions gazeuses des effluents, en particulier d'ammoniac, peuvent être maîtrisées par (i) l'alimentation des animaux (réduction des teneurs en protéines des rations animales et recours à des acides aminés de synthèse et à des enzymes) ; (ii) des technologies de lavage d'air en bâtiment, de couverture des fosses et d'épandage localisé des lisiers ; (iii) la réalisation de plans d'épandage collectifs, pratique qui néanmoins se heurte souvent à des questions réglementaires ou d'acceptabilité locale qui limitent les échanges entre exploitations ; et (iv) la méthanisation et le compostage qui permettent de désodoriser les effluents.

Il convient de rechercher et développer les complémentarités entre systèmes de production et/ou entre territoires. Au-delà des plans d'épandage collectifs mentionnés supra, le traitement des effluents pour la production d'engrais organiques normalisés et transportables, éventuellement sur longue distance vers les zones céréalières, est potentiellement très efficace pour réduire l'impact environnemental des productions animales intensives (définies en termes de chargement par hectare) et peut s'avérer indispensable dans les zones à forte densité d'élevage (ainsi, dans l'Ouest de la France). Cette production d'engrais organiques peut aussi être associée à la méthanisation qui produit la chaleur nécessaire au séchage des effluents. L'azote ou le phosphore des effluents peuvent également être extraits par des technologies physico-chimiques. Le voisinage d'exploitations de grandes cultures annuelles et d'exploitations d'élevage permet des complémentarités à bénéfices partagés, sous réserve de résolution de contraintes logistiques éventuelles : transfert d'effluents dans un sens et valorisation de cultures de diversification dans l'autre sens. Notons que cette recherche d'autonomie à l'échelle territoriale peut en outre contribuer à renforcer la traçabilité des produits de l'élevage et à mieux valoriser la proximité, en développant des sources locales d'approvisionnement en protéines.

Développer des démarches coordonnées entre acteurs des filières est le cinquième levier d'action ; il s'applique à toutes les productions et filières animales. Il peut s'agir de diversifier en développant des productions orientées vers des marchés spécifiques à plus forte valeur ajoutée (niches) et valorisant des caractéristiques spécifiques des modes de production et/ou des produits. Il peut également s'agir de mieux concilier la demande de l'aval aux possibilités des systèmes de production, certaines demandes des transformateurs (telles que l'étalement des périodes de production de lait en ovin, la régularité des livraisons de lait ou encore la conformation des carcasses, notamment d'agneaux) pouvant aller à l'encontre de systèmes économes en intrants achetés à l'extérieur

¹⁶ Ce raccourcissement est physiologiquement possible en élevage bovin, au moins pour les génisses Holstein qui, du fait de leur puberté suffisamment précoce, peuvent vêler à deux ans.

(valorisant l'herbe pour les exemples cités) et au contraire favoriser des systèmes basés sur l'utilisation de fourrages conservés et de concentrés. Dans tous les cas, il s'agit de raisonner l'équilibre délicat entre le coût de production, la qualité du produit et le consentement à payer du consommateur pour une qualité supérieure et/ou des modes de production non conventionnels.

Il s'agit ensuite d'aménager le foncier à une échelle individuelle et/ou collective. La réorganisation du foncier est de nature à contribuer à l'amélioration des performances productive, économique et environnementale des systèmes tout en réduisant la charge de travail. Un parcellaire moins éclaté permet en effet de limiter les charges de mécanisation, de faciliter l'accessibilité au pâturage pour les élevages de ruminants et de mettre en œuvre de bonnes pratiques agronomiques, les parcelles les plus éloignées faisant le plus souvent l'objet de pratiques très simplifiées et de monoculture (de maïs ensilage notamment).

Enfin, le secteur de la formation et du développement a un rôle à jouer dans les transformations du secteur laitier. Face aux multiples enjeux de l'élevage laitier, le conseil doit évoluer pour mieux accompagner les éleveurs dans leur réflexion, ce qui nécessite : (i) de conforter les réseaux d'élevage, outils précieux d'acquisition de références technico-économiques mais dont le modèle économique est à (re)définir en période de restriction budgétaire ; (ii) de doter les acteurs du développement d'outils de conseil robustes, systémiques et prédictifs pour diagnostiquer les points faibles et évaluer les voies de progrès au sein de chaque exploitation (les UMT/RMT sont des modalités de partenariat bien adaptées à cet objectif) ; et enfin (iii) de mieux repérer et stimuler l'innovation et d'en assurer la diffusion, le dispositif de suivi des réseaux d'élevage et le développement de groupes d'échanges étant sans doute ici des approches complémentaires. Des travaux de recherche-développement conduits depuis 25 ans par l'Inra et l'Institut de l'Élevage montrent qu'une conduite économe des troupeaux, s'appuyant avant tout sur le pâturage, est compatible avec des performances animales élevées, moyennant le raisonnement adapté des systèmes fourragers et d'élevage (périodes de reproduction, mode de gestion des ressources, voire génétique adaptée). Dans ce cadre, la mixité des troupeaux (petits/gros ruminants ; allaitant/laitier) pourrait être un atout comme le présentent des travaux anciens montrant des performances techniques et économiques supérieures pour les ovins dans les troupeaux ovins-bovins.

En conclusion, plusieurs pistes existent pour améliorer les performances technico-économiques des exploitations laitières mais ces pistes de progrès sont à adapter en fonction des filières, des contextes socio-économiques et des objectifs de chaque éleveur. Les solutions ne sont pas uniquement à rechercher au sein de chaque exploitation mais aussi par des collaborations entre exploitations.

Pour illustrer le recours à des pratiques mobilisables pour viser la double performance, nous présentons ci-après deux cas : (i) celui d'une exploitation laitière intensive en zone de plaine et (ii) celui d'une exploitation spécialisée en bovins viande de type naisseur, à bas niveaux intrants, en zone de montagne humide.

D3 - Etudes de cas

D3.1 - Etude de cas d'une exploitation spécialisée de bovins laitiers en zone de plaine (cf. Matrice D3.1 et Radar D3.1)

Cette exploitation laitière spécialisée avec un troupeau de vaches laitières de race Holstein cherche à réduire significativement les intrants achetés en dehors de l'exploitation par une plus grande autonomie pour l'alimentation du troupeau, notamment en matières protéiques, ceci afin de limiter les charges variables et de réduire les impacts négatifs sur l'environnement. Elle cherche aussi à réduire la

charge de travail tout en essayant de préserver la productivité du troupeau. Située en zone d'élevage intensif, elle ne peut pas mobiliser des échanges éventuels de matières avec les exploitations voisines. En revanche, les conditions de sol et de climat permettent de modifier les parts respectives du maïs et de l'herbe dans la surface fourragère de l'exploitation.

Les pratiques élémentaires mises en œuvre consistent :

- A évoluer vers un système plus herbager par accroissement de la part des prairies dans la sole fourragère (au détriment de l'ensilage de maïs) et augmentation du pâturage (ce qui nécessite d'aménager le foncier en regroupant les parcelles pour accroître les surfaces accessibles depuis la salle de traite) ;
- A accroître la productivité des surfaces en herbe par l'utilisation de prairies multi-spécifiques à base de légumineuses en remplacement des prairies de ray-grass anglais fertilisé avec de l'engrais azoté de synthèse ;
- A optimiser le fonctionnement du troupeau en recourant à des systèmes de monitoring (pour gérer la reproduction), en avançant l'âge à la première mise bas raccourcissant ainsi la durée d'élevage des génisses, en augmentant le nombre de cycles de production des vaches (ceci étant rendu possible par la meilleure gestion de la reproduction qui évite des réformes précoces) et en ayant recours au croisement industriel qui permet de produire des veaux croisés (cette pratique étant possible puisque l'élevage a besoin de moins de génisses pour le renouvellement) ;
- A adopter une gestion plus conservatrice de l'azote des effluents en couvrant les fosses à lisier et les fumières, et en utilisant un pendillard lors de l'épandage.

Le système ainsi défini a un impact positif sur les performances productives, sur le plan quantitatif et qualitatif, ainsi que sur les performances économiques mesurées à l'aune des critères de rentabilité et de valeur ajoutée du fait de la forte réduction des charges variables et de l'accroissement global du chiffre d'affaires (produit viande notamment). La production du lait avec davantage d'herbe améliore la qualité du produit, notamment en termes de teneur en oméga-3, et le recours au croisement industriel conduit à des veaux mieux conformés que ceux de race Holstein. Le pâturage contribue positivement au bien-être des animaux. Le temps de travail et/ou sa pénibilité sont fortement réduits puisque la maximisation du pâturage limite le temps nécessaire à la récolte et à la distribution des fourrages conservés.

Ce système a également des effets positifs en termes de réduction des utilisations de ressources fossiles et de préservation de l'environnement. Les consommations directe et indirecte d'énergie fossile sont très sensiblement diminuées sous les influences conjointes du pâturage à la hausse, du recours aux légumineuses, de la meilleure valorisation des effluents et de la diminution du nombre de génisses à élever. Il en est de même pour la consommation d'eau de boisson par les animaux. Les émissions d'ammoniac et de GES sont également sensiblement réduites du fait d'une moindre présence des animaux en bâtiment, de la gestion optimisée des effluents et de la réduction du nombre de génisses. Les fuites de nitrate sont réduites du fait du recyclage d'azote par la prairie. La teneur en MO des sols augmente du fait de la présence de prairies pâturées ; les autres dimensions relatives au sol (compactage, érosion et présence d'ETM) sont peu affectées.

L'inconvénient principal du système ici illustré est qu'il tend à légèrement accroître l'endettement du fait des investissements requis pour la couverture des fosses et l'équipement de monitoring. Le système n'a pas d'effets sensibles sur les émissions d'odeurs (qui ne sont pas un problème majeur en élevage laitier) et sur la dimension territoriale de la biodiversité du fait qu'il n'inclut pas d'augmentation des infrastructures agro-écologiques (le regroupement des parcelles pour optimiser l'organisation du travail de l'éleveur pourrait même avoir pour effet de diminuer celles-ci).

Il apparaît ainsi que ce système laitier herbager de plaine permet d'améliorer nombre de performances environnementales, de maintenir, voire d'améliorer, les performances économiques hors charges d'endettement (grâce à une réduction substantielle des charges variables), et de réduire sensiblement la charge de travail. La sensibilité aux aléas est peu affectée. La seule limite provient d'un accroissement

Matrice D3.1 : Exploitation agricole spécialisée en bovins-lait en zone de plaine

		Production		Economie									
				Rentabilité	Soldes de Gestion				Robustesse			Transmissibilité	
Métapratiq	Sous- pratiq	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité
Aménagement foncier	Regrouper les parcelles pour améliorer l'organisation du travail et/ou la localisation des systèmes de culture	=/+	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=	=/+
Gestion des effluents	Utiliser des pendillards	=	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=/-	=
Gestion des effluents	Couvrir les fosses et les fumières	=	=	+	+	+	+	+/-	+	+/-	=	-	=/+
Choix et gestion des agroéquipements	Installer des systèmes de monitoring pour gérer la conduite de l'élevage	=/+	=	+	+	+	+	-	+	-	=	-	-
Conduite d'élevage	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs	+	+/-	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Conduite d'élevage	Avancer l'âge à la première mise bas	+	=	=/+	+/-	=/+	=/+	=/+	+/-	=/+	=	=	=
Gestion de la génétique animale	Augmenter la fréquence du croisement "industriel"	+	+	+	=/-	+	+	+	=	+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la pratique du pâturage	=/+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Semer des prairies multisécifiques pour augmenter la productivité	=/+	=/+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la part des prairies dans la sole	=/-	+	=/+	+	=/+	=/+	+/-	=/+	+/-	=	=/-	=

		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
Métapratiq	Sous- pratiq	Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Aménagement foncier	Regrouper les parcelles pour améliorer l'organisation du travail et/ou la localisation des systèmes de culture	=/+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion des effluents	Utiliser des pendillards	-	+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	+	=
Gestion des effluents	Couvrir les fosses et les fumières	=	+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=	=
Choix et gestion des agroéquipements	Installer des systèmes de monitoring pour gérer la conduite de l'élevage	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+
Conduite d'élevage	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs	+	+	=/+	+	=	=	=	=	+	=	+	+/-
Conduite d'élevage	Avancer l'âge à la première mise bas	+	-	+	=/+	=	=	=	=	+	=	+	+/-
Gestion de la génétique animale	Augmenter la fréquence du croisement "industriel"	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la pratique du pâturage	+	+	+	=	=/-	=	+	=	=/-	=	=	+/-
Gestion de l'alimentation animale	Semer des prairies multisécifiques pour augmenter la productivité	+	+	=	=	=	=	=	=	=/+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la part des prairies dans la sole	=/+	+	+	=	=/+	+	=/+	=	+/-	+	+	+/-

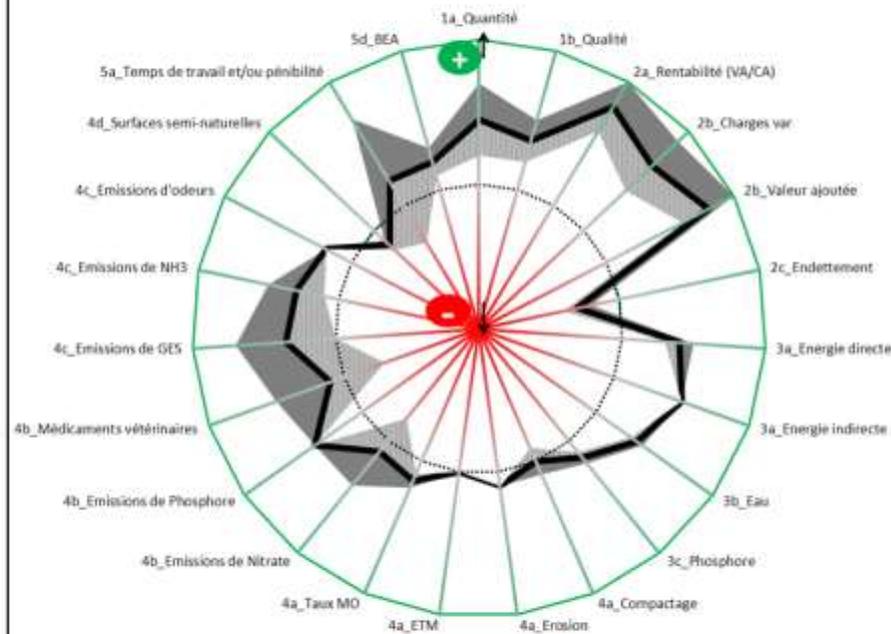
		Environnement							Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas	
		Air				Biodiversité			Travail	Santé	Bien être animal		
Métapratiq	Sous- pratiq	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Aménagement foncier	Regrouper les parcelles pour améliorer l'organisation du travail et/ou la localisation des systèmes de culture	=/+	=	=	=	-	=/-	-	+/-	=/+	=	=	+
Gestion des effluents	Utiliser des pendillards	+/-	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Gestion des effluents	Couvrir les fosses et les fumières	=/+	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Choix et gestion des agroéquipements	Installer des systèmes de monitoring pour gérer la conduite de l'élevage	=	=	=	=	=	=	=	+	+	+	=	=
Conduite d'élevage	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs	+	+/-	=	=	=	=	=	=	+/-	=	=/+	=/+
Conduite d'élevage	Avancer l'âge à la première mise bas	+	+	=	=	=/-	=	=	=	+/-	=	=/-	=/-
Gestion de la génétique animale	Augmenter la fréquence du croisement "industriel"	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la pratique du pâturage	=/-	+	=	=	=	=	=	=	+/-	+	+	=
Gestion de l'alimentation animale	Semer des prairies multisécifiques pour augmenter la productivité	+	-	=	=	=	=	=	=	=/+	=	=	+/-
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la part des prairies dans la sole	+/-	+/-	=	=	=	=/+	=	+	+/-	=	+	-

Radar D3.1 Exploitation agricole spécialisée en bovins-lait en région de plaine

Objectifs de l'exploitant

- Accroître l'autonomie protéique et énergétique de l'exploitation en évoluant vers un système plus herbager
- Compenser le risque de chute de la production du lait par une gestion optimisée de l'élevage
- Réduire les émissions de GES, d'ammoniac et de nitrates
- Réduire la charge de travail

- **Aménagement foncier**
 - Regrouper les parcelles pour améliorer l'organisation du travail
- **Choix et gestion des agroéquipements**
 - Installer des systèmes de monitoring pour gérer la conduite de l'élevage
- **Gestion des effluents**
 - Couvrir les fosses et les fumières
 - Utiliser des pendillards
- **Gestion de l'alimentation animale**
 - Augmenter la part des prairies dans la sole
 - Semer des prairies multi-spécifiques pour augmenter la productivité
 - Augmenter la pratique du pâturage
- **Gestion de la génétique animale**
 - Augmenter la fréquence du croisement "industriel"
- **Conduite d'élevage**
 - Avancer l'âge à la première mise bas
 - Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs



Freins et difficultés

- Nécessité de disposer d'un parcellaire regroupé auprès de l'installation de traite
- Endettement par besoin accru d'investissement
- Le progrès repose sur la productivité des surfaces en herbe ce qui accroît la sensibilité du système aux aléas climatiques et nécessite une haute technicité de l'éleveur pour la gestion du troupeau

des annuités d'emprunt du fait des investissements requis, investissements néanmoins relativement modestes sauf si la mise en œuvre d'un tel système requiert l'acquisition de surfaces additionnelles importantes. Le succès de ce système repose sur la disponibilité de surfaces accessibles au troupeau depuis la salle de traite ; le parcellaire doit être adapté ou pouvoir s'adapter. Son succès repose aussi sur l'acceptabilité par l'éleveur d'une évolution qui va à l'encontre de la vision trop souvent véhiculée du progrès, image qui se résume alors « à plus de lait par vache et plus de machines ».

D3.2 - Cas d'une exploitation spécialisée en bovins viande de type naisseur, à bas niveaux intrants, en zone de montagne humide (cf. Matrice D3.2 et Radar D3.2)

Cette exploitation allaitante de type naisseur produit des broutards (veaux sevrés de 6 à 9 mois nourris à l'herbe). Elle est située en zone de piémont ou de basse montagne classée Zone Défavorisée Simple (ZDS). Elle exploite un troupeau de bovins allaitants de race Limousine, Charolaise ou Salers en valorisant la prairie permanente. Elle se fixe pour objectifs de réduire au maximum les charges par la recherche d'une autonomie alimentaire maximale. Elle cherche également à fournir des services éco-systémiques, plus spécifiquement à préserver la biodiversité et mettre en valeur les paysages, même si ces services ne bénéficient de reconnaissance directe par des marchés éponymes.

Les pratiques élémentaires mises en œuvre consistent à :

- Réduire le coût de l'alimentation en augmentant le recours au pâturage (essentiellement par extension de la période de pâturage sur l'année) et en améliorant la qualité des fourrages conservés utilisés en hiver (de façon à réduire les achats de concentrés) ;
- Réduire les frais d'élevage par le choix d'une génétique visant à accroître la robustesse des animaux et une conduite d'élevage adaptée consistant à augmenter le nombre de cycles de production des vaches (une lactation de plus par vache) - ce qui sera d'autant plus facile que les animaux sont robustes - ; également par le choix du plein air intégral en remplaçant les vieux bâtiments par un parc d'hivernage stabilisé (ce qui permet de réduire sensiblement les coûts d'investissements) ;
- Favoriser la biodiversité sur les parcelles de prairies permanentes *via* une conduite adaptée, i.e., en pratiquant le stockage sur pied pour passer une période estivale potentiellement sèche sans avoir de fourrages conservés à distribuer, et en mettant en défens des parcelles pour les laisser fleurir avant de les récolter (développement des populations d'insectes butineurs) ;
- Favoriser la biodiversité à l'échelle du paysage en entretenant les éléments fixes du paysage (murets, talus, mares, ripisylves), en implantant des haies en bordure des parcelles pour celles qui n'en avaient pas ; l'éleveur valorisera la biomasse produite par/sur ces infrastructures agro-écologiques de façon à dégager un revenu additionnel.

La production intrinsèque du troupeau n'est pas/peu affectée ; le gain représenté sur la matrice D3.2 et le radar D3.2 traduit l'amélioration de performances productives autres que celle de la production de viande au sens strict, par exemple l'augmentation de la production fourragère qui est ici valorisée *via* la réduction des achats de concentrés qu'elle permet, ou encore la valorisation des productions des infrastructures agro-écologiques.

L'augmentation de la pratique du pâturage et l'amélioration de la qualité des fourrages permettent d'accroître la qualité de la production de viande (teneur en acides gras oméga-3). Les charges variables sont fortement diminuées sous l'effet de la mise en œuvre simultanée de plusieurs pratiques qui caractérisent ce système (plein air intégral, maximisation du pâturage, animaux plus robustes, minimisation des chantiers de récolte par la pratique du report sur pied, amélioration de la qualité des fourrages conservés). Ces deux évolutions favorables (augmentation de la production totale de l'exploitation et diminution des charges variables) permettent d'accroître la rentabilité et la valeur ajoutée, au prix d'une possible détérioration de l'endettement (besoin possible d'équipements supplémentaires, par exemple pour améliorer la qualité des fourrages que permet l'utilisation d'une presse à balles rondes) mais cette détérioration de l'endettement et ce besoin d'investissement sont en tout état de cause modestes dans la mesure où il n'y a plus de bâtiments.

Matrice D3.2 : Exploitation agricole de bovins viande de type « naisseur », à bas niveaux d'intrants, en zone de montagne humide

Métapratique	Sous-pratique	Production		Economie									
		Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Rentabilité			Soldes de Gestion			Robustesse			Transmissibilité
				Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	
Conduite d'élevage	Pratiquer le plein air intégral	=/-	=	+/-	+	+/-	+/-	=/+	=/+	=/+	=	+	+
Conduite d'élevage	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs	+	+/-	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux	=/+	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)	+	+	+	=/+	+	+	=/-	=/-	=/-	=	=/-	=
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la pratique du pâturage	=/+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Aménagement foncier	Entretien des éléments fixes du paysage : murets, talus, mares, ripisylves, etc.	=	=	=/-	=/-	=/-	=/-	=/-	=/-	=/-	=	=	=/+
Aménagement foncier	Valoriser la biomasse des IAE	=	=	+	=	+	+	+	+	+	+	=	=
Aménagement foncier	Planter une haie en bordure de parcelle	+/-	=	=/-	=/-	=/-	=/-	=/-	=	=/-	=/+	=	=
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Pratiquer le stockage sur pied	=/-	-	=/+	+	=/+	=/+	=/+	+	=/+	=	=	=
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Mettre en défens des parcelles pour les laisser fleurir et favoriser la biodiversité	=/-	-	=/-	=	=/-	=/-	=/-	=	=	=	=	=

Métapratique	Sous-pratique	Ressources naturelles fossiles				Environnement							
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
		Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Conduite d'élevage	Pratiquer le plein air intégral	+	+/-	=	=	+/-	+/-	=/+	=	+/-	=	=	=
Conduite d'élevage	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs	+	+	=/+	+	=	=	=	=	+	=	+	+/-
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+
Gestion de l'alimentation animale	Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)	=/-	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=/+
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la pratique du pâturage	+	+	+	=	=/-	=	+	=	=/-	=	=	+/-
Aménagement foncier	Entretien des éléments fixes du paysage : murets, talus, mares, ripisylves, etc.	=/-	=	=	=	=	+	=	=	+	=/+	+	=
Aménagement foncier	Valoriser la biomasse des IAE	=	=	=	=	=	=/+	=/+	=	=/+	=	=/+	=
Aménagement foncier	Planter une haie en bordure de parcelle	=	=	=	=	=	+	=	=	+	+	+	=
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Pratiquer le stockage sur pied	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Mettre en défens des parcelles pour les laisser fleurir et favoriser la biodiversité	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=

Métapratique	Sous-pratique	Environnement								Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas
		Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal	
		Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Conduite d'élevage	Pratiquer le plein air intégral	-	=	=	=/+	+	=	=	=	+/-	=	+/-	-
Conduite d'élevage	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs	+	+/-	=	=	=	=	=	=	+/-	=	=/+	=/+
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux	=	=	=	=	=	=	=	=	+	=	+	+
Gestion de l'alimentation animale	Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)	+	=	=	=	-	=	=/+	=/-	=	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la pratique du pâturage	=/-	+	=	=	=	=	=	=	+/-	+	+	=
Aménagement foncier	Entretien des éléments fixes du paysage : murets, talus, mares, ripisylves, etc.	=	=	=	=	+	=	+	+	-	=	=/+	=
Aménagement foncier	Valoriser la biomasse des IAE	=	=	=	=	=	=	=	=	-	=	=	+
Aménagement foncier	Planter une haie en bordure de parcelle	+	+	+	=	+	=/+	+	+	-	=	=/+	+
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Pratiquer le stockage sur pied	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Mettre en défens des parcelles pour les laisser fleurir et favoriser la biodiversité	=	=	=	=	+	=	=	+	=	=	=	=

Radar D3.2 Exploitation agricole spécialisée en bovins-viande naisseur à très bas intrants

Conduite des plantes et des peuplements végétaux

- Pratiquer le stockage sur pied
- Mettre en défens des parcelles pour les laisser fleurir et favoriser la biodiversité

Aménagement foncier

- Entretien des éléments fixes du paysage : murets, talus, mares, ripisylves, etc.
- Valoriser la biomasse des IAE
- Planter une haie en bordure de parcelle

Gestion de l'alimentation animale

- Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)
- Augmenter la pratique du pâturage

Gestion de la génétique animale

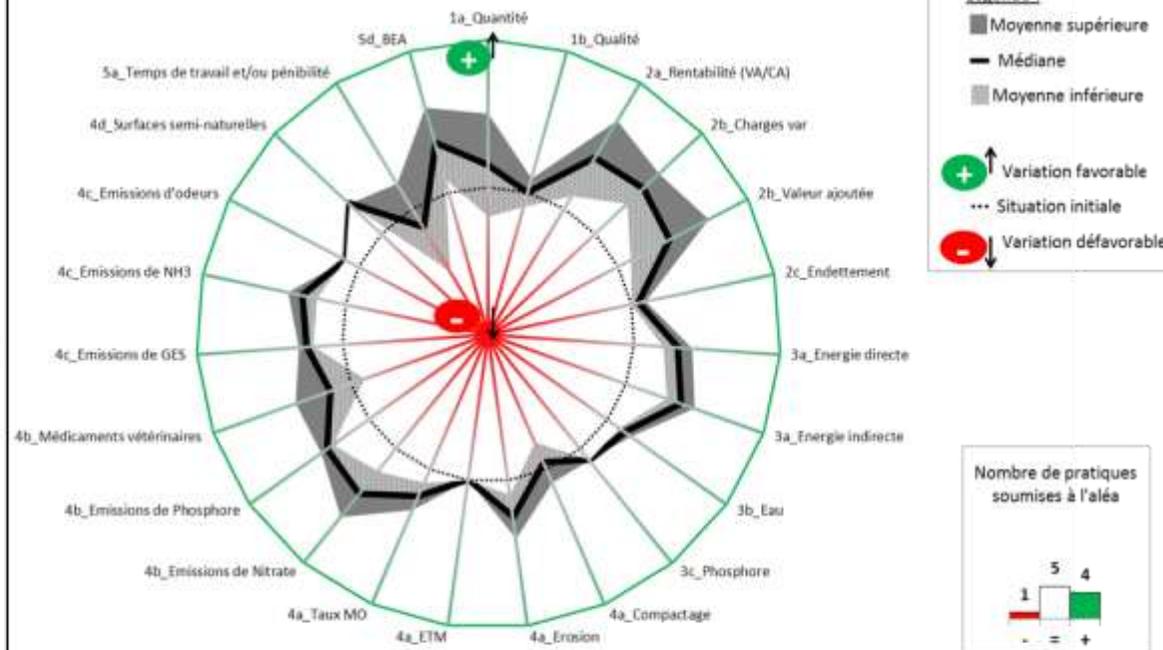
- Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux -

Conduite d'élevage

- Pratiquer le plein air intégral
- Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs

Objectif de l'exploitant :

- Réduire les charges par la recherche d'autonomie alimentaire Accroître l'autonomie fourragère et la réduction des frais d'élevage
- Accroître la contribution positive de l'élevage à la préservation de l'environnement (notamment biodiversité)
- Mettre en valeur les paysages



Freins et difficultés:

- ✓ La production des nombreux services environnementaux rendus n'est aujourd'hui pas rémunérée par les marchés et sa reconnaissance par les aides publiques est encore trop modeste
- ✓ Faible productivité par unité de surface
- ✓ Très forte dépendance au revenu aux aides couplées et découplées

Le système ainsi défini permet aussi d'améliorer nombre de performances en matière d'utilisation des ressources fossiles et de protection de l'environnement.

Ainsi, la consommation directe d'énergie est fortement réduite du fait du pâturage augmenté, du plein air intégral et du stockage sur pied et ce bien que l'amélioration de la qualité des fourrages et l'entretien des éléments fixes du paysage puissent nécessiter un peu d'énergie fossile. La consommation indirecte d'énergie est également fortement réduite, principalement du fait de l'augmentation de la pratique du pâturage, de la meilleure qualité des fourrages conservés et du stockage sur pied (un fourrage ainsi stocké est en général de meilleure qualité qu'un ensilage et/ou un foin récolté au même stade). Les consommations d'eau et de phosphore par unité produite peuvent être marginalement réduites en lien avec le pâturage et l'augmentation du nombre de cycles de production des animaux.

Les émissions de NH₃ et de GES sont réduites du fait de la pratique accrue du pâturage, de l'amélioration de la qualité des fourrages, de la pratique du stockage sur pied et de l'implantation de nouvelles haies ; en sens inverse, la pratique du plein air intégral peut conduire à une augmentation des émissions de GES, toutes choses égales par ailleurs. Les émissions de nitrate, déjà faibles en l'absence des pratiques ici considérées, sont également diminuées, et les émissions d'odeurs sont inchangées.

La teneur en MO des sols tend à s'accroître en lien avec l'augmentation du pâturage et le recours au plein air intégral ; ces mêmes pratiques peuvent, au moins dans certaines situations, augmenter les risques de compactage des sols. L'entretien des éléments fixes du paysage et l'implantation des haies concourent à limiter les risques d'érosion et le ruissellement de phosphore.

Le bien-être des animaux s'améliore, principalement du fait du pâturage et des choix génétiques effectués ; ces choix génétiques et les autres pratiques mises en œuvre conduisent aussi à réduire la consommation de produits vétérinaires.

Les effets du système sur le temps de travail de l'éleveur sont par contraste difficiles à anticiper ; si certaines pratiques d'élevage comme le stockage sur pied ou le choix génétique permettent de réduire le temps de travail, les pratiques favorables à la biodiversité (valorisation de la biomasse des infrastructures agro-écologiques, entretien des éléments fixes du paysage) jouent plutôt dans le sens inverse ; d'où l'incertitude associée à cette performance.

Au final, il apparaît que ce système (très) innovant par au moins certaines des pratiques mises en œuvre (plein air intégral, gestion de la prairie pour favoriser la biodiversité) permet de concilier production, économie et environnement. La performance économique reste toutefois relative dans un contexte où son amélioration serait *in fine* uniquement modérée, partant de niveaux de valeur ajoutée et de revenu faibles, en outre très dépendants des aides directes, découplées et couplées. A cet égard, répétons-le, l'image du radar est trompeuse car il n'est pas possible d'associer de façon immédiate une « valeur quantitative » à l'amélioration de telle performance ou la détérioration de telle autre. Dans cette perspective, le lecteur notera, avec intérêt, que le système ici analysé est capable de fournir des biens environnementaux (gestion de la biodiversité, entretien d'éléments paysagers, production d'une eau de qualité en lien avec des fuites de nitrate et un ruissellement du phosphore très faibles, etc.). Cette production n'est aujourd'hui pas valorisée par les marchés (des services environnementaux) et sa reconnaissance par les aides publiques sans nul doute encore trop modeste. Cette production de biens environnementaux peut également être, indirectement, valorisée par le développement du tourisme à la ferme ou d'activités similaires (pratiques non considérée ici) ; il s'agit là de deux voies possibles pour augmenter la profitabilité d'un système tel que celui ici considéré.

E - L'élevage porcin

E1 - Eléments de contexte

En 2010, la France comptait un peu moins de 13000 exploitations porcines possédant plus de 20 truies. Le modèle dominant reste le modèle naisseur-engraisseur qui concerne 83 % des truies et 62 % des porcs à l'engrais. Les élevages de plus de 1 000 porcs à l'engrais élèvent 43 % du total des porcs, contre 81 % au Danemark, 63 % aux Pays-Bas, 75 % en Espagne et 44 % en Allemagne. Les élevages porcins français sont donc moins spécialisés et d'une taille plutôt plus réduite que dans les principaux bassins européens concurrents. Les bâtiments sont généralement plus anciens et moins automatisés, ce qui entraîne des temps de main d'œuvre en moyenne supérieurs par porc produit. Ce manque d'investissement tend à pénaliser les performances techniques ; cependant, à court terme, les coûts de production restent compétitifs, en partie en raison de moindres charges financières.

Au cours de la dernière décennie, la production porcine française a légèrement diminué de 2 % alors qu'elle augmentait de 9 % dans l'UE, la croissance étant particulièrement marquée en Allemagne (+ 30 %) et en Espagne (+ 20 %). La France reste toutefois le troisième pays producteur de porc de l'UE, après l'Allemagne et l'Espagne, juste devant le Danemark. Sur cette période, le niveau d'auto-alimentation de la France a diminué tout en restant supérieur à 100 %, mais la balance commerciale s'est détériorée pour devenir négative à partir de 2009. Les perspectives pour les prochaines années laissent présager une poursuite de la réduction de la production et un creusement du déficit commercial. Ceci contraste avec des perspectives plutôt favorables à cette production au niveau des marchés mondiaux. Cette situation s'explique d'une part par les difficultés liées à la prise en compte des réglementations relatives à l'environnement et plus récemment au bien-être animal, et d'autre part par un certain manque de compétitivité de l'aval de la filière, relativement à d'autres pays, alors que le niveau technique des éleveurs français reste élevé. C'est donc dans un contexte plutôt défavorable pour la production que s'inscrit cette réflexion sur l'évolution des systèmes d'élevage.

Deux spécificités marquent la filière porcine. Tout d'abord, la production porcine française est marquée par une très forte régionalisation, la Bretagne et le Grand-Ouest représentant respectivement 58 et 74 % de la production nationale. Cette régionalisation se poursuit, surtout du fait de la réduction de la production en dehors du Grand-Ouest. C'est un élément déterminant à considérer dans la prise en compte des questions de durabilité. Les questions se posent principalement en termes d'amélioration de la durabilité environnementale dans les zones à forte densité animale, d'amélioration de la durabilité économique et de l'acceptabilité sociétale dans les autres régions. La question environnementale, et plus récemment celle du bien-être animal, ont été au centre des préoccupations des groupes économiques dont la compétitivité et l'avenir dépendait de leur capacité à proposer des solutions aux éleveurs. Cela a toutefois souvent conduit à une approche « partielle » des problèmes (un problème = une solution) alors qu'une démarche plus globale prenant en compte les implications en terme de durabilité aurait été plus efficace. La question de l'organisation de solutions collectives aux problèmes d'environnement à l'échelle des territoires est également centrale, tout au moins dans les zones à forte densité.

La seconde spécificité concerne son fort degré d'organisation. On comptait en 2011 cinquante groupements de producteurs qui assuraient 91 % de la production. Ces groupements sont en majorité des coopératives liées à un territoire. Ils jouent un rôle déterminant dans l'organisation technique et économique de la production porcine et aussi dans la prise en compte des questions environnementales. Ils sont aussi de plus en plus impliqués dans l'amont (production des aliments et sélection) et l'aval de la filière (abattage, découpe, transformation). L'amélioration de la durabilité des élevages conditionne aussi celle de la filière toute entière. Cette forte organisation collective de la filière constitue un moteur mais parfois aussi un frein dans les évolutions. Elle a en effet favorisé une certaine homogénéisation des « modèles » de production aussi bien en termes de modes d'élevage que de production, avec une

orientation vers une production « de masse ». Ce n'est que depuis peu que l'on voit apparaître une certaine diversification des modes de production, associée à une démarcation des produits et un affichage plus marqué de l'origine géographique. En 2011, la production Label Rouge concernait environ 3,1 % de la production nationale. La production de charcuterie sous IGP est estimée à près de 15 % de la production totale. La production biologique est en augmentation (+10 % de truies et +23 % de porcs charcutier depuis 2010) mais reste toutefois marginale (0,3 % de la production française).

E2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation et de la filière

La dimension environnementale de la durabilité de la production porcine a beaucoup été étudiée ces dernières années, en particulier dans le cadre du programme « porcherie verte », à la fois pour mieux quantifier les flux et les impacts potentiels des élevages et pour explorer des voies de réduction de ces impacts.

Les caractéristiques des effluents issus des élevages porcins ont largement évolué ces dernières années, en réponse à la mise en place progressive des réglementations environnementales. L'alimentation a été un levier d'action important qui a permis de réduire de façon très significative l'excrétion d'azote (N), de phosphore (P), de cuivre (Cu) et de zinc (Zn) par les animaux. Ces pratiques sont maintenant largement appliquées dans les élevages. Des perspectives de réduction plus poussée de l'excrétion par la voie alimentaire sont encore envisageables, en particulier en améliorant la santé et les performances des animaux, grâce à l'utilisation accrue d'enzymes et d'acides aminés, ou en développant l'alimentation de précision.

La recherche de solutions aux excédents d'azote a conduit, surtout dans l'Ouest de la France, à un important développement du traitement des effluents, principalement par la digestion aérobie et le compostage de lisier. Ces installations produisent une grande diversité de coproduits dont les caractéristiques sont variables. La plupart de ces filières de traitement éliminant une part importante de l'azote de l'effluent, les produits qui en sont issus présentent souvent un déséquilibre par rapport aux besoins des cultures. Ces coproduits présentent cependant l'avantage, pour certains d'entre eux comme les résidus de séparation de phases, les composts ou les boues séchées, de pouvoir être exportés en dehors des zones d'élevage. La recherche de solutions pertinentes de gestion des effluents au niveau des exploitations porcines nécessite de prendre en compte de très nombreux paramètres, les solutions techniques possibles étant nombreuses. Le développement d'outil de pilotage constitue un élément important pour aborder ce type de questionnement et raisonner à l'échelle du système, en intégrant les liens entre l'alimentation des animaux, la gestion des effluents, les productions végétales (assolement), la fertilisation et l'économie.

Dans l'avenir, les filières de gestion des effluents porcins devront limiter autant que possible les émissions de gaz nocifs pour l'environnement (NH_3 , N_2O , CH_4 ...) et préserver et valoriser au mieux les éléments fertilisants. Dans un contexte d'accroissement du prix des fertilisants, cette démarche est aussi intéressante au plan économique. C'est ce qui ressort clairement d'une étude prospective sur l'optimisation environnementale des élevages porcins de demain. En quelque sorte, il convient de rechercher des organisations d'élevages permettant, dans une démarche d'« agro-écologie » ou d'« écologie industrielle », et de reconstituer le cycle des nutriments et de l'énergie, tout en minimisant les fuites vers l'environnement. La question se pose alors de l'échelle géographique à laquelle on souhaite reconstituer ces cycles.

Par exemple, la spécialisation des élevages avec traitement des effluents et production d'engrais organiques s'appuie également sur le principe du recyclage des nutriments mais à une échelle géographique large. C'est une solution qui peut s'avérer indispensable dans les zones à forte densité animale. La démarche est ici de s'orienter vers un traitement non destructif des effluents avec l'objectif de produire des fertilisants organiques, de qualité contrôlée (teneur en fertilisants, qualité bactériologique...), qui peuvent être valorisés en dehors du territoire de production. Différentes technologies sont envisageables à l'échelle de l'exploitation ou de manière plus collective. On peut ainsi envisager la séparation de phases (solide/liquide) avec séchage ou compostage de la phase liquide. La production d'engrais organiques peut aussi être associée à la méthanisation qui produit la chaleur nécessaire au séchage des effluents. L'azote ou le phosphore peuvent aussi être extraits par des

technologies physico-chimiques. Cette voie d'évolution qui peut être particulièrement efficace en termes de réduction de l'impact environnemental de la production peut se heurter à des difficultés liées aux investissements nécessaires ou aussi à l'acceptabilité des solutions proposées.

La liaison au sol par la valorisation des effluents comme fertilisant est sûrement la situation idéale en terme de durabilité environnementale et économique, mais elle implique de disposer de surfaces suffisantes pour l'épandage des effluents dans le respect de la fertilisation raisonnée. Le fait d'assurer, tout au moins en partie, l'autonomie alimentaire confère aussi plus de robustesse économique aux exploitations. Par contre, en l'absence de traitement des effluents, les questions relatives aux émissions gazeuses et aux odeurs restent posées. La méthanisation qui permet de désodoriser les effluents pourrait alors constituer une option intéressante. Les émissions gazeuses, en particulier d'ammoniac peuvent être maîtrisée par des technologies de lavage d'air et de couverture des fosses. Par ailleurs, ces exploitations disposant de paille, son utilisation dans l'élevage peut aussi être envisagée, avec l'élevage d'une partie des animaux sur paille et la production de fumier, ce qui peut être bénéfique pour la fertilité des sols. La liaison au sol peut s'organiser à l'échelle d'une exploitation individuelle mais aussi au niveau de plusieurs exploitations dans le cadre de plans d'épandage collectifs. Cette voie peut être particulièrement intéressante à l'échelle d'un territoire mais elle se heurte souvent à des questions réglementaires ou d'acceptabilité locale, qui limitent les échanges entre exploitations.

Bien que la dimension environnementale de la durabilité soit très prégnante dans le cas de la production porcine, les dimensions économiques et sociales sont également très présentes. Une production orientée vers des marchés spécifiques à plus forte valeur ajoutée et valorisant une image ou des caractéristiques particulières des produits, ou à des modes de production, donne la prépondérance à la dimension sociale de la durabilité. Il s'agit ici de s'appuyer sur une différenciation de la façon de produire ou du produit (prise en compte plus poussée du bien-être animal, choix de races ou de pratiques d'élevage améliorant la qualité des produits, origine des aliments, autonomie des exploitations...). C'est par exemple le cas de la production biologique et de la production sous label ou sous « marque » commerciale. La question de l'équilibre nécessaire entre le coût de production qui s'accroît et le consentement à payer de la part du consommateur, constitue généralement le principal frein à cette voie d'évolution des systèmes de production porcins.

En conclusion, ces différentes voies d'amélioration de la durabilité peuvent se combiner au sein d'une même exploitation, en fonction de sa configuration, du territoire et de la filière dans lesquels elle s'intègre, ainsi que des attentes de l'éleveur. Il existe ainsi plusieurs voies d'évolution des exploitations porcines vers plus de durabilité. L'enjeu est alors de favoriser une plus grande diversité des systèmes, ce qui contraste avec l'histoire de cette production qui a longtemps cherché à s'homogénéiser de plus en plus. Pour les organisations économiques il s'agit de trouver plus de complémentarités et de synergies entre les différentes voies d'évolution pour répondre à la fois aux attentes des éleveurs et à celles des consommateurs. A ce titre, la filière porcine française se situe à une étape clé de son évolution. Alors qu'elle est plutôt en décroissance elle doit investir, en particulier au niveau des élevages, pour rénover les bâtiments et ainsi répondre aux enjeux de bien-être et de santé animale, d'environnement et de performances technico-économiques. Aussi, il est particulièrement important pour le long terme que les choix techniques soient réalisés en prenant en compte les différentes dimensions de la durabilité.

Pour illustrer le recours à des pratiques mobilisables pour viser la double performance, nous présentons ci-après le cas d'une exploitation porcine intensive de type naisseur-engraisseur avec peu de surfaces.

E3 - Etudes de cas d'une exploitation porcine intensive de type naisseur-engraisseur avec peu de surfaces (cf. Matrice E3.1 et Radar E3.1)

Cette exploitation spécialisée en production porcine doit gérer des excès d'azote organique, au sens de la Directive Nitrate, dans la mesure où elle dépasse le seuil de 170 kg d'azote organique par hectare de Surface Agricole Utile (SAU). Simultanément, l'éleveur considéré cherche à mieux gérer l'azote pour réduire les coûts

d'achat de tourteaux pour l'alimentation des animaux et d'engrais de synthèse pour la fertilisation des cultures. Bien que située en zone d'élevage intensif (densité élevée d'animaux), cette exploitation est parvenue à mettre en place un plan d'épandage en bénéficiant de surfaces pouvant recevoir ses lisiers, surfaces situées à des distances compatibles avec les contraintes logistiques sans traitement particulier des lisiers (séparation de phases ou compostage).

Les objectifs de l'éleveur sont les suivants, recherchés *via* la mise en œuvre conjointe de plusieurs pratiques :

- Réduction des rejets des animaux en limitant les teneurs en protéines des aliments par la mise en œuvre d'une alimentation multi-phases (teneur en protéines ajustée en fonction des besoins des animaux et diminuant progressivement avec le poids des porcs à l'engraissement) associée à l'utilisation d'acides aminés de synthèse (ce qui permet de baisser encore plus la teneur en protéines tout en assurant les apports d'acides aminés indispensables). L'éleveur utilise aussi des phytases pour améliorer l'utilisation des phosphates des aliments et réduire d'autant la complémentation minérale ;
- Amélioration de la gestion des effluents *via* la mise en place d'une chaîne de limitation des pertes d'ammoniac qui accroît la valeur fertilisante du lisier. A cette fin, l'éleveur intervient à différents stades pour éviter les risques de transfert de pollution : évacuation rapide des déjections en dehors des bâtiments, couverture des fosses à lisiers et utilisation de pendillards pour l'épandage ;
- Limitation des émissions d'ammoniac et d'odeurs du bâtiment par installation d'un dispositif de lavage de l'air en sortie de bâtiment ;
- Mise en œuvre d'un plan d'épandage collectif.

Le système ainsi défini permet de réduire les charges variables (avec toutefois une marge d'incertitude), essentiellement du fait des économies réalisées en matière d'alimentation des animaux et de fertilisation azotée (par limitation des pertes d'azote organique), et ce bien que le lavage de l'air accroisse légèrement la dépense en eau. Le nombre et la qualité des porcs produits n'étant pas affectés, les performances économiques hors charges d'endettement (rentabilité et valeur ajoutée) sont améliorées.

La consommation indirecte d'énergie fossile est réduite, d'autant plus que le système permet de diminuer les achats de tourteaux protéiques. Les émissions d'ammoniac, d'odeurs, de GES, et dans une moindre mesure de nitrate, sont également réduites du fait des pratiques alimentaires mises en œuvre, de la chaîne de gestion des effluents et du lavage de l'air en bâtiment. La consommation et le risque de ruissellement de phosphore diminuent par utilisation de phytase et exportation d'une partie des effluents, riches en phosphore, hors de l'exploitation. La sensibilité aux aléas économiques est moindre du fait d'une dépendance réduite du système aux tourteaux et phosphates acquis en dehors de l'exploitation.

Le système accroît l'endettement du fait des investissements requis pour améliorer la gestion des effluents ; il tend également à augmenter la consommation directe d'énergie pour le fonctionnement des dispositifs de lavage d'air et, dans une moindre mesure, d'évacuation rapide des effluents.

Au final, il apparaît que le système ici illustré permet de mieux gérer l'azote et le phosphore, et de limiter efficacement les pertes et fuites vers l'environnement, notamment celles d'ammoniac, de nitrate et de GES (N₂O en premier lieu), sans dégrader les performances économiques hors charges d'endettement, ces dernières augmentant du fait des investissements requis. La mise en place du plan d'épandage collectif peut contribuer à réduire le temps de travail d'épandage s'il y a recours à une CUMA ou à une entreprise extérieure.

D'autres solutions peuvent être envisagées pour respecter la Directive Nitrate. Toutes requièrent des investissements conséquents pour la gestion des effluents et à la différence de celle ici décrite, certaines ne permettent pas de limiter les émissions d'ammoniac et d'anticiper les évolutions plus que probables de la réglementation. Le traitement aérobie des lisiers élimine une part importante de l'azote des effluents et son efficacité pour réduire les pertes de nitrate est reconnue. Mais bien

Matrice E3.1 : Exploitation agricole porcine intensive de type « naisseur-engraisseur » avec peu de surfaces

		Production		Economie									
				Rentabilité			Soldes de Gestion			Robustesse			Transmissibilité
Métapratique	Sous- pratique	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité
Gestion des effluents	Réaliser un plan d'épandage collectif	=	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=	+
Gestion des effluents	Utiliser des pendillards	=	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=/-	=
Gestion des effluents	Couvrir les fosses et les fumières	=	=	+	+	+	+	+/-	+	+/-	=	-	=/+
Gestion des effluents	Evacuer rapidement les déjections hors des bâtiments	=	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/-	=/+	=/-	=	=/-	=/-
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des outils de lavage de l'air en élevage porcin	=	=	-	-	-	-	-	-	-	=	-	+
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases	=	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des acides aminés de synthèse	=	=/+	+/-	=/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	=	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=

		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
Métapratique	Sous- pratique	Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Gestion des effluents	Réaliser un plan d'épandage collectif	+/-	+	=	=	=	=	=	+	=	=	+	=
Gestion des effluents	Utiliser des pendillards	-	+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	+	=
Gestion des effluents	Couvrir les fosses et les fumières	=	+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=	=
Gestion des effluents	Evacuer rapidement les déjections hors des bâtiments	-	+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=	=
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des outils de lavage de l'air en élevage porcin	-	=	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases	=	+	=	+	=	=	=	=	=	=	+	=
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des acides aminés de synthèse	=	+	+	=	=	=	=	=	+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	=	+	+	=	=	=	=	=	+	=	=	=

		Environnement								Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas
		Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal	
Métapratique	Sous- pratique	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Gestion des effluents	Réaliser un plan d'épandage collectif	+/-	=	=	=	=	=	=	=	+/-	=	=	=
Gestion des effluents	Utiliser des pendillards	+/-	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Gestion des effluents	Couvrir les fosses et les fumières	=/+	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Gestion des effluents	Evacuer rapidement les déjections hors des bâtiments	+	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=/+	=
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des outils de lavage de l'air en élevage porcin	=	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des acides aminés de synthèse	+	+	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=/-
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	+	+	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=/-

Radar E3.1 Exploitation agricole porcine intensive de type « naisseur-engraisseur » avec peu de surfaces

Objectif de l'exploitant :

- Gérer les effluents en excès sur une exploitation de petite taille située en ZES
- Simultanément, réduire les coûts d'alimentation et d'engrais minéraux, de même que les nuisances olfactives

Gestion des effluents

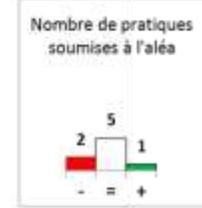
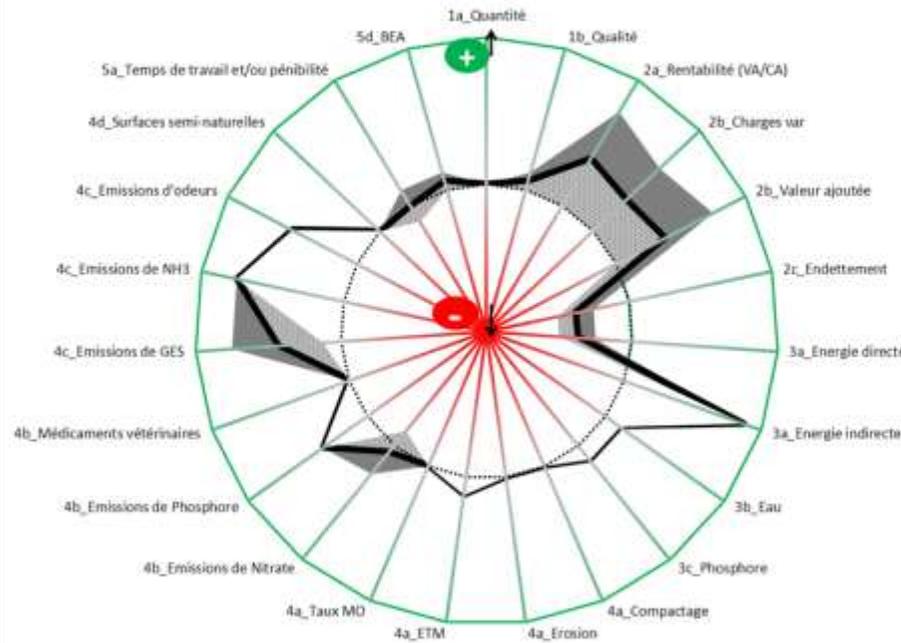
- Evacuer rapidement les déjections hors des bâtiments
- Couvrir les fosses et les fumières
- Utiliser des pendillards
- Réaliser un plan d'épandage collectif

Gestion des bâtiments d'élevage

- Utiliser des outils de lavage de l'air

Gestion de l'alimentation animale

- Limiter les teneurs en protéines des aliments
- Utiliser des acides aminés de synthèse
- Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases



Freins et difficultés:

- ✓ Nécessité d'avoir accès à un plan d'épandage collectif
- ✓ Importance des investissements à réaliser

que pour partie subventionnée, cette pratique nécessite elle aussi des investissements significatifs, n'est pas conservatrice de l'azote (ce qui n'incite pas à des progrès techniques pour limiter les émissions d'ammoniac), augmente les charges variables liées au fonctionnement de l'installation, et conduit à un effluent présentant un rapport N / P plus déséquilibré que celui des lisiers, lequel ne correspond pas aux besoins des plantes, d'où un risque accru de ruissellement de phosphore. La mise en place d'un méthaniseur dans l'exploitation permet de vendre de l'énergie et d'accroître le chiffre d'affaires, au prix néanmoins d'un accroissement de la charge de travail et surtout sans résoudre le problème d'excédent d'azote de l'exploitation. Le plan d'épandage est toujours nécessaire mais, il est vrai, avec des effluents désormais désodorisés ce qui peut faciliter son acceptabilité. La Fabrication d'Aliments à la Ferme (FAF) est porteuse de progrès sur les plans économique et environnemental, mais cette solution requiert des surfaces suffisantes pour la production des aliments et l'épandage des effluents. En outre, les problématiques des émissions de gaz et d'odeurs non réglées avec la seule FAF doivent être résolues par d'autres pratiques identiques à celles étudiées dans le cas type illustré ci-dessus par la matrice E3.1 et le radar E3.1 correspondant, avec donc accroissement des investissements et de la charge d'endettement.

F - L'élevage de volailles de chair

F1 - Eléments de contexte

La viande de volaille est consommée partout dans le monde, elle représente plus du tiers de la consommation totale de viandes et elle progresse au rythme de 2 à 3 % par an. En Europe, la volaille représente un peu moins de 30 % de la consommation de produits carnés, avec de fortes disparités entre pays, mais une tendance générale à la hausse dans un contexte de réduction tendancielle de la consommation totale de viande. Une évolution similaire est observée en France. Dans ce contexte mondial dynamique, les échanges internationaux ont progressé de 7 % par an et ils représentent désormais 12 % de la production mondiale, échanges intra-communautaires non pris en compte. Les principaux exportateurs sont les Etats-Unis et le Brésil, dont la production a explosé depuis le début des années 2000 et qui occupe désormais la première place. La production progresse également dans l'Union Européenne, mais à un rythme moindre (1 % par an), avec de fortes disparités entre pays. La production française, en particulier, est en perte de vitesse ; après le pic observé vers la fin des années 90, à 2,3 millions (M) de tonnes équivalent carcasse (tec), elle stagne maintenant à 1,8 M tec et si le solde des échanges reste encore positif en 2012 (+ 0,13 M tec), il ne cesse de se dégrader. Cette autosuffisance apparente dissimule en fait d'importants écarts entre exportations (+ 0,64 M tec) et « importations » y compris de l'UE (- 0,51 M tec). Ainsi, plus de 40 % des poulets consommés sont importés tandis qu'un peu moins de 50 % des poulets produits sont exportés, majoritairement à destination d'un marché spécifique (Moyen Orient) dépendant du maintien des restitutions. La situation des échanges est plus favorable en dinde mais se dégrade fortement, en lien avec l'effondrement de la production (- 50 % depuis le début des années 2000), la France ayant perdu la position dominante qu'elle occupait au début des années 2000.

L'évolution des modes de consommation mais aussi du pouvoir d'achat a progressivement modifié la forme sous laquelle la volaille était consommée. Au niveau européen, la consommation de poulet prêt à cuire (PAC) a fortement régressé au profit de la découpe ainsi que plus récemment des préparations élaborées. Cette évolution a induit un besoin de « matière première » à très bas prix pour la découpe et la préparation de produits élaborés. Une hyper standardisation des conditions de production de volailles lourdes (poulet en particulier) s'est mise en place dans le bassin avicole du nord de l'Europe (Allemagne du nord et Pays-Bas notamment), la filière française qui n'a pas suivi ce

modèle, subit aujourd'hui un fort différentiel de compétitivité comme illustré par les comparaisons internationales réalisées par le LEI de Wageningen.

Poulet de chair (données 2010)	France	Allemagne	Pays-Bas
Poids vif (g)	1920	2200	2200
Indice de Conversion (IC)	1,80	1,68	1,67
Coût vif (€/kg vif)	0,881	0,842	0,810

La filière française se caractérise au contraire par sa diversification (i) en termes d'espèces : poulet (restant majoritaire), dinde et canard tant à rôtir que gras, espèces de diversification à connotation de plus en plus festive (à l'exemple de la pintade) et (ii) en termes de segments de marché intra-espèce, tant au niveau du standard (coquelet, poulet léger export, standard, lourd...) que des productions sous signes de qualité (poulet certifié, label rouge, AOC, AB...), d'autant qu'à l'intérieur de chacun de ces segments, fournisseurs et distributeurs ont multiplié les références pour tenter d'échapper à la concurrence en créant des produits particuliers. Il en résulte une multiplication de cahiers des charges générant des surcoûts tant à l'amont qu'à l'aval. La filière volaille de chair française est donc pénalisée par un excès de diversification sans réelle différence de produit pour le consommateur final, ainsi que par un positionnement notoirement insuffisant sur le segment porteur de la volaille lourde. Or, paradoxalement, le maintien d'une diversification effective en termes de variété et de qualité de produits avicoles passe par la restauration de la compétitivité du segment standard, les volumes assurés par les productions sous signes de qualité étant clairement insuffisants pour saturer les outils d'amont (aliment du bétail, accoupage) et d'aval (abattage, découpe, transformation) indispensables au bon fonctionnement de la filière.

Le secteur avicole ne bénéficie pas d'organisation commune de marché (OCM) forte à l'échelle communautaire. Les stratégies des entreprises (les organisations de production, OP) sont le principal moteur des évolutions des filières et priment sur les stratégies collectives. La contractualisation est la règle : les OP fournissent les intrants aux éleveurs (poussins, aliment), sont responsables de leur qualité, gèrent les contrats et leviers incitatifs liés (prix de reprise, bonus/malus) et supportent une part variable du risque de marché et de prix (et parfois du risque commun d'élevage). Cette contractualisation génère des conséquences très fortes sur le fonctionnement de la filière. Si le choix de la création, du maintien ou de l'abandon de l'atelier avicole et le choix entre des productions standard ou sous signes de qualité relèvent de la seule stratégie de l'exploitant, les leviers et marges de progrès biotechniques agissant sur le fonctionnement de l'atelier et/ou de l'exploitation se trouvent actionnés dans une large part au niveau des OP donc de la filière (ainsi que dans une moindre mesure au niveau du territoire).

Au plan géographique, la production de volailles de chair est majoritairement localisée en Bretagne et Pays de Loire (soit 63 %), le reste de la production étant assuré de manière relativement répartie dans des régions limitrophes ou plus distantes. L'enquête avicole 2008 souligne le vieillissement de la population d'éleveurs avicoles ainsi que celle du parc de bâtiments, particulièrement en volailles de chair en bâtiments fermés (standard et certifié). L'enquête annuelle ITAVI montre toutefois qu'après une décennie de repli de l'ordre de 2 à 3 % par an, le parc de bâtiments standard et certifié a (modestement) renoué avec la croissance en 2011.

F2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation et de la filière

Pour répondre à ces défis, des leviers à court, moyen et long terme existent à trois niveaux : à l'échelle de l'exploitation, à l'échelle des territoires et à l'échelle de l'interprofession.

A l'échelle de l'exploitation, en production en bâtiment fermé, la consommation d'énergie constitue le premier poste de charges variables, dont 80 % pour le seul chauffage. Des bâtiments d'élevage à énergie positive (produisant plus d'énergie qu'ils n'en consomment) sont en cours de conception. Il s'agit (i) d'abaisser la consommation d'énergie et (ii) de compenser les consommations d'énergie restantes par la production d'énergie renouvelable (échangeurs de chaleur, pompe à chaleur sur circuits d'entrée/sortie d'air, récupération des calories en sous toiture ou sur système de compostage, ou murs solaires).

Concernant la gestion des effluents, l'élevage des volailles au sol (canard à rôtir excepté) est réalisé avec un apport initial de litière (suivi d'ajouts en cas d'élevage d'espèce à cycle long comme la dinde). Les fumiers ainsi obtenus sont riches en matière sèche (de 55 à 75 %), ce qui les rend aisément transportables et accroît leur concentration en éléments fertilisants. Plus de 7 exploitations sur 10 épandent en moyenne 90 % de leurs déjections sur les terres de l'exploitation sans traitement préalable, environ 3 sur 10 épandent en moyenne 80 % des déjections issues de l'atelier avicole sur les terres d'un prêteur, sans réaliser de traitement particulier et 7 % des exploitations épandent sur leurs terres des déjections ayant subi un traitement préalable. Ces différences résultent des disparités de SAU entre exploitations. Les plus spécialisées, disposant de la plus grande surface de poulailler, sont de très petite taille (9 ha, en cas de spécialisation totale), contrairement à celles dont l'atelier avicole constitue une activité de diversification (115 ha, à moins de 25 % des revenus). Le traitement préalable des fumiers facilite les échanges entre exploitations, en particulier à longue distance. Le compostage sans retournement, avec utilisation de souches sauvages de microorganismes sélectionnés sur leur aptitude à se développer sur des milieux peu dégradés (ensemencement par pulvérisation dans le bâtiment ou à la mise en andain) apparaît comme une solution particulièrement adaptée qui limite les émissions de NH₃, tant à l'intérieur du bâtiment que lors du processus de compostage. A noter que le traitement collectif serait de nature à faciliter la gestion des effluents d'élevages en zones à forte densité (particulièrement en ZES). Une production d'engrais organiques standardisés (à priori très riches en phosphore) associée à une valorisation énergétique est envisageable, sur le modèle de la centrale de Moerdijk (Pays-Bas) qui traite l'équivalent d'environ 1/5ème de la production française de fumier de volailles.

L'éleveur est responsable de la mise en œuvre du plan d'élevage et de prophylaxie préconisé par l'OP ainsi que du suivi des pathologies indicatrices de bien-être animal, en lien avec la densité maximale autorisée dans le cas du poulet de chair. De grandes disparités de performances entre éleveurs sont observées, montrant qu'une importante marge de progrès existe. A titre d'illustration, dans le cas du poulet standard, l'enquête 2010/2011 (chambres d'agriculture du Grand Ouest) fait apparaître (à poids vif moyen identique) des différences d'indice de consommation, de taux de pertes ainsi que de charges variables, dont l'addition conduit à des différences de marge brute (par m² de poulailler et par an) de plus de 35 % entre les 25 % meilleurs résultats de poulaillers spécialisés et la moyenne des lots de l'enquête.

Malgré le fait que la fourniture d'aliment par l'OP constitue le cas très général, il existe une fabrication d'aliment à la ferme, notamment en Aquitaine. La fabrication à la ferme est donc susceptible de trouver une place, mais plutôt en situation d'exploitation de grandes cultures détenant un atelier avicole à titre d'activité complémentaire car ce mode de production d'aliment est peu adapté à un objectif d'indice de conversion optimal tel que recherché en aviculture standard. Par contre, il pourrait convenir à une production de volailles sur parcours à croissance lente valorisant des matières premières à faible concentration énergétique et/ou protéique disponibles sur place ou à proximité immédiate.

Le coût de l'équarrissage, désormais supporté par la filière, est important du fait du transport, de la logistique et des contraintes d'incinération ou de stérilisation sous pression. La faisabilité du compostage d'animaux entiers a été démontrée pour les différentes espèces d'élevage. Le procédé consiste à réaliser un mélange de cadavre dans un agent structurant (sciure ou paille) dans des proportions qui garantissent la dégradation des cadavres avec une phase d'élévation de température assurant un niveau d'abattement satisfaisant de la concentration en agents pathogènes. A l'issue de ce processus qui s'étale sur plusieurs mois, un produit stabilisé est obtenu. Sa valeur fertilisante est importante, mais son épandage n'est pas envisageable, la seule issue restant l'incinération compte tenu du niveau d'exigences requis par l'EFSA. L'autorisation de composter des cadavres à la ferme (porcs et volailles) a pourtant été accordée dans de

nombreux états des Etats- Unis ou provinces du Canada, moyennant certaines restrictions relatives à la formation des utilisateurs, aux dispositifs et/ou à l'épandage du produit obtenu.

A l'échelle des territoires et des filières, plusieurs marges de manœuvre et de progrès existent. Considérés individuellement, les choix d'objectifs de production, de types génétiques et des formules d'aliment qui leur correspondent ont donné lieu à de nombreuses voies d'amélioration.

- En production standard, l'âge et le poids à l'abattage sont choisis en fonction des objectifs de production. Dans une perspective d'accroissement de la découpe, il est possible d'alourdir le poids d'abattage par allongement de la durée d'élevage et en recourant davantage à des souches lourdes (poulet et dinde), ce qui accroît le rendement en filet sans altération du rendement technologique de la viande. En production sous signe de qualité, par contre, l'âge à l'abattage est contraint par les cahiers des charges ;
- En production standard, les entreprises de sélection sont d'envergure internationale et proposent des souches adaptées à la gamme d'objectifs de production les plus courants. En poulet, les souches standard utilisées en France sont le plus souvent issues de reproductrices nanifiées, ce qui réduit le coût de production du poussin mais leur procure un léger désavantage en matière de croissance et de poids vif. Pour les besoins spécifiques des productions sous signes de qualité, des souches colorées à croissance lente (issues de souches nanifiées, dans le cas du poulet) sont fournies par les sélectionneurs français pour les différentes espèces de chair. Dans une perspective d'itinéraire d'élevage de type extensif, la sélection de volailles de chair aptes à digérer plus efficacement des matières premières de moindre qualité apparaît comme une voie complémentaire, sur le modèle expérimenté par l'Inra (lignées à digestibilité contrastée D+ / D-) ;
- En matière de formulation alimentaire, de nombreuses améliorations ont permis de réduire l'impact environnemental, notamment les rejets d'azote, phosphore et éléments trace métalliques, ainsi que la consommation de phosphate minéral. Conjuguée à l'amélioration des performances zootechniques, cette optimisation de la formulation alimentaire a conduit à une réduction très significative des rejets d'azote et de phosphore sur la décennie 1996/2006, entérinée par les recommandations 2006 du CORPEN (à nouveau en cours de révision).

L'optimisation de la combinaison de ces trois leviers constitue une autre voie d'amélioration des performances de la filière. Pour restructurer la gamme tout en la rendant plus compétitive, deux voies opposées mais complémentaires en termes d'intensification pourraient être suivies :

- En volaille standard, alourdir les poids d'abattage et les rendements en viande en massifiant et en standardisant la production : allongement de la durée d'élevage ; recours à des souches lourdes ; restructuration de l'accoupage (qualité et viabilité des poussins) ; recours à des aliments de plus forte concentration énergétique et protéique ;
- En production sous signes de qualité, améliorer la rentabilité sans nuire à la qualité : utilisation d'aliments moins coûteux (élaborés à partir de matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique) ; recours à des souches à croissance lente sélectionnées sur leur aptitude à digérer ce type de ration, à vitesse de croissance constante.

Le choix du triptyque « conduite d'élevage, génétique et alimentation » relève majoritairement de l'OP qui a un rôle de coordination et de construction de la performance globale de la filière. Toutefois, si la filière volailles de chair est intégrée, elle est insuffisamment optimisée. Chaque maillon cherche à produire au moindre coût (accoupage, aliment, abattage transformation) d'où un relatif nivellement par le bas qui limite les performances des autres maillons. La recherche d'une meilleure plus-value globale au niveau de l'ensemble de la filière serait donc préférable, sur le modèle du bassin de production du nord de l'Europe, ce qui pose le problème de la répartition des marges. Les taux de rentabilité des maillons centraux (éleveurs et entreprises d'abattage découpe) sont très bas ou négatifs depuis de nombreuses années, contrairement aux industries d'amont et aval qui sont mieux loties.

Au niveau de la filière, la restauration de la compétitivité de la filière volailles de chair passe par davantage de concertation à profit partagé entre les différents niveaux de la filière et entre la filière et la distribution. L'amélioration des interactions entre les maillons de la filière passe par des actions à deux niveaux. Un premier niveau concerne la stratégie des entreprises (OP) en incitant d'une part à la performance maximale à chaque maillon plutôt que la recherche du coût le plus bas pénalisant ainsi les maillons dépendants, et d'autre part au renouvellement des outils industriels d'amont (accoupage) et d'aval (transport, abattage, transformation) dont certains sont en limite de vétusté. Un second niveau concerne la mise en place d'une dynamique collective passant par la création d'une interprofession volaille de chair unique, de façon à définir et mettre en place une stratégie collective de promotion de la volaille française dans sa diversité ainsi qu'une concertation avec l'aval de la filière. La mise en place d'une gestion collective des effluents pourrait également relever d'une telle dynamique collective.

La réduction de l'hyper-segmentation (multiples cahiers des charges pour un même segment de produit) ne peut passer que par une entente nationale avec l'aval. La GMS pourrait y trouver son compte, la tendance à la réduction de la taille moyenne des magasins n'étant pas favorable à la démultiplication des gammes. Le contenu des cahiers des charges à élaborer sur la base d'un catalogue national est un autre chantier à ouvrir (réincorporation des graisses animales...). Quant à la question cruciale des modalités de gestion et de répercussion de la volatilité des prix des matières premières végétales, elle pourrait y être abordée mais d'autres filières sont également concernées.

En conclusion, l'aviculture de chair française doit faire face à un double défi : consolider la compétitivité produit qui fait sa force et son originalité, tout en restaurant sa compétitivité prix. Cette stratégie pourrait passer par deux voies opposées mais complémentaires : un positionnement sur le créneau porteur de la volaille lourde et une réduction du coût de production des volailles sous signes de qualité. De nombreux besoins de recherche, R&D et transfert subsistent concernant l'ensemble des leviers biotechniques déterminant les performances des exploitations et leurs modalités d'articulation pour une efficacité maximale de la filière volailles de chair. Certains thèmes apparaissent comme particulièrement importants, au niveau du fonctionnement des ateliers avicoles : mettre au point un modèle de bâtiment avicole de chair innovant, à la fois économe et producteur d'énergie ; élaborer un modèle de filière « alternative » privilégiant l'utilisation de matières premières largement disponibles mais à faible concentration énergétique et/ou protéique valorisées par des types génétiques à croissance lente aptes à les utiliser au mieux.

Pour illustrer la mise en œuvre de ces différents leviers possibles pour viser la double performance, nous présentons ci-après deux cas : (i) une exploitation spécialisée en poulet standard « lourd » et (ii) une exploitation qui choisit la voie de la diversification des produits en considérant un atelier de poulet « alternatif » à croissance lente dans une exploitation de polyculture-élevage.

F3 - Etudes de cas

F3.1 - Cas d'une exploitation spécialisée en poulet standard « lourd » (cf. Matrice F3.1 et Radar F3.1)

Cette exploitation est de très petite taille (surface) et est située en zone à forte densité animale ; elle a opté pour la spécialisation avicole totale en contractualisant avec une Organisation de Producteurs (OP) pour produire du poulet standard lourd à faible coût de revient destiné à la découpe / transformation. Des souches de poulet lourd et une gamme d'aliments adaptés lui sont fournies par l'OP avec garantie de reprise des volailles finies. La marge « poussin aliment » est indexée sur les performances techniques de l'éleveur. Ce dernier s'est donc engagé dans l'agrandissement et la modernisation de ses bâtiments d'élevage pour minimiser les coûts énergétiques et maîtriser les conditions d'ambiance, donc le statut sanitaire de ses lots en élevage. Le tonnage de fumier produit excédant très largement la capacité de réception de l'exploitation, l'éleveur a choisi de recourir au

compostage pour faciliter l'exportation à moyenne distance de ses fumiers, tout en limitant les nuisances environnementales (odeurs) généralement associées aux transferts d'effluents.

Les objectifs de l'exploitant sont proches de ceux d'un éleveur de porcs intensif disposant de peu de surfaces (tel que décrit dans le cas type précédent E3.1), à la différence près que le choix de certaines des pratiques élémentaires (alimentation, génétique, etc.) n'est pas réalisé par l'éleveur lui-même mais au niveau de l'OP, sur la base d'une optimisation du fonctionnement de la filière, notamment au niveau du triptyque conduite d'élevage x génétique x alimentation. Les objectifs recherchés sont souvent mis en œuvre *via* la conjonction de plusieurs pratiques dont il convient de noter que certaines ne sont pas encore pleinement opérationnelles (bâtiments producteurs nets d'énergie notamment) :

- Maîtrise des coûts énergétiques et de l'ambiance par recours à des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie (isolation, étanchéité, optimisation des équipements consommateurs, etc.) d'une part, producteurs d'énergie (échangeurs et pompes à chaleur, récupération d'énergie solaire ou calorique, etc.) d'autre part ;
- Amélioration des performances productives des animaux (poids vif, indice de consommation, rendement en filet, etc.) par recours à des souches lourdes abattues un peu plus tardivement que les souches plus traditionnelles. L'accoupage est également devenu plus efficient suite à sa restructuration et à sa modernisation. La qualité des poussins livrés s'en trouve améliorée du fait d'une plus grande homogénéité des lots d'œufs mis en incubation, laquelle résulte d'une plus grande homogénéité des cheptels reproducteurs en amont ;
- Réduction des rejets des animaux en limitant les teneurs en protéines des aliments par la mise en œuvre d'une alimentation multi-phases (démarrage, croissance et finition), ajustée en fonction des besoins des poulets et donc diminuant progressivement avec leur poids ; cette alimentation multi-phases est associée à l'utilisation d'acides aminés de synthèse pour assurer les apports d'acides aminés indispensables tout en réduisant les apports d'acides aminés non limitants d'origine végétale, pour baisser encore la teneur en protéines. L'aliment est également complété avec des phytases pour améliorer l'utilisation des phosphates phytiques des matières premières végétales et réduire d'autant la complémentation minérale ;
- Amélioration de la gestion des effluents par recours au compostage, après ensemencement préalable par pulvérisation dans le bâtiment de façon à limiter les pertes d'ammoniac et les retournements ultérieurs après mise en andain.

Le système ainsi défini (cf. Matrice F3.1 et Radar F3.1) permet d'accroître les quantités produites (par mètre carré de poulailler par an) *via* le recours à une génétique plus productive et à un accoupage plus efficient. C'est également le cas pour la qualité, mais avec une marge d'incertitude.

L'endettement est fortement accru suite aux investissements réalisés en matière de bâtiments pour optimiser la consommation énergétique et, dans une moindre mesure par la mise en place du compostage.

La tendance à la réduction des charges variables est assortie d'une très forte incertitude, la valeur moyenne affichée résultant d'une addition d'écarts favorables ou au contraire défavorables selon les différentes pratiques mises en œuvre : l'optimisation de la formulation alimentaire génère des économies significatives, de même que les choix énergétiques réalisés au niveau du bâtiment ou la meilleure qualité des poussins résultant d'un gain d'efficience de l'accoupage ; l'impact du choix d'une génétique plus productive prête à discussion car même si, de manière générale, ce choix est assorti d'un accroissement des charges variables en contrepartie de rendements supérieurs, dans le cas présent, il devrait plutôt se traduire par une réduction des charges du fait de l'amélioration attendue de l'indice de conversion alimentaire ; le recours au compostage, par contre, accroît indéniablement les charges variables, en particulier celles de mécanisation. Enfin, il convient de remarquer que dans le cas-type présenté, en situation de contractualisation de la production, les

Matrice F3.1 : Exploitation spécialisée Poulet standard « lourd »

		Production		Economie									
				Rentabilité		Soldes de Gestion				Robustesse			Transmissibilité
Métapratiq	Sous- pratique	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	=	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des acides aminés de synthèse	=	=/+	+/-	=-/	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	=	=	=
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie (isolation, étanchéité, échangeurs de chaleur...)	=	=	+	+	+	+	=-/	+	+	=	=-/	+
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases	=	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=	=
Gestion des effluents	Pratiquer le compostage	=	=	=-/	-	=-/	=-/	-	=-/	-	=/+	-	=
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal	+	=-/	-	-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	=	=	=
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements producteurs d'énergie (hors méthanisation)	=	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=-/	+	=-/	+	-	+
Conduite d'élevage	Accroître l'efficacité de l'accoupage	+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=

		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
Métapratiq	Sous- pratique	Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	=	+	+	=	=	=	=	=	+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des acides aminés de synthèse	=	+	+	=	=	=	=	=	+	=	=	=
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie (isolation, étanchéité, échangeurs de chaleur...)	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases	=	+	=	+	=	=	=	=	=	=	+	=
Gestion des effluents	Pratiquer le compostage	=-/	-	=	=	+	+	+	=/+	+	=	+	=
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal	+	+	=/+	=/+	=	=	=	=/+	+	=	+	-
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements producteurs d'énergie (hors méthanisation)	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Conduite d'élevage	Accroître l'efficacité de l'accoupage	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+

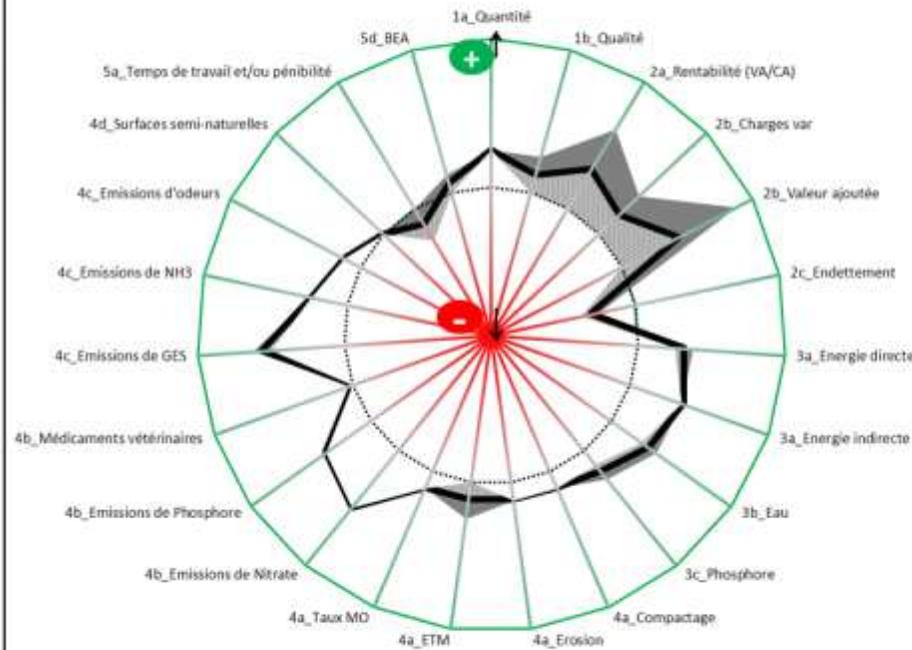
		Environnement								Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas
		Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal	
Métapratiq	Sous- pratique	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	+	+	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=-/
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des acides aminés de synthèse	+	+	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=-/
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie (isolation, étanchéité, échangeurs de chaleur...)	+	=	=	=	=	=	=	=	=-/	=	=/+	+
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+
Gestion des effluents	Pratiquer le compostage	=-/	-	+	=	=	=	=	+	-	=	=	=/+
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	-	-
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements producteurs d'énergie (hors méthanisation)	+	=	=	=	=	=	=	=	=-/	=	=	+
Conduite d'élevage	Accroître l'efficacité de l'accoupage	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+	=

Radar F3.1 Exploitation spécialisée Poulet standard « lourd »

- **Gestion des bâtiments d'élevage**
 - Utiliser des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie (isolation, étanchéité, échangeurs de chaleur...)
 - Utiliser des bâtiments et équipements producteurs d'énergie (hors méthanisation)
- **Gestion des effluents**
 - Pratiquer le compostage
- **Gestion de l'alimentation animale**
 - Limiter les teneurs en protéines des aliments
 - Utiliser des acides aminés de synthèse
 - Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases
- **Gestion de la génétique animale**
 - Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal
- **Conduite d'élevage**
 - Accroître l'efficacité de l'accoupage

Objectif de l'exploitant :

- Optimiser la production de poulet de chair sur une exploitation de petite taille
- Réduire les coûts énergétiques en recourant à des bâtiments quasi-autonomes en énergie
- Exporter des fumiers après recours au compostage



Légende :

- Moyenne supérieure
- Médiane
- Moyenne inférieure
- ⊕ Variation favorable
- ⋯ Situation initiale
- ⊖ Variation défavorable

Nombre de pratiques soumises à l'aléa

3 1 4

- = +

Freins et difficultés:

- ✓ Importance des investissements à réaliser
- ✓ Nécessité de disposer d'un contrat adapté avec une Organisation de Production

coûts de poussin et d'aliment, qui représentent presque 80 % du coût de production primaire des poulets, ne sont pas supportés directement par l'éleveur mais par l'OP qui les lui fournit, le chiffre d'affaires effectif de l'exploitant étant constitué de la marge « poussin aliment » (indexée cependant sur les résultats techniques).

L'amélioration des soldes de gestion telle qu'illustrés ici doit donc être modulée en prenant en compte ces particularités de la filière volailles de chair, d'autant qu'ils sont assortis d'une marge d'incertitude considérable. D'une manière générale, les soldes de gestion tendent à évoluer selon les mêmes tendances (et pour les mêmes motifs) que les charges variables. Le revenu (RCAI) est négativement impacté par le poids des investissements réalisés au niveau des dispositifs d'économie et de production d'énergie des bâtiments.

La consommation directe et indirecte d'énergie est réduite sous l'effet des pratiques mises en œuvre, notamment la formulation alimentaire et la gestion énergétique des bâtiments ; seul le compostage conduit à une relative dégradation de la consommation directe d'énergie, en lien avec les opérations de retournement et de transport requises. La consommation de phosphore et d'eau de boisson tend également à diminuer, grâce à l'optimisation de la formulation alimentaire et au choix d'une génétique favorisant la performance productive.

Ces mêmes pratiques induisent une réduction des émissions de nitrate, de phosphore, de GES et, dans une moindre mesure, d'ammoniac. Les effets du recours au compostage vont dans le même sens, émissions d'ammoniac exceptées.

L'utilisation, donc les rejets, de produits vétérinaires est probablement accrue, le recours à une génétique privilégiant la performance productive (alliée à une gestion tendue de l'itinéraire d'élevage) l'emportant sur l'amélioration de la qualité et de la viabilité des poussins.

Par contraste avec les évolutions plutôt favorables qui précèdent, le temps de travail tend à s'accroître avec le recours au compostage ainsi que, dans une moindre mesure et avec une marge d'incertitude, du fait des besoins de pilotage des dispositifs énergétiques associés au bâtiment. Seul le choix génétique est susceptible d'impacter favorablement le temps de travail, mais à volume de production identique seulement, alors qu'un accroissement de celui-ci est attendu.

Le bien-être animal évolue peu, du moins en apparence, les effets favorables de l'efficacité de l'accoupage et d'une meilleure ambiance en bâtiments étant contrebalancés par le choix d'une génétique plus productive.

Enfin, en termes de sensibilité aux aléas, l'impact favorable des choix en matière de bâtiment sont contrebalancés, du moins pour partie, par ceux relatifs à la maximisation de la performance (formulation alimentaire au plus juste, génétique productive).

F3.2 - Cas d'un atelier de poulet « alternatif » à croissance lente dans une exploitation de polyculture -élevage (cf. Matrice F3.2 et Radar F3.2)

Cette exploitation dispose de surfaces importantes et est située en zone de polyculture - élevage à dominante grandes cultures et à faible densité animale. Elle produit des matières premières végétales utilisables pour l'alimentation des volailles (céréales fourragères) et peut s'approvisionner localement en coproduits végétaux (tourteaux d'oléagineux). L'atelier avicole constitue une activité de diversification qui permet de valoriser des produits végétaux de l'exploitation tout en réalisant des économies d'engrais de synthèse par le retour au sol des effluents. L'exploitant a donc opté pour la fabrication d'aliments à la ferme, sans rechercher une trop grande sophistication en termes de formulation et/ou de traitement technologique. Son choix s'est en effet porté sur un atelier de production avicole sous signe de qualité de type peu intensif : âge à l'abattage tardif, aliment à plus faible concentration énergétique et protéique que le poulet standard, types génétiques à croissance

lente aptes à valoriser ce type d'aliment, animaux sur parcours. Les bâtiments sont simples. La surface de l'exploitation permet l'épandage direct des fumiers sur les cultures (d'autant qu'une partie des déjections est produite sur parcours), les surplus éventuels trouvant aisément preneur dans les exploitations voisines. L'agriculteur considéré est sous contrat avec une OP ; il bénéficie ainsi de la reprise garantie des volailles finies, *via* un type de contrat qui lui permet de rester propriétaire des animaux et d'assurer lui-même sa production d'aliments.

Les objectifs visés, et donc les pratiques et combinaisons de pratiques mises en œuvre, diffèrent sensiblement de ceux / celles d'un aviculteur spécialisé en situation d'intégration et situé en zone à forte densité animale. Par ailleurs, contrairement au cas type précédent, le choix des pratiques incombe majoritairement à l'exploitant, quoique dans les limites du cahier des charges conditionnant toute production sous signe officiel de qualité. Comme pour le cas type précédent, certaines des pratiques ici envisagées ne sont pas encore pleinement opérationnelles (notamment les souches de poulets aptes à valoriser des aliments à faible concentration énergétique et protéique).

Les pratiques mises en œuvre sont les suivantes :

- Adaptation de l'itinéraire d'élevage aux contraintes du cahier des charges du signe de qualité, supposé ici de type label rouge : allongement de la durée d'engraissement pour respecter l'âge minimum à l'abattage (81 jours) ; accroissement de la surface disponible par animal avec mise à disposition de parcours (accessible à compter d'un âge de 6 semaines maximum) ; choix de types génétiques colorés à croissance lente, privilégiant la robustesse des animaux ; dans le cas présent, la croissance lente devra s'accompagner d'une aptitude à digérer les aliments à faible concentration énergétique et protéique ;
- Valorisation des céréales et coproduits disponibles sur l'exploitation ou au voisinage, *via* une utilisation accrue de matières premières à moindre concentration énergétique et protéique. Les aliments destinés aux animaux sont produits directement sur la ferme suite à la création d'un atelier de fabrication ;
- Réduction des rejets azotés des animaux en limitant la teneur en protéines des aliments *via* la mise en œuvre d'une alimentation multi-phases (nécessitant la fabrication de trois types distincts d'aliments). L'épandage direct des fumiers sur les terres de l'exploitation et la réalisation d'échanges avec les exploitations voisines permet de valoriser au mieux les éléments fertilisants contenus dans les effluents animaux.

Ce système très peu intensif en regard de la production de volailles de chair standard impacte (Matrice F3.2 et Radar F3.2) négativement les quantités produites de volailles ; même si le niveau de cette performance apparaît peu modifié en moyenne, en pratique, s'agissant du tonnage annuel de volailles finies, il se réduit fortement sous l'effet de l'allongement très significatif (doublement) de la durée d'élevage. Par contraste, la qualité, notamment organoleptique, des produits est incontestablement améliorée.

L'endettement est fortement accru du fait de la création d'un atelier de fabrication d'aliments à la ferme. A l'inverse du cas général prévalant dans d'autres filières, l'allongement de la durée d'élevage et l'augmentation de l'espace alloué aux animaux (parcours) ne se traduisent pas par un besoin additionnel d'investissements, les bâtiments étant d'une conception simplifiée.

Les charges variables sont réduites de façon significative, avec néanmoins une très forte incertitude. La consommation globale d'aliments est certes significativement accrue rapportée au tonnage annuel de volailles produites du fait du cycle d'élevage long, mais le coût de cet aliment est réduit au maximum du fait du recours à des matières premières à faible concentration énergétique et protéique et en partie autoproduites, de même que par la limitation simultanée de la teneur en protéines grâce à l'alimentation multi-phases.

Matrice F3.2 : Atelier Poulet « alternatif » à croissance lente dans une exploitation de polyculture

		Production		Economie									
				Rentabilité	Soldes de Gestion				Robustesse				Transmissibilité
Métapratique	Sous- pratique	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité
Conduite d'élevage	Allonger la durée d'engraissement	-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	=	-	-
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux	=/+	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Accroître l'utilisation de matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique	=/-	=/-	=/+	+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Produire des aliments à la ferme ou issus de fermes voisines	=/-	=	=/+	+	=/+	=/+	-	-	+	=	-	+/-
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	=	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion de la santé et du bien-être animal	Accroître la surface disponible par animal pour l'expression des comportements naturels (activités physique et sociale)	=/+	+	=/+	=/-	=/+	=/+	+/-	=/+	+/-	=	-	=
Gestion des effluents	Réaliser des échanges d'effluents entre exploitations voisines	=	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	+

		Ressources naturelles fossiles			Environnement								
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
Métapratique	Sous- pratique	Réduire la consommation d'énergie directe	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Conduite d'élevage	Allonger la durée d'engraissement	+/-	+/-	-	=	=	=	=	=	+/-	=	=	+/-
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+
Gestion de l'alimentation animale	Accroître l'utilisation de matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique	=	+/-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Produire des aliments à la ferme ou issus de fermes voisines	-	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	=	+	+	=	=	=	=	=	+	=	=	=
Gestion de la santé et du bien-être animal	Accroître la surface disponible par animal pour l'expression des comportements naturels (activités physique et sociale)	-	=/+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=/+
Gestion des effluents	Réaliser des échanges d'effluents entre exploitations voisines	+	+	=	=	=	=	=	+	=	=	+	=

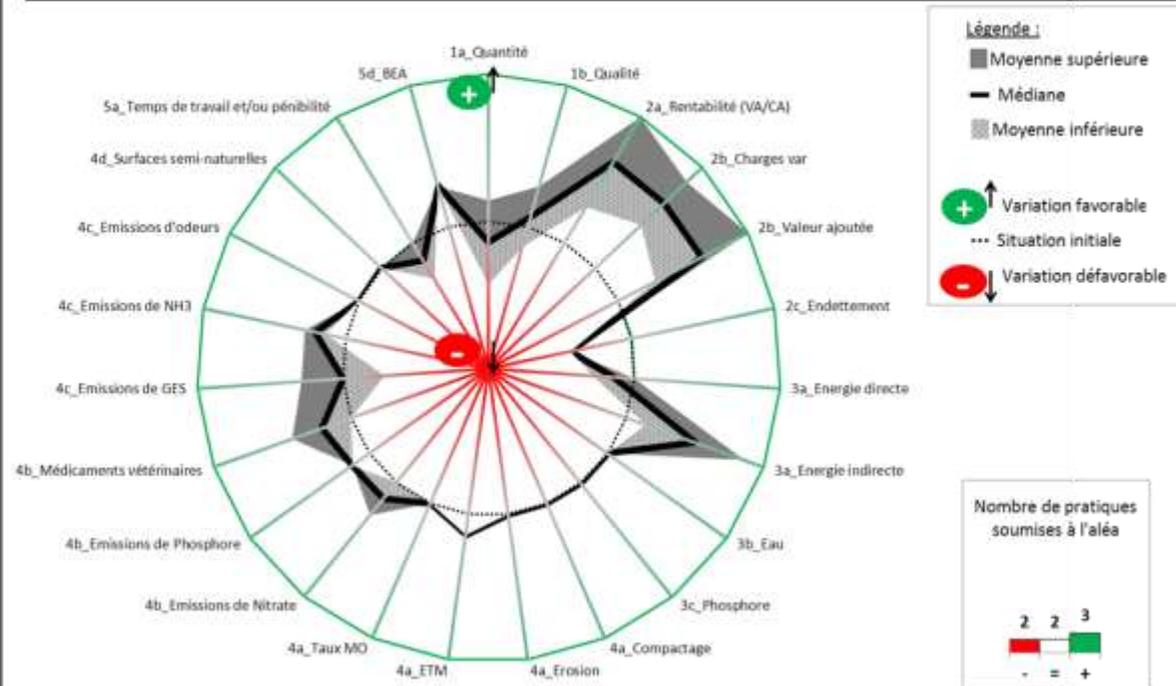
		Environnement								Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas
		Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal	
Métapratique	Sous- pratique	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Conduite d'élevage	Allonger la durée d'engraissement	-	+	=	=	=	=	=	=	+/-	=	=	=/+
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux	=	=	=	=	=	=	=	=	+	=	+	+
Gestion de l'alimentation animale	Accroître l'utilisation de matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique	=/-	=/+	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Produire des aliments à la ferme ou issus de fermes voisines	=/-	=	=	=	=	+	=	=	-	=	=	+
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	+	+	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=/-
Gestion de la santé et du bien-être animal	Accroître la surface disponible par animal pour l'expression des comportements naturels (activités physique et sociale)	=/+	-	=	=	=	=	=	=	-	=	+	=
Gestion des effluents	Réaliser des échanges d'effluents entre exploitations voisines	=/+	=	=	=	=	=	=	=	-	=	=	=/-

Radar F3.2 Atelier Poulet « alternatif » à croissance lente dans une exploitation de polyculture

- **Gestion des effluents**
 - Réaliser des échanges d'effluents entre exploitations voisines
- **Gestion de la santé et du bien-être animal**
 - Accroître la surface disponible par animal pour l'expression des comportements naturels (activités physique et sociale)
- **Gestion de l'alimentation animale**
 - Limiter les teneurs en protéines des aliments
 - Accroître l'utilisation de matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique
 - Produire des aliments à la ferme ou issus de fermes voisines
- **Gestion de la génétique animale**
 - Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux
- **Conduite d'élevage**
 - Allonger la durée d'engraissement

Objectif de l'exploitant :

- Valoriser des matières premières à faible concentration énergétique et/ou protéique produites sur l'exploitation ou à proximité
- Compenser les faibles performances zootechniques par une meilleure valorisation des produits (sous Label Rouge)
- Limiter les investissements en bâtiment pour permettre la création d'un atelier de fabrication d'aliment à la ferme (FAF)



Freins et difficultés:

- ✓ Importance des investissements à réaliser
- ✓ Accroissement de la charge de travail

Ces deux pratiques réduisent donc l'écart de coût alimentaire par kilogramme vif produit, mais en partie seulement relativement à la production de volailles standard. De ce fait, l'amélioration apparente des soldes de gestion, entachés eux aussi d'une très forte incertitude, est à relativiser. La valorisation plus élevée des volailles produites sous signe de qualité compense cependant en partie l'augmentation des charges alimentaires. Le RCAI, est impacté négativement par le poids des investissements réalisés au niveau de l'atelier de fabrication d'aliments à la ferme.

L'impact sur les performances liées à la consommation de ressources fossiles apparaît contrasté. La consommation directe d'énergie augmente du fait de la fabrication d'aliments à la ferme¹⁷. La consommation indirecte d'énergie est réduite, avec cependant une forte incertitude ; le poste alimentation tend à l'accroître du fait de la surconsommation d'aliments liée à l'allongement du cycle de production, cet allongement l'emportant sur les pratiques visant à réduire la teneur des aliments en protéines et/ou à maximiser l'usage de matières premières disponibles sur l'exploitation et ce, même si la pratique de l'épandage a un impact favorable (réduction) sur la consommation indirecte d'énergie.

S'agissant de la consommation d'eau, l'impact défavorable de l'allongement de la durée d'élevage l'emporte largement sur celui de la réduction de la teneur en protéines des aliments. La consommation de phosphore est en revanche réduite du fait de l'utilisation directe du fumier de volailles, certes déséquilibré mais constituant un réel « gisement » de phosphore de source biologique.

L'utilisation des fumiers et les échanges entre exploitations ont un impact favorable (réduction) sur les émissions de nitrate et de phosphore, en dépit de l'allongement de la durée d'engraissement qui accroît les rejets (ce dernier effet est en partie limité par la baisse de la teneur en protéines des aliments).

Les effets sur les émissions de GES sont incertains. Par la surconsommation d'aliments qu'il génère, l'allongement de la durée d'engraissement impacte défavorablement les émissions de GES et l'emporte sur la simple réduction de la teneur en protéines de l'aliment ; par contraste, l'épandage des fumiers à courte distance du lieu de production impacte favorablement les émissions. Les émissions d'ammoniac sont réduites du fait notamment d'une moindre présence des animaux en bâtiments. L'utilisation de produits vétérinaires diminue également (animaux robustes, surfaces disponibles, etc.).

L'impact global du système sur le temps de travail apparaît neutre mais avec une marge d'incertitude importante du fait d'impacts contraires de plusieurs pratiques. La fabrication d'aliments à la ferme accroît la charge de travail ; mais la plus grande robustesse des types génétiques utilisés alliée à l'allongement de la durée d'élevage contribuent à réduire le temps travail, au minimum sa pénibilité (conduite des animaux moins pointue, moindres problèmes sanitaires, etc.). Le bien-être des animaux est clairement amélioré (animaux robustes, surfaces disponibles, etc.). Il en est de même de la résistance aux aléas, le système étant globalement plus résilient, y compris *via* la capacité de fabrication d'aliments sur l'exploitation. Au final, bon nombre des performances de ce système sont difficiles à anticiper du fait des effets souvent contraires des différentes pratiques mises en œuvre sur les performances.

¹⁷ Ce qui n'est pas le cas de l'accroissement de la surface disponible qui, dans le cas présent (parcours), ne génère aucune consommation additionnelle et tend même à la réduire.

G - Conclusion

Ces études de cas suggèrent que la double performance, économique et environnementale, est possible pour les différentes orientations productives ; il serait plus exact de parler de quadruple performance dans la mesure où, en plus des performances économique et environnementale, les systèmes illustrés permettent aussi de maintenir, voire d'améliorer, les performances en matière de production (même si cette dernière peut évoluer dans sa composition) et d'économies d'utilisation de ressources naturelles non renouvelables. Dans ce contexte, on insistera bien sur le fait qu'il ne s'agit ici que d'illustrations, i.e., de cas type, au sein d'un ensemble des possibles plus large¹⁸ : la solution à la multi-performance n'est pas unique et selon les conditions propres à chaque exploitation et/ou liées au contexte géographique, pédoclimatique, économique local et global, etc., la voie de progrès multi-critères retenue pourra être, et sera plus que vraisemblablement, différente¹⁹. Cette diversité des solutions est la fois un atout (selon les priorités d'action et/ou les choix de l'agriculteur, ce dernier pourra opter pour telle ou telle évolution et rupture) et une faiblesse qui de fait limite le champ des possibles locaux en fonction des contraintes propres à chaque exploitant²⁰ (position dans le cycle de vie, compétences techniques et économiques, structure du parcellaire, etc.) et à chaque exploitation (dépendance au milieu physique, climatique, économique, etc.).

La multi-performance n'ira donc pas de soi. Elle ne verra le jour à grande échelle, au-delà des niches, que si les références sur les systèmes doublement performants sont disponibles et actualisées au fur et à mesure des progrès de la recherche et de la connaissance, l'agro-écologie mieux prise en compte dans les formations initiale et continue, les agriculteurs prêts au changement accompagnés dans leur démarche par un conseil renouvelé et pertinent, stratégique et au fil de l'eau, multidimensionnel, pour ne pas dire systémique, et déconnecté de la dispensation des intrants, enfin les résistances au changement au niveau des exploitants agricoles, de leur aval et de leur amont, levées par des incitations innovantes possiblement complétées par la réglementation.

Dans cette perspective, on notera que, contrairement à une idée parfois véhiculée, ce n'est pas tant en termes de performances économiques versus environnementales qu'il y a un trade-off, mais plutôt en termes, d'un côté de performances économiques et environnementales, et, de l'autre, de charge de travail et de coûts d'investissement / d'endettement. De ce constat découle la conséquence immédiate qu'une attention particulière doit être portée aux moyens permettant aux agriculteurs de faire face à l'augmentation de la charge de travail, de sa complexité et de sa technicité, et à l'accroissement des coûts d'investissement et des charges d'endettement.

Le déploiement de systèmes de production à hautes performances exige une maîtrise parfaite, non seulement de pratiques très souvent plus exigeantes en temps d'observation, d'analyse et d'intervention, mais aussi de la combinaison des différentes pratiques qu'il s'agit d'associer au mieux pour obtenir, par addition d'effets partiels, une efficacité équivalente aux pratiques et techniques plus simples que ces pratiques mises en œuvre conjointement remplacent. Dit autrement, la multi-performance exige une technicité accrue de la part des agriculteurs ; il s'agit là, possiblement, d'un frein à court terme ; c'est un atout à moyen et plus long terme car de fait, il s'agit essentiellement d'une forme renouvelée du progrès en agriculture davantage centrée sur la

¹⁸ L'ensemble des possibles est néanmoins plus faible pour les élevages de monogastriques.

¹⁹ A titre d'illustration de cette diversité des solutions, le lecteur notera que les cas type considérés correspondent à une résolution rapide (court terme) des problèmes environnementaux, choix qui conduit à peu mobiliser les infrastructures agro-écologiques dont les bénéfices environnementaux ne s'expriment qu'avec un certain délai. Dans une même perspective, n'ont pas été considérées au niveau de ces cas type des solutions nécessitant la création de nouveaux marchés de biens (cultures de diversification) ou de services (services environnementaux ou territoriaux).

²⁰ Contraintes propres à chaque exploitant qui peuvent conduire ces derniers à des choix certes sous-optimaux, mais qui leur sont propres.

connaissance et la maîtrise des processus physiques, biologiques et écologiques, ceci sans négliger les autres formes du progrès et notamment celles portées par les nouvelles technologies de l'information et de la communication. Loin d'être antinomiques, l'agro-écologie et l'écologie industrielle sont deux facettes complémentaires au service d'une même ambition, une agriculture française à hautes performances.

CHAPITRE 3

SYSTÈMES AMÉLIORÉS OU CONSTRUITS PAR APPROCHES VIRTUELLES

CHAPITRE 3	Systèmes améliorés ou construits par approches virtuelles	140
A - L'entrée par système existant.....		140
B - L'entrée par pratique		152
C - L'entrée par performance		160
D - Limites, potentiels et perspectives du système expert		169

CHAPITRE 3

Systèmes améliorés ou construits par approches virtuelles

A - L'entrée par système existant

Une des utilisations possibles de cet outil consiste à sélectionner les pratiques qui définissent *a priori* un système de production dont on souhaite connaître les impacts sur les différentes performances de l'exploitation. Cette sélection des pratiques peut se faire soit au travers de la représentation que l'utilisateur se fait du système en question, soit à partir d'enquêtes qui permettent de mieux le caractériser. La liste des pratiques proposées dans cet outil n'étant pas exhaustive, il a été construit de manière assez souple pour permettre l'ajout de nouvelles pratiques.

Nous présentons ci-dessous les résultats de trois systèmes pour lesquels nous connaissons les principales pratiques à sélectionner, sur la base d'études de cas décrites dans les revues professionnelles agricoles. Le niveau de référence utilisé pour la comparaison de ces systèmes correspond à une situation où les pratiques identifiées ne sont pas mises en œuvre. Les niveaux de performances potentiels de ces trois systèmes, l'un faisant référence à l'Agroforesterie, le second à la production de porcs sur paille et le dernier à un système laitier herbager autonome, sont représentés sous la forme de radars.

A1 - Cas d'une exploitation de grande culture en Agroforesterie

Les systèmes agroforestiers consistent en l'association sur une même parcelle de deux strates de végétation, respectivement herbacée et arborée, qui le plus souvent ont l'une et l'autre une vocation productive plus ou moins décalée dans le temps. Trois principales formes sont recensées dans le monde : la plantation d'arbres espacés (à faible densité par rapport à une situation de non-association) au sein de parcelles agricoles relevant des cultures annuelles ou pérennes, voire des prairies ; le sylvopastoralisme ; et les cultures en clairières résultant d'un éclaircissage de forêts préexistantes. Dans ce qui suit nous nous situons dans la première catégorie, considérée ici en tant que voie d'évolution envisageable pour des systèmes de production exclusivement agricoles au départ. Cette catégorie présente elle-même de très nombreuses variantes : plantations de bois précieux en association avec des cultures d'hiver, associations de noyers à faible densité avec des céréales, et par extension association de vergers avec des prairies pâturées par les animaux, etc. Nous choisissons dans cet exercice de considérer une exploitation spécialisée en grandes cultures souhaitant implanter plusieurs alignements d'arbres dans ses parcelles à une densité moyenne de 50 arbres/ha, les alignements d'arbres étant installés dans un couvert herbacé.

La modification la plus profonde pour l'agriculteur consiste à implanter des rangées linéaires d'arbres au milieu de ses parcelles, cette pratique induisant une rupture importante. Les écartements d'arbres et la largeur des parcelles sont mesurés pour ne pas perturber l'organisation du travail de l'agriculteur, et la largeur des bandes en production est cohérente avec la largeur des équipements de pulvérisation (réglage des machines agricoles, circulation des véhicules). La profondeur de travail du sol sur l'allée cultivée est réduite pour ne pas gêner

l'exploration racinaire des arbres. Sur la rangée d'arbres, une bande enherbée à dominante graminées est implantée. Elle assure un rôle de piégeage de l'azote, y compris durant la phase d'installation des arbres.

La nature des arbres sélectionnés est variée de façon à associer des essences pour le bois d'œuvre avec d'autres pour le bois énergie. Une partie de la biomasse produite par ces arbres est donc fréquemment valorisée vers des débouchés industriels, lorsque les arbres ont atteint un stade de développement permettant cette exploitation. La diversité de ces arbres, associée à l'introduction de bandes enherbées, permet de favoriser la lutte biologique au sein des parcelles, en favorisant en particulier la présence des carabidés et des syrphes.

Les résultats de cette combinaison de pratiques, illustrant le cas d'un système agroforestier particulier, sont présentés sur la matrice A1 et le radar A1. Les impacts les plus positifs sont d'abord d'ordre environnemental :

- Amélioration des performances liées au compartiment « sol » au travers de l'augmentation du taux de matière organique (en surface, avec l'implantation d'un couvert herbacé, la restitution d'une litière de feuilles, la suppression du labour, ainsi que dans une moindre mesure en profondeur, avec la production racinaire des arbres) et de la réduction des risques d'érosion sur ces parcelles ;
- Amélioration de la qualité de l'eau, notamment *via* la réduction des pertes de nitrate et de phosphore (capture par absorption et rôle tampon des arbres et des bandes enherbées) ; et *via* la réduction potentielle de l'utilisation de produits phytosanitaires (au travers de la réduction directe de surface cultivée et de l'effet indirect éventuel lié à l'augmentation des habitats naturels pour la faune auxiliaire) ;
- Réduction des émissions de GES grâce à la séquestration de carbone par les arbres et, potentiellement, par la réduction du travail du sol ;
- Impacts favorables à très favorables sur le compartiment « biodiversité » : ressources et habitats pour la faune, augmentation de l'activité biologique des sols, mosaïque paysagère, etc.

Des bénéfices sur les aspects énergétiques sont également possibles, grâce à la réduction du travail du sol et à la valorisation éventuelle d'une partie de la biomasse produite comme source d'énergie renouvelable (bois énergie).

Les performances productives, économiques et relatives au temps de travail de l'agriculteur sont par contre plus ambivalentes, voire négativement affectées :

- En premier lieu, les impacts sur le rendement des cultures (ramené à la surface totale de la parcelle) sont d'emblée négatifs (réduction des surfaces occupées par les cultures). Cet effet négatif s'accroît à moyen et long termes (compétition avec les arbres). La limitation de la compétition avec les arbres nécessite un entretien rigoureux des arbres et l'utilisation d'équipements adaptés. Cette perte de production pour les cultures sera pour partie compensée par la production de bois par les arbres quand ceux-ci auront atteint un certain développement ;
- Selon le pas de temps considéré, les impacts sur les performances économiques sont variables : à court terme, ils sont négatifs du fait des investissements réalisés et des surcoûts liés à l'entretien des jeunes plantations et bandes enherbées ; tandis qu'à plus long terme, la plus-value réalisée grâce à la vente du bois et/ou de ses produits peut compenser voire dépasser les coûts initiaux d'implantation des arbres et la perte de production sur les cultures annuelles. Il faut toutefois rester très prudent dans l'appréciation des performances économiques, les références étant encore trop limitées à ce jour ;
- Les impacts sur les performances sociales sont également difficiles à apprécier du fait de la faible représentativité de ces systèmes et du manque de recul dont nous disposons à ce jour. A l'exception de la phase d'implantation et des travaux annuels d'entretien des arbres et bandes enherbées, les impacts négatifs sur le temps de travail restent limités. Par ailleurs, ces éventuelles surcharges de travail pourraient être compensées en partie par les économies de temps de traction permises par la suppression du labour. En revanche, sur les aspects de technicité et de complexité, l'agriculteur pourra voir une dégradation. Il lui faudra une période d'adaptation plus ou moins importante dans la transition et la maîtrise agronomique de ce nouveau système. Dans certaines configurations (fin de carrière d'un exploitant agricole coïncidant avec une vente de bois, par exemple), le système agroforestier peut constituer un système d'épargne intéressant, se conjuguant avec une décroissance progressive de la charge de travail sur les cultures.

Matrice A1 : Exploitation de grandes cultures en agroforesterie

		Production		Economie									
				Rentabilité	Soldes de Gestion				Robustesse				Transmissibilité
Métapratique	Sous- pratique	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité
Aménagement foncier	Valoriser la biomasse des IAE	=	=	+	=	+	+	+	+	+	+	=	=
Aménagement foncier	Diversifier les espèces végétales des IAE	=	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	+	=	=
Aménagement foncier	Planter des arbres à faible densité dans les parcelles	+	=	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+	=/-	+	=	+
Aménagement foncier	Planter des bandes enherbées en bordure de parcelle	-	=	=/-	+	=/-	=/-	=/-	=	=/-	=	=	=
Protection phytosanitaire des cultures	Planter des infrastructures agroécologiques pour favoriser la lutte biologique	+/-	=	-	-	-	-	-	-	+/-	=	=	+
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Pratiquer le non labour avec travail superficiel (< 15 cm)	+/-	=/-	+/-	=/+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	=	+	=

		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
Métapratique	Sous- pratique	Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les émissions de produits vétérinaires
Aménagement foncier	Valoriser la biomasse des IAE	=	=	=	=	=	=/+	=/+	=	=/+	=	=/+	=
Aménagement foncier	Diversifier les espèces végétales des IAE	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=/+	=	=
Aménagement foncier	Planter des arbres à faible densité dans les parcelles	=	=/+	=	=	=	+	+	=	+	=/+	+	=
Aménagement foncier	Planter des bandes enherbées en bordure de parcelle	=	=	=	=	=	+	=	=	+	+	+	=
Protection phytosanitaire des cultures	Planter des infrastructures agroécologiques pour favoriser la lutte biologique	=/+	=/+	=	=	=	+	=	=	+	+	+	=
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Pratiquer le non labour avec travail superficiel (< 15 cm)	+	=	=/+	=	=/-	+	+	=	=	-	+/-	=

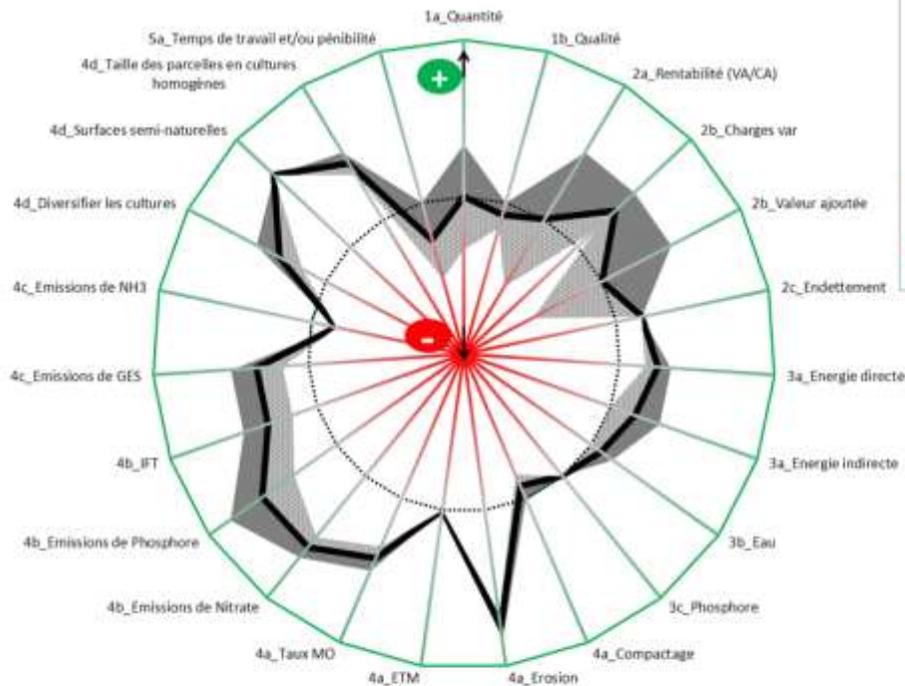
		Environnement								Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas
		Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal	
Métapratique	Sous- pratique	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Aménagement foncier	Valoriser la biomasse des IAE	=	=	=	=	=	=	=	=	-	=	=	+
Aménagement foncier	Diversifier les espèces végétales des IAE	=	=	=	=	+	=/+	=	+	=	=	=	=
Aménagement foncier	Planter des arbres à faible densité dans les parcelles	+	=	=	=	+	=/+	+	+	+/-	=	=/+	+
Aménagement foncier	Planter des bandes enherbées en bordure de parcelle	=	=	=	=	+	=	=/+	+	=/-	=	=	=
Protection phytosanitaire des cultures	Planter des infrastructures agroécologiques pour favoriser la lutte biologique	+	=	=	=	+	+	+	+	-	=	=/+	+
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Pratiquer le non labour avec travail superficiel (< 15 cm)	+/-	-	=	=	=	=	=	=/+	+	=	=	+/-

Radar A1 Exploitation de grandes cultures en agroforesterie (alignement d'arbres au sein de parcelles de grandes cultures)

Objectifs de l'exploitant :

- Produire du bois en complément des activités agricoles
- Améliorer les performances environnementales de l'exploitation
- Augmenter la valeur de son patrimoine foncier

- **Travail du sol et gestion de l'état de surface**
 - Pratiquer le non labour avec travail superficiel
- **Protection phytosanitaire des cultures**
 - Planter des infrastructures agro-écologiques pour favoriser la lutte biologique
- **Aménagement foncier**
 - Planter des arbres à faible densité dans les parcelles
 - Planter des bandes enherbées en bordure de parcelles
 - Diversifier les espèces végétales des IAE
 - Valoriser la biomasse des IAE



Légende :

- Moyenne supérieure
- Médiane
- Moyenne inférieure
- ⬆️ + Variation favorable
- ⋯ Situation initiale
- ⬇️ - Variation défavorable



Freins et difficultés:

- ✓ Coûts liés à l'implantation des arbres et des bandes enherbées (investissement)
- ✓ Les bénéfices (économiques et environnementaux) apparaissent à moyen, voire long terme
- ✓ Perte de rendement sur les cultures annuelles

Le système discuté semble apporter des réponses intéressantes pour réduire la sensibilité aux aléas des exploitations, notamment grâce à la possibilité de diversifier les sources de revenu et de réduire l'exposition des cultures aux épisodes climatiques extrêmes (érosion, vent, orages, etc.).

Enfin, il est nécessaire de souligner sur la base de cet exemple la dimension temporelle. Les conséquences sur les différentes performances ne se perçoivent pas toutes selon le même pas de temps. Ainsi, les conséquences négatives sur le temps de travail et sur la production se feront sentir rapidement alors que les bénéfices environnementaux et la production de biomasse complémentaire par l'entretien des arbres ne seront obtenus qu'à partir d'un stade de développement avancé des linéaires boisés.

A2 - Cas d'une exploitation agricole mettant en place un système « Porc sur paille »

L'exploitation porcine considérée souhaite passer à un élevage de porcs sur paille et produire du compost en partant d'une situation initiale qui est un atelier d'engraissement sur caillebotis et lisier. Un tel élevage semble être mieux perçu par la société notamment au titre du bien-être des animaux et de certains avantages environnementaux qu'il procure. A ces titres, il pourrait être promu par les pouvoirs publics à l'avenir. Dans cette simulation, l'éleveur choisit en outre de composter son fumier car le compost est un produit désodorisé et donc plus facilement transportable que le fumier (lui-même générateur de nuisances olfactives déjà moindres que le lisier). Le compost sera utilisé en partie sur les cultures de l'exploitation et en partie exporté comme engrais organique car l'élevage n'a pas les surfaces nécessaires pour valoriser tous ses effluents en respectant la directive nitrate. Pour la même raison, l'exploitation n'est pas totalement autonome en paille.

L'introduction de ces deux uniques pratiques élémentaires (« Utiliser des bâtiments sur litière paillée en élevage porcin » et « Pratiquer le compostage ») a un effet contrasté sur les différentes performances de l'exploitation (cf. deux premières lignes de la matrice A2 ; radar non présenté). Les principaux atouts sont d'ordre environnemental grâce à des bénéfices sur trois volets : « sol » (augmentation de la teneur en matière organique des sols qui reçoivent du compost) ; « qualité de l'eau » (diminution des émissions polluantes de nitrate et phosphore sous la double hypothèse que (i) la répartition spatiale du compost ainsi produit est plus étendue et mieux ajustée aux besoins des cultures et que (ii) la fertilisation des parcelles recevant ce compost est pilotée de façon stricte et précise) ; et, en partie, « qualité de l'air » (réduction des émissions d'odeurs). Par contre, ces pratiques présentent de nombreuses limites. En premier lieu, sur le plan économique, elles accroissent fortement les charges variables du fait de la nécessité d'acheter de la paille à l'extérieur. La production de carcasses n'est pas affectée mais leur qualité est plutôt dégradée du fait d'une moindre homogénéité entre porcs produits. Au final, la valeur ajoutée et la rentabilité sont dégradées ou au mieux maintenues. En outre, l'endettement est accru par la réalisation d'une plateforme de compostage. En second lieu, ces pratiques sont à la fois plus consommatrices d'énergie directe (opérations de manipulation de la paille et du compost) et indirecte (dégradation de l'indice de consommation des animaux qui consommeront plus d'aliments pour une même production). Les émissions de GES et de NH₃ sont par ailleurs amplifiées par ces pratiques, car les litières paillées peuvent être plus émettrices de GES (notamment de N₂O) et que la production de compost peut conduire à d'importantes pertes de NH₃. Enfin, la performance « Temps de travail et sa pénibilité » est fortement dégradée par ces pratiques du fait des nombreuses opérations de paillage et des manipulations du compost.

En résumé, dans cette configuration certaines performances sont très dégradées ce qui rend difficile la promotion systématique de ces pratiques considérées isolément. Dans ce cas d'étude, nous allons donc chercher à associer de nouvelles pratiques à ces deux premières, de manière à retrouver un meilleur équilibre au niveau de l'exploitation.

L'éleveur va essayer de rééquilibrer les performances productives de l'élevage en cherchant à optimiser les conditions d'ambiance dans le bâtiment ainsi qu'à rééquilibrer le bilan énergétique de l'atelier tant par réduction de la consommation que par la production d'énergie *via* des panneaux solaires. Les pratiques élémentaires mises en œuvre consistent donc tout d'abord à « Améliorer la ventilation et la température en bâtiments d'élevage (monogastriques) par la maîtrise des débits d'air », à « Utiliser des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie » et à « Utiliser des bâtiments et équipements producteurs d'énergie (hors méthanisation) ». Il va aussi améliorer ses pratiques d'alimentation du troupeau pour réduire les coûts de production à un moment où le prix des protéines et des phosphates est élevé. Les pratiques mises en œuvre consistent donc à « Limiter les teneurs en protéines des aliments » au travers de l'alimentation multi-phases, à « Utiliser des acides aminés de synthèse » et à « Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases ». Enfin, dans l'optique d'une meilleure gestion du bien-être animal, l'éleveur décide de « Supprimer la castration physique » de ses animaux et d'« Accroître la surface disponible par animal pour l'expression des comportements naturels ».

Les performances de ce nouvel ensemble de pratiques sont présentées sur la matrice A2 et le radar A2. Relativement au premier sous-ensemble de pratiques qui se limitait à utiliser des bâtiments sur litière paillée et à pratiquer le compostage, le système ici proposé permet d'améliorer la majorité des performances.

Les charges variables sont mieux maîtrisées grâce à la moindre consommation énergétique des bâtiments et à une meilleure maîtrise du coût alimentaire. La performance de production du troupeau s'accroît grâce à l'amélioration des conditions d'ambiance dans le bâtiment, à l'accroissement de la vitesse de croissance des mâles entiers par rapport aux animaux castrés (qui fait plus que compenser la perte de productivité par m² de bâtiment liée à l'accroissement des surfaces disponibles par animal) et à la commercialisation de l'énergie électrique produite (diversification des sources de revenu). La qualité de la production est plutôt améliorée par rapport à la situation initiale mais la plage de variation de la performance s'accroît. En effet, si la qualité de la production peut s'améliorer légèrement du fait de l'accroissement des surfaces et de la réduction conjointe des lésions que les animaux peuvent s'infliger, elle peut aussi diminuer selon le taux de carcasses de porc mâles qui seront déclassées à cause de l'odeur sexuelle de leur viande. Au niveau des performances économiques, la valeur ajoutée et la rentabilité progressent par rapport à la situation initiale. Toutefois ces progrès sont réalisés au prix d'investissements importants et l'endettement s'accroît.

Les économies d'énergie réalisées par l'aménagement des bâtiments conjuguées à la production des panneaux solaires permettent de rééquilibrer le poste de consommation d'énergie directe. La consommation d'énergie indirecte est nettement améliorée du fait des économies liées au poste alimentation et de la meilleure efficacité alimentaire des mâles entiers.

Les émissions de NH₃ sont limitées grâce à la réduction de la teneur en protéines de la ration et les émissions nettes de GES sont réduites du fait des économies d'énergie réalisées et de la réduction des rejets azotés qui limite aussi les émissions de N₂O par les litières. Les émissions de nitrate sont également limitées par rapport à la situation initiale du fait de la diminution de la teneur en protéines de la ration. Les autres performances environnementales, notamment celles liées à la qualité des sols et de l'eau, ne sont pas ou peu affectées par les nouvelles pratiques introduites. Les effets sont donc toujours positifs grâce à la pratique du compostage. Enfin l'amélioration des conditions d'ambiance, la suppression de la castration physique et l'augmentation de la surface disponible par animal permettent d'améliorer le bien-être des animaux mais ne permettent pas de réduire significativement la consommation de médicaments vétérinaires.

La suppression de la castration réduit le temps de travail, ce qui compense en partie la surcharge liée au paillage et au compostage. Pour autant la situation du travail pour l'éleveur reste dégradée, comme dans le cas de la situation initiale.

Matrice A2 : Exploitation agricole porcine technologique de type « porc sur paille »

		Production		Economie										
Métapratiq	Sous- pratique	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Rentabilité			Soldes de Gestion			Robustesse			Transmissibilité	
				Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité	
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments sur litière paillée en élevage porcine	=	-	-	-	-	-	-	-	-	=	=	=	+/-
Gestion des effluents	Pratiquer le compostage	=	=	=/-	-	=/-	=/-	-	=/-	-	=	=/+	-	=
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements producteurs d'énergie (hors méthanisation)	=	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/-	+	=/-	+	-	+	
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie (isolation, étanchéité, échangeurs de chaleur...)	=	=	+	+	+	+	=/-	+	+	=	=/-	+	
Gestion des bâtiments d'élevage	Améliorer la ventilation et la température en bâtiments d'élevage (monogastriques) par la maîtrise des débits d'air	+	=	+	+/-	+	+	+	+	+	=	=	=	
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	=	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des acides aminés de synthèse	=	=/+	+/-	=/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	=	=	=	
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases	=	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=	=	
Gestion de la santé et du bien-être animal	Supprimer la castration physique	+	+/-	=/+	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=	=	
Gestion de la santé et du bien-être animal	Accroître la surface disponible par animal pour l'expression des comportements naturels (activités physique et sociale)	=/+	+	=/+	=/-	=/+	=/+	+/-	=/+	+/-	=	-	=	

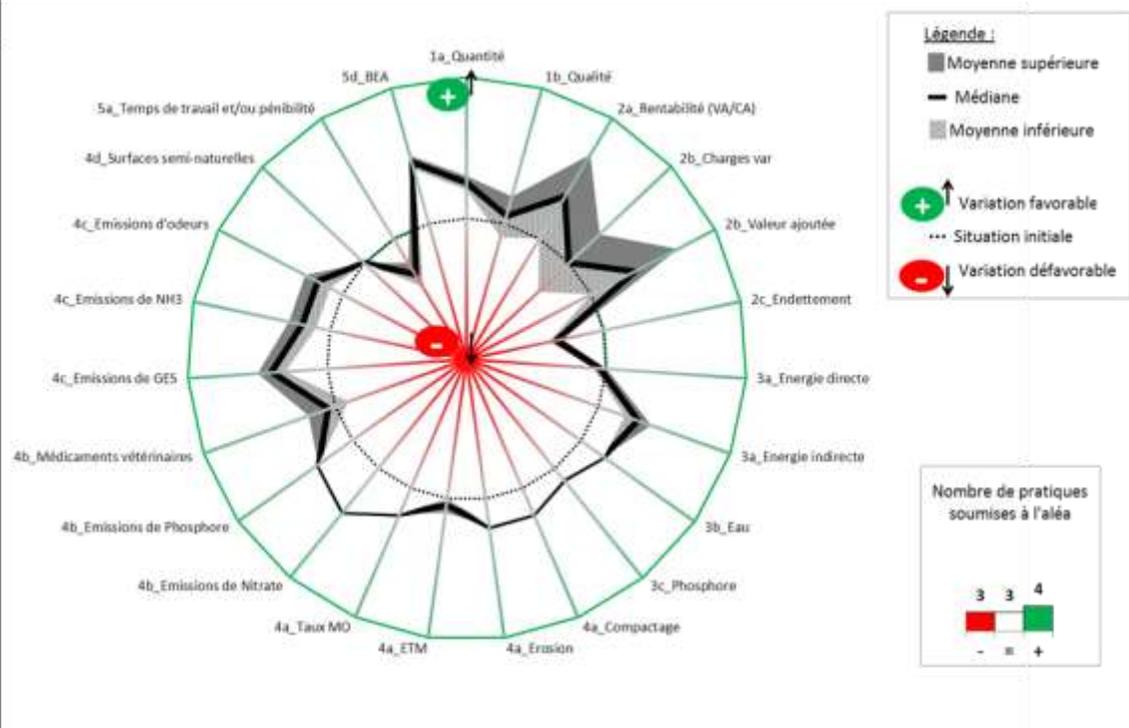
		Ressources naturelles fossiles				Environnement								
Métapratiq	Sous- pratique	Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau				
		Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires	
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments sur litière paillée en élevage porcine	-	=/-	=	=	+	+	+	=	=	=	=	=	=/-
Gestion des effluents	Pratiquer le compostage	=/-	-	=	=	+	+	+	=/+	+	=	+	=	=
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements producteurs d'énergie (hors méthanisation)	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie (isolation, étanchéité, échangeurs de chaleur...)	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion des bâtiments d'élevage	Améliorer la ventilation et la température en bâtiments d'élevage (monogastriques) par la maîtrise des débits d'air	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=/+
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	=	+	+	=	=	=	=	=	+	=	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des acides aminés de synthèse	=	+	+	=	=	=	=	=	+	=	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases	=	+	=	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Gestion de la santé et du bien-être animal	Supprimer la castration physique	=	+	=	=	=	=	=	=	+	=	+	=	=
Gestion de la santé et du bien-être animal	Accroître la surface disponible par animal pour l'expression des comportements naturels (activités physique et sociale)	-	=/+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=/+

		Environnement							Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas	
Métapratiq	Sous- pratique	Air				Biodiversité			Travail	Santé	Bien être animal		
		Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments sur litière paillée en élevage porcine	-	+/-	+/-	=	=	=	=	+	-	=	+	-
Gestion des effluents	Pratiquer le compostage	=/-	-	+	=	=	=	=	+	-	=	=	=/+
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements producteurs d'énergie (hors méthanisation)	+	=	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=	+
Gestion des bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie (isolation, étanchéité, échangeurs de chaleur...)	+	=	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=/+	+
Gestion des bâtiments d'élevage	Améliorer la ventilation et la température en bâtiments d'élevage (monogastriques) par la maîtrise des débits d'air	=	+	+	=	=	=	=	=	=	+	+	=
Gestion de l'alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	+	+	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=/-
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des acides aminés de synthèse	+	+	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=/-
Gestion de l'alimentation animale	Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+
Gestion de la santé et du bien-être animal	Supprimer la castration physique	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=/-	+	=
Gestion de la santé et du bien-être animal	Accroître la surface disponible par animal pour l'expression des comportements naturels (activités physique et sociale)	=/+	-	=	=	=	=	=	=	-	=	+	=

Radar A2 - Exploitation agricole porcine technologique de type « porc sur paille »

- **Gestion des bâtiments d'élevage**
 - Utiliser des bâtiments sur litière paillée en élevage porcin
 - **Gestion des effluents**
 - Compostage
-
- **Gestion des bâtiments d'élevage**
 - Utiliser des bâtiments et équipements producteurs d'énergie (hors méthanisation)
 - Utiliser des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie
 - Améliorer la ventilation et la température en bâtiments d'élevage (monogastriques) par la maîtrise des débits d'air
 - **Gestion de l'alimentation animale**
 - Limiter les teneurs en protéines des aliments
 - Utiliser des acides aminés de synthèse
 - Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases
 - **Gestion de la santé et du BEA**
 - Supprimer la castration physique
 - Accroître la surface disponible par animal pour l'expression des comportements naturels (activités physique et sociale)

- Objectifs de l'exploitant :**
- Améliorer le bien-être animal au sein de son exploitation
 - Rééquilibrer les performances productives et économiques de l'exploitation
 - Améliorer la qualité des produits et anticiper une prochaine réglementation



- Freins et difficultés:**
- ✓ Le temps et la pénibilité du travail sont dégradés
 - ✓ Endettement accru du fait des nombreux investissements réalisés

A3 - Système d'élevage spécialisé en bovins-lait herbager en région de plaine et qui souhaite se conformer avec la MAE SFEI

Des agriculteurs expérimentent depuis plus de 20 ans des systèmes fondés sur le pâturage de prairies d'associations graminées-légumineuses de longue durée et la réduction d'intrants dans l'Ouest de la France. La Mesure Agri-Environnementale « Surfaces Fourragères Economes en Intrants » (dite MAE SFEI) vise à soutenir ce mode de production. Les 44 élevages signataires de la MAE SFEI ont été étudiés par Le Rohellec et *al.* (2009). Comparativement à un groupe témoin des producteurs laitiers bretons (données RICA) avec des exploitations ayant une surface agricole utile (SAU) quasiment identique (65 *versus* 60 ha), les prairies occupent chez les signataires de la MAE 74 % de la SAU contre 47 % dans le groupe témoin, le maïs n'occupant plus que 11 % de la surface fourragère principale (SFP) contre 36 % pour les témoins. Il en résulte des niveaux de chargement plus faibles de respectivement 1,4 et 1,8 UGB/ha SFP chez les signataires et les témoins. Cette MAE a été mise en place notamment dans l'objectif de mieux gérer l'azote et réduire les pertes par lixiviation. Nous avons analysé les effets des pratiques proposées dans cette MAE pour les évaluer sur l'ensemble des performances à travers la démarche d'un éleveur souhaitant bénéficier de cette MAE.

Dans un premier temps, l'éleveur va mettre en œuvre quatre pratiques majeures qui doivent être mobilisées pour se conformer aux exigences de la MAE, à savoir : « Augmenter la pratique du pâturage », « Augmenter la part des prairies dans la sole », « Réduire le chargement par ha de surface fourragère » et « Réduire la surface en cultures annuelles ». Le système ainsi défini a des performances contrastées (cf. quatre premières lignes de la matrice A3 ; radar non présenté). La première conséquence est une réduction des quantités produites, les surfaces et les animaux étant moins productifs, par contre la qualité de la production s'améliore puisque les vaches sont nourries avec plus d'herbe (hausse de la teneur en oméga-3 dans le lait). Les charges variables sont fortement réduites mais les effets sur les performances économiques (soldes de gestion) sont variables, celles-ci pouvant s'améliorer mais aussi se dégrader dans les cas les plus défavorables. La mise en œuvre de ce sous-ensemble de pratiques améliore plusieurs performances environnementales, en particulier les risques de fuites de nitrate et de ruissellement du phosphore grâce à la réduction du chargement et à la place accrue de l'herbe. Le système gagne aussi en autonomie avec une réduction sensible de la consommation d'énergie directe du fait de l'accroissement du pâturage et de la réduction des surfaces cultivées, ainsi que d'énergie indirecte du fait de la réduction de la consommation d'engrais de synthèse et de tourteau de soja, l'herbe étant plus riche en protéines que l'ensilage de maïs.

Afin d'améliorer la productivité de son système, l'éleveur va chercher à en améliorer l'efficacité par ajout de pratiques complémentaires en travaillant sur (i) la gestion des troupeaux : « Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux » et « Augmenter le nombre de cycles des animaux reproducteurs » et (ii) sur la production fourragère : « Semer des prairies multispécifiques pour augmenter la productivité » et « Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation) ». Les résultats de ce nouvel ensemble de pratiques sur les différentes performances sont présentés dans la matrice A3 et le radar A3.

Ces pratiques améliorent la production globale de l'exploitation car en jouant sur la longévité des animaux et sur leur robustesse, l'éleveur limite les chutes de production grâce à la réduction des pathologies. Il dispose également d'animaux un peu plus âgés qui sont plus efficaces que les animaux en première lactation et aussi de fourrage de meilleure qualité. Au travers des prairies multi-espèces, il regagne en productivité sur ses surfaces. La qualité du lait produit est toujours améliorée.

Les performances économiques, notamment la valeur ajoutée, la rentabilité et l'autonomie productive (intrants / chiffre d'affaires hors primes) sont cette fois-ci plus franchement améliorées car les gains de productivité ne s'accompagnent pas d'accroissement des charges variables. Au contraire même, les charges variables sont encore un peu plus réduites puisque les frais vétérinaires et d'élevage doivent diminuer avec des animaux plus robustes. L'élevage est aussi de ce fait moins dépendant aux aides.

Seul l'endettement peut être légèrement accru si l'éleveur a besoin d'investissement pour récolter des fourrages de meilleure qualité. Notons toutefois que ces gains économiques sont fortement dépendants du prix de vente des cultures annuelles. La réduction des cultures annuelles doit aussi être réfléchie de telle sorte qu'elle n'accroisse pas la dépendance de l'exploitation aux achats de paille à l'extérieur.

Le nouveau système est très économe en énergie, il consomme même moins d'énergie indirecte que le système MAE SFEI de base notamment parce qu'en disposant de fourrages de qualité, l'éleveur fait des économies d'achat de concentrés à même niveau de production laitière.

La plupart des performances environnementales sont toujours améliorées. Au-delà de la réduction attendue des fuites de nitrate, le stockage de carbone par la prairie et la réduction de la consommation d'aliments concentrés permettent de réduire les émissions de GES. L'augmentation de la part de prairies au détriment de celle des cultures annuelles contribue par ailleurs à réduire fortement l'IFT, à limiter le compactage et à augmenter le taux de matière organique dans le sol. Il permet enfin, en fournissant un fourrage aqueux, de réduire la consommation d'eau de boisson du troupeau. Le choix d'animaux plus robuste permet de réduire l'utilisation des médicaments vétérinaires. Seules les émissions de NH₃ ne sont pas systématiquement améliorées car si le pâturage permet bien de les réduire par rapport à une alimentation à l'étable, l'utilisation de fourrages de meilleure qualité peut accroître l'émission d'azote dans l'urine et donc les émissions d'ammoniac durant les périodes d'alimentation à l'étable. De nouvelles précautions, non prises en compte dans ce cas d'étude, pourraient être mobilisées pour limiter ces émissions d'ammoniac (évacuation fréquente des déjections, couverture des fosses et fumières, utilisation de pendillards lors de l'épandage, etc.).

Le système permet aussi d'améliorer la performance travail. Le temps de travail est réduit du fait de la réduction des surfaces cultivées et du développement du pâturage qui va limiter le temps d'astreinte pour l'alimentation. La réalisation de fourrages conservés de bonne qualité peut néanmoins nécessiter un peu de temps supplémentaire. En outre le choix d'animaux plus robustes réduit le temps consacré à la surveillance et aux soins des animaux malades et surtout permet de gagner en qualité de vie pour l'éleveur en réduisant la charge mentale.

Au final le système de production pourrait s'avérer un peu plus sensible aux aléas climatiques car la productivité des prairies est toujours très dépendante de la pluviométrie et des températures. Une réduction raisonnée du chargement permet de sécuriser le système de ce point de vue. Le système peut aussi être plus sensible aux aléas économiques car la réduction des surfaces en cultures annuelles réduit aussi les possibilités de compensation entre lait et céréales en cas de chute du prix du lait et/ou de bénéficier des embellies sur le prix des céréales. Par contre, la mise en œuvre de la pratique élémentaire « Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux » par le choix d'animaux de races mixtes permet ici de renforcer la part du produit viande dans le chiffre d'affaires de l'exploitation et donc de la rendre moins sensible aux variations de prix du lait.

En conclusion, la mise en œuvre de la MAE « SFEI » améliore la plupart des performances environnementales des systèmes laitiers mais au détriment de leur productivité et, dans les cas les plus défavorables, du revenu de l'éleveur. La mobilisation de plusieurs pratiques liées à la conduite d'élevage et des cultures fourragères permet de lever ces limites tout en maintenant d'excellentes performances environnementales. Il reste à favoriser la mise en œuvre d'un tel système dans la mesure où l'augmentation du pâturage n'apparaît pas aujourd'hui pour les éleveurs comme une pratique attractive et que les performances économiques d'un tel système sont très dépendantes du prix de vente des cultures annuelles (la pratique « Réduire la surface en cultures annuelles » étant la seule qui affecte négativement les performances économiques mais cet effet peut être très important).

Matrice A3 : Exploitation spécialisée en bovins-lait herbager en région de plaine (MAE - SFEI)

		Production		Economie									
				Saldes de Gestion					Robustesse			Transmissibilité	
Métapratique	Sous- pratique	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la pratique du pâturage	=/+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la part des prairies dans la sole	=/-	+	=/+	+	=/+	=/+	+/-	=/+	+/-	=	=/-	=
Gestion de l'alimentation animale	Réduire le chargement par ha de surface fourragère	=/-	=	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Réduire la surface en cultures annuelles	-	=	-	+	-	-	-	-	-	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Semer des prairies multispécifiques pour augmenter la productivité	=/+	=/+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)	+	+	+	=/+	+	+	=/-	=/-	=/-	=	=/-	=
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux	=/+	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Conduite d'élevage	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs	+	+/-	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=

		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
Métapratique	Sous- pratique	Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la pratique du pâturage	+	+	+	=	=/-	=	+	=	=/-	=	=	+/-
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la part des prairies dans la sole	=/+	+	+	=	=/+	+	=/+	=	+/-	+	+	+/-
Gestion de l'alimentation animale	Réduire le chargement par ha de surface fourragère	=	+	+	=	+	=	=	=	+	=	=/+	=/+
Gestion de l'alimentation animale	Réduire la surface en cultures annuelles	+	+	=	+	+	+	=	=	+	+	+	=
Gestion de l'alimentation animale	Semer des prairies multispécifiques pour augmenter la productivité	+	+	=	=	=	=	=	=	=/+	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)	=/-	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=/+
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+
Conduite d'élevage	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs	+	+	=/+	+	=	=	=	=	+	=	+	+/-

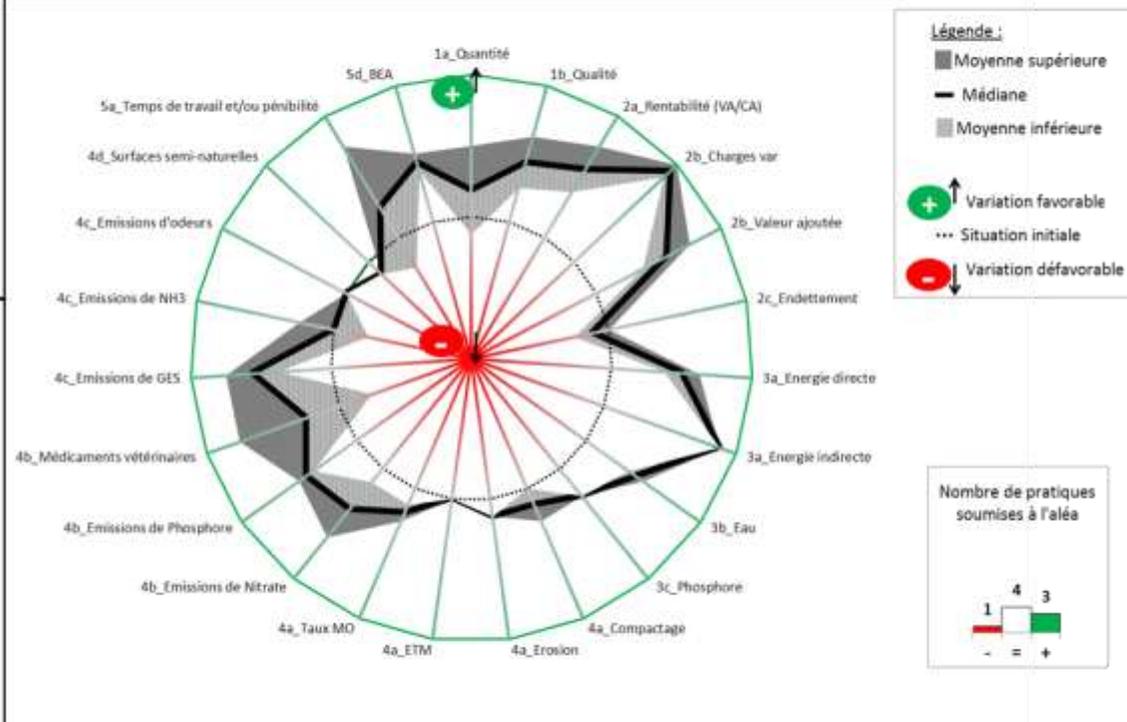
		Environnement								Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas
		Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal	
Métapratique	Sous- pratique	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la pratique du pâturage	=/-	+	=	=	=	=	=	=	+/-	+	+	=
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la part des prairies dans la sole	+/-	+/-	=	=	=	=/+	=	+	+/-	=	+	-
Gestion de l'alimentation animale	Réduire le chargement par ha de surface fourragère	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=	+
Gestion de l'alimentation animale	Réduire la surface en cultures annuelles	+	=	=	+	=	=/-	=	=	+	+	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Semer des prairies multispécifiques pour augmenter la productivité	+	-	=	=	=	=	=	=	=/+	=	=	+/-
Gestion de l'alimentation animale	Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)	+	=	=	=	-	=	=	=/+	=/-	=	=	=
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux	=	=	=	=	=	=	=	=	+	=	+	+
Conduite d'élevage	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs	+	+/-	=	=	=	=	=	=	+/-	=	=/+	=/+

Radar A3 - Exploitation spécialisée en bovins-lait herbager en région de plaine (MAE - SFEI)

Objectifs de l'exploitant :

- Devenir signataire de la MAE SFEI
- Améliorer les performances productives du système en respectant le cahier des charges de la MAE

- **Gestion de l'alimentation animale**
 - Augmenter la pratique du pâturage
 - Augmenter la part des prairies dans la sole
 - Réduire le chargement par ha de surface fourragère
 - Réduire la surface en cultures annuelles
- **Gestion de la génétique animale**
 - Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux
- **Gestion de l'alimentation animale**
 - Semer des prairies multispécifiques pour augmenter la productivité
 - Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)
- **Conduite d'élevage**
 - Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs



Freins et difficultés:

- ✓ Le prix élevé des céréales est un frein très fort à l'évolution vers des systèmes de production plus herbagers et plus extensifs
- ✓ Acceptabilité par les éleveurs de systèmes basés sur le pâturage
- ✓ La réduction de la surface en cultures annuelles peut réduire la quantité de paille disponible

B - L'entrée par pratique

Par construction, l'outil laisse la possibilité à l'utilisateur de sélectionner, parmi l'ensemble des 203 pratiques analysées, la pratique d'entrée autour de laquelle il souhaite composer un « paquet technique » cohérent et performant. Dans le cadre de cette démarche, nous avons choisi de nous concentrer sur les pratiques les plus prometteuses, au regard des résultats de l'analyse en composantes principales de la matrice « Pratiques x Performances ». Ce travail préliminaire avait permis d'identifier les pratiques du secteur animal ou végétal qui permettent de concilier la double (voire quadruple) performance. C'est à travers ces pratiques que l'on souhaite construire des « paquets techniques » améliorateurs ou innovants en agrégeant autour d'elles d'autres pratiques, afin de maximiser les bénéfices sur les différentes performances de l'exploitation.

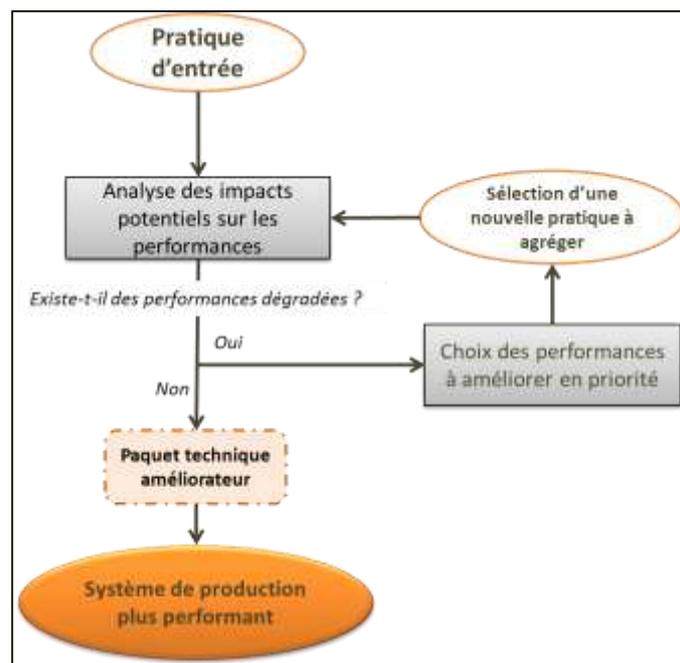


Figure 3.1 : Démarche appliquée pour le choix des pratiques et la conception de systèmes de production potentiellement innovants et performants

La démarche, représentée dans la Figure 3.1, consiste à identifier la ou les performances les plus dégradées par l'introduction de la pratique d'entrée, puis à sélectionner, parmi la liste des pratiques jugées complémentaires, celle qui permet d'améliorer le plus positivement la ou les performances visées. L'agrégation de ces deux pratiques se traduit par un nouveau profil d'impacts sur les performances, à partir duquel l'opération précédente est répétée.

La liste des pratiques complémentaires proposées à l'utilisateur s'adapte au fur et à mesure de la démarche, d'une part par l'ajout des pratiques jugées compatibles avec au moins une des pratiques sélectionnées dans le « paquet technique » et, d'autre part, par l'exclusion des pratiques présentant une incompatibilité avec au moins une pratique de la combinaison construite. La boucle d'agrégation des pratiques peut être achevée à partir du moment où le plus grand nombre possible de performances sont impactées positivement par les pratiques sélectionnées.

Cette démarche, et l'outil construit à cet égard, permettent ainsi de juger rapidement et facilement l'impact de la mise en œuvre simultanée de quelques pratiques et d'étudier le sens d'évolution des différentes performances au fil de l'ajout de nouvelles pratiques.

Cette démarche sera illustrée ci-après par l'exemple de l'introduction d'une culture de luzerne dans une succession de grandes cultures, puis dans le cas de l'introduction d'un robot de traite dans une exploitation laitière.

B1 - Construction d'un système autour de la pratique-pivot « Introduire de la luzerne dans sa rotation »

La luzerne est une plante fourragère riche en protéines utilisée en alimentation animale, et récoltée essentiellement en fauche sous forme de foin ou dans une moindre mesure en enrubannage. Elle est rarement pâturée en raison des risques de météorisation et n'est pas ensilée, car la faible teneur en sucres solubles ne permet pas une acidification rapide des ensilages, qui se conservent alors très mal. Elle est donc particulièrement bien adaptée à une insertion dans des rotations de grandes cultures annuelles, avec une récolte en foin, ou en fourrage déshydraté, qui peuvent être utilisés dans des ateliers animaux de l'exploitation ou vendu à des exploitations d'élevage. Sa nutrition azotée étant assurée par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, cette culture ne nécessite pas de fertilisation azotée minérale et ne présente pas de lessivage tout au long de sa culture. Elle peut en outre être conduite avec une protection phytosanitaire réduite (pas de fongicide ou d'insecticide, une application d'herbicides potentiellement limitée à la phase d'implantation). Il est donc possible d'envisager cette pratique comme étant une pratique pivot dans les systèmes de grandes cultures et souhaiter construire un paquet technique cohérent autour de cette pratique, sans prendre en compte les conséquences sur son utilisation par les ruminants.

Pour ce cas d'étude, il s'agit d'une exploitation en grandes cultures, avec de l'élevage à proximité valorisant le foin produit. L'agriculteur souhaiterait insérer de la luzerne dans ses rotations afin de réduire le recours aux produits phytosanitaires et aux engrais azotés de synthèse à l'échelle de son exploitation. Il souhaite également que sa production et sa rentabilité ne soient pas réduites. Il est donc nécessaire de pouvoir conduire la culture de luzerne dans des conditions satisfaisantes, mais aussi les autres cultures de la succession culturale.

L'analyse des conséquences de l'introduction de la luzerne comme pratique pivot révèle que la performance « Réduire le temps de travail et/ou sa pénibilité » est la plus dégradée. C'est donc par celle-ci que la démarche va débiter. Au cours de l'agrégation, l'endettement, lié aux équipements nécessaires à la récolte du fourrage, fait aussi son apparition comme une performance devant être améliorée en priorité. Au terme de la démarche, les pratiques mobilisées sont, outre « Introduire de la luzerne dans la succession de cultures » : « Adapter et raisonner les doses appliquées » ; « Adapter l'ordre des cultures au piégeage du nitrate » ; « Améliorer l'organisation des chantiers de récolte » ; « Mettre en place des assolements en commun » ; « Planter des couverts végétaux d'interculture à fonction agro-écologique » ; « Planter une haie en bordure de parcelle » ; « Planter des bandes enherbées en bordure de parcelle » et « Recourir à l'extérieur pour des travaux agricoles ».

Il apparaît que ce paquet technique (cf. Matrice B1 et Radar B1) mobilise des pratiques relevant de diverses classes « SFR ». Il explore à la fois la dimension territoriale avec la mise en place des assolements en commun, mais aussi les organisations collectives avec le recours à l'extérieur pour les travaux agricoles (cas des CUMA). L'implantation de haies en bordures de parcelles renvoie simultanément à ces deux dimensions, mais elle n'est pas mobilisée prioritairement dans ce paquet technique. Les risques inhérents à la présence d'une luzerne dans un système de culture sont connus (cf MP) et sont inhérents à sa capacité à fixer une quantité importante d'azote. Ainsi, bien qu'une part importante de cet azote symbiotique soit exportée *via* les fourrages, le retournement d'une luzerne augmente de façon considérable les risques de lessivage d'azote (après minéralisation) au cours des deux campagnes culturales suivantes, ceci constituant aussi un potentiel élevé d'apports azotés à l'échelle du système de cultures. Des pratiques appropriées sont donc mobilisées au cours de la démarche de construction pour

Matrice B1 : Exploitation souhaitant « Introduire de la luzerne dans les successions de culture »

		Production		Economie										
				Rentabilité		Soldes de Gestion				Robustesse				Transmissibilité
Métapratique	Sous-pratique	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité	
Choix et gestion des agroéquipements	Recourir à l'extérieur pour des travaux agricoles	=	=	-	-	-	=/-	=/-	-	=/-	+	+	=	
Aménagement foncier	Implanter des bandes enherbées en bordure de parcelle	-	=	=/-	+	=/-	=/-	=/-	=	=/-	=	=	=	
Aménagement foncier	Implanter une haie en bordure de parcelle	+/-	=	=/-	=/-	=/-	=/-	=/-	=	=/-	=/+	=	=	
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=	=/-	+/-	=/-	=/-	=/-	+/-	=/-	=	=	=	
Diversification des successions de cultures et des assolements	Mettre en place des assolements en commun	=/+	=	=/+	+	+	+	+	+	+	+	=/+	=	
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Améliorer l'organisation des chantiers de récolte	=	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=/-	=	
Gestion des éléments minéraux	Introduire de la luzerne dans la succession de cultures	+	+	+	+	+	+	+	+	=/+	+	=	=	
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	=/+	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter et raisonner les doses appliquées	=/+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	

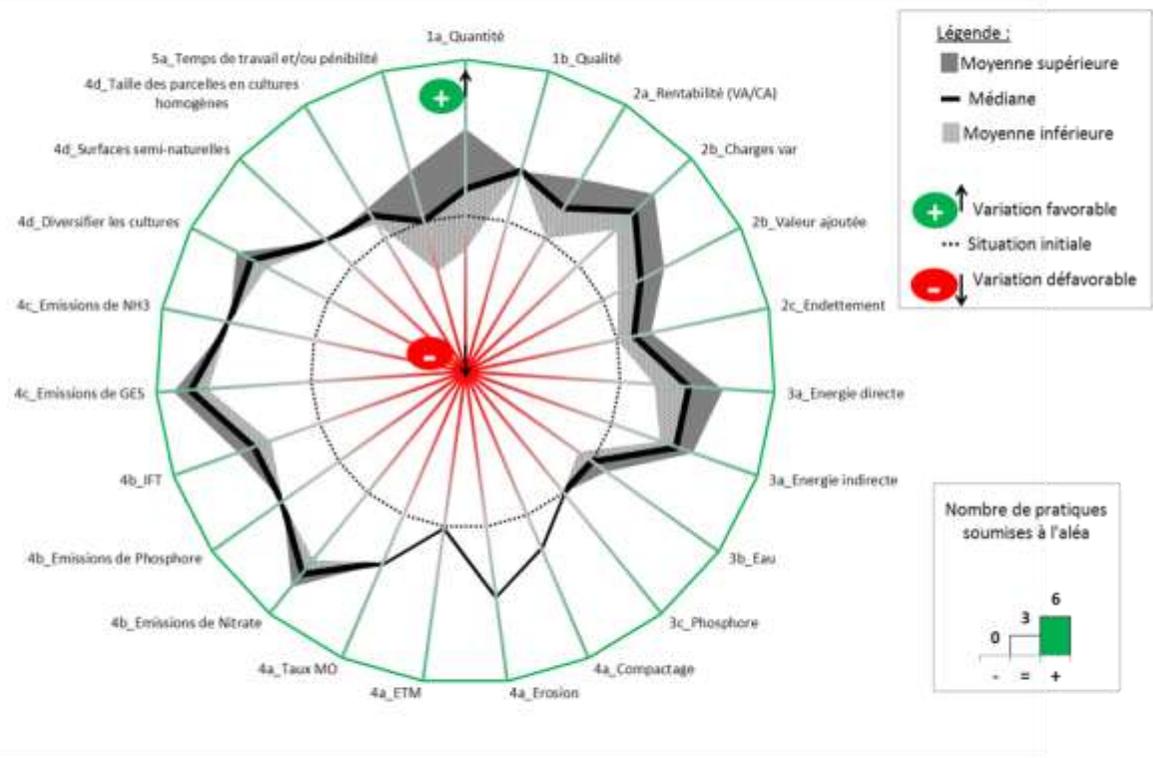
		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
Métapratique	Sous-pratique	Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Choix et gestion des agroéquipements	Recourir à l'extérieur pour des travaux agricoles	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Aménagement foncier	Implanter des bandes enherbées en bordure de parcelle	=	=	=	=	=	+	=	=	+	+	+	=
Aménagement foncier	Implanter une haie en bordure de parcelle	=	=	=	=	=	+	=	=	+	+	+	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=/+	+/-	=	+	+	+	=	+	=/+	+	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Mettre en place des assolements en commun	+	=/+	=	=	=	=	=	=	=/+	=	=	=
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Améliorer l'organisation des chantiers de récolte	+	=	=	=	+	=	=	=	=	=	=	=
Gestion des éléments minéraux	Introduire de la luzerne dans la succession de cultures	=	+	=	=	=	=	+	=	=/+	=/+	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	+/-	+	=	=	=	+	+	=	+	=	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter et raisonner les doses appliquées	+	+	=	=	=	=	=	=	+	+	+	=

		Environnement								Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas
		Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal	
Métapratique	Sous-pratique	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Choix et gestion des agroéquipements	Recourir à l'extérieur pour des travaux agricoles	+	=	=	=	=	+	=	=	+	=	=	+
Aménagement foncier	Implanter des bandes enherbées en bordure de parcelle	=	=	=	=	+	=	=/+	+	=/-	=	=	=
Aménagement foncier	Implanter une haie en bordure de parcelle	+	+	+	=	+	=/+	+	+	-	=	=/+	+
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+	+	=	=	=	+	=	=	-	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Mettre en place des assolements en commun	=/+	=	=	=	=	+	=	=	+	=	=	=/+
Conduite des plantes et des peuplements végétaux	Améliorer l'organisation des chantiers de récolte	=/+	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=	+
Gestion des éléments minéraux	Introduire de la luzerne dans la succession de cultures	+	+	=	=	=	+	=	=	=/-	=	=/+	=/+
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates	+	+	=	=	=	=/+	=	=	+/-	=	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter et raisonner les doses appliquées	+	+	=	+	=	=	=	+	+/-	+	=	+

Radar B1 Exploitation souhaitant « Introduire de la luzerne dans les successions de culture »

- **Gestion de l'eau et de sa qualité**
 - Adapter et raisonner les doses appliquées
 - Adapter l'ordre des cultures au piégeage des nitrates
- **Gestion des éléments minéraux**
 - Introduire de la luzerne dans la succession de cultures
- **Conduite des plantes et des peuplements végétaux**
 - Améliorer l'organisation des chantiers de récolte
- **Diversification des successions de cultures et des assolements**
 - Mettre en place des assolements en commun
 - Planter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)
- **Aménagement foncier**
 - Planter une haie en bordure de parcelle
 - Planter des bandes enherbées en bordure de parcelle
- **Choix et gestion des agroéquipements**
 - Recourir à l'extérieur pour des travaux agricoles

Objectifs de l'exploitant :
 - Réduire le recours aux produits phytosanitaires
 - Réduire le recours aux engrais azotés de synthèse



Freins et difficultés :
 - Valorisation de la luzerne récoltée
 - Nécessité d'une forte interaction avec les partenaires extérieurs

assurer la prise en compte de cet enjeu (adaptation de l'ordre des cultures au piégeage du nitrate, adaptation et raisonnement des doses appliquées, implantation de couverts en interculture, de bandes enherbées et de haies). Au terme des boucles de construction de cette démarche sans *a priori*,²¹ toutes les performances apparaissent comme étant neutres ou améliorées.

Les émissions de nitrate et l'IFT évoluent favorablement. Les performances « production » et « rentabilité » n'ont pas été dégradées, conformément aux hypothèses initiales, et sont même améliorées. Pour la performance production, ceci est valable sous réserve que la biomasse de la haie nouvellement implantée puisse faire l'objet d'une valorisation (et contribuer ainsi à la production globale).

En revanche, la présence de couverts en inter-culture peuvent dans certaines situations générer une consommation d'eau au dépend de la culture principale. En outre, la performance « temps de travail » présente un intervalle de variation suffisamment important pour laisser craindre une dégradation dans certaines situations. La maîtrise de cette performance sera fortement liée au recours à de l'externalisation des opérations de culture (implantation, récolte), d'une part, et à la maîtrise des opérations nouvellement introduites par l'implantation de la haie (entretien, valorisation) ou l'observation des cultures (nécessaire pour permettre la réduction des doses). L'endettement est amélioré en tendance, mais l'impact des investissements qui pourraient être nécessaires pour améliorer l'organisation des chantiers de récolte génère *in fine* une incertitude. La rentabilité, bien qu'améliorée en tendance, présente elle aussi une incertitude non négligeable.

La logique de construction que nous avons retenue, à savoir la correction des performances les plus dégradées, conduit à ne pas valoriser les potentiels des pratiques déjà agrégées en maximisant certaines performances. Dans le cas présent, les données expérimentales et agricoles disponibles montrent que la présence d'une luzerne dans une succession culturale permet une amélioration de la gestion de la flore adventice et donc une diminution de la protection phytosanitaire.

Ce paquet technique présente une cohérence agronomique forte. En outre, et pour la dimension « organisation collective et chantier de récolte », ce schéma présente de très fortes similitudes avec les organisations coopératives de déshydratation de luzerne. Cette combinaison de pratiques est d'une exigence technique modérée, mais nécessite une forte coopération avec les partenaires de l'exploitation (exploitants voisins, CUMA, entreprise de travaux agricoles, usine de déshydratation). En revanche, une aide à la décision (conseil expert, outil) peut contribuer à la bonne réalisation de ces pratiques car le système de cultures est modifié : ordre des cultures, réduction des doses ; sans pour autant être reconçu *de novo*. Enfin, la possibilité de valoriser la luzerne est une hypothèse de travail forte. Si cette valorisation est faite localement, ceci restreint les zones où cette pratique pivot peut être à l'origine de la construction d'un tel paquet technique. Si un marché à plus longue distance est organisé, cette limite est levée.

Enfin, en lien avec les risques de fuites de nitrate, la cohérence agronomique requiert la mise en œuvre de la pratique « Planter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique) ». De fait, à l'échelle de la culture, celle-ci est incompatible avec la pratique « Planter de la luzerne » : en effet, il n'est pas possible d'implanter simultanément une culture de luzerne et une CIPAN. Pour autant, il est pertinent de coupler les deux pratiques à l'échelle de la succession culturale et c'est même nécessaire après le retournement de la luzerne.

B2 - Exploitation en production laitière intensive fortement automatisée et développant l'élevage de précision

Les conditions du travail constituent une préoccupation majeure des éleveurs laitiers et seront déterminantes demain pour le renouvellement des générations. Réduire l'astreinte liée à la traite qui à elle seule représente 50 % du temps d'astreinte journalier en élevage laitier (Chauvat et al, 2003) est devenu un objectif en soi. Dans ce contexte, le développement des robots de traite constitue une

²¹ Dans l'état actuel de l'outil, ce résultat agrégé est fortement influencé par le nombre de pratiques mobilisées (effet marginal décroissant des pratiques progressivement intégrées, par effet de dilution).

évolution de rupture, l'économie de temps et la souplesse d'organisation du travail qu'il procure sont des perspectives attrayantes pour nombre d'éleveurs. A ce jour, plus de 3300 exploitations en sont équipées (4 % du total) et la progression du nombre de robots est très rapide, en particulier lors des installations. La simplification de la distribution des rations est une autre préoccupation majeure des éleveurs. Aujourd'hui, apparaissent sur le marché de nouveaux automates permettant une distribution presque totalement automatisée des rations et notamment la distribution du fourrage. Enfin, l'élevage de précision qui est permis par les sauts technologiques concernant les capteurs et les technologies de l'information et de la communication doit contribuer à l'optimisation de la conduite d'élevage en produisant des alertes à destination de l'éleveur pour aider au diagnostic précoce de dysfonctionnements de l'animal et anticiper les ajustements à mener, pour la surveillance des chaleurs et des vêlages ou encore pour piloter finement l'alimentation des vaches.

Dans le cas étudié ici, l'éleveur a un troupeau laitier principalement nourri avec des rations à base de fourrages conservés car il dispose de peu de surfaces accessibles pour le pâturage. Il cherche à réduire son temps de travail et donc, au moment de changer sa salle de traite devenue obsolète, il opte pour l'automatisation de son étable. Il anticipe aussi la sortie des quotas en sachant que sa coopérative lui permettra de produire un peu plus de lait dès 2015. Sa stratégie est la suivante :

- Investir pour réduire le travail : il va chercher à réduire au maximum son travail d'astreinte quotidien par la mise en œuvre de 3 pratiques qui se complètent : « mettre en place un robot de traite », « automatiser la distribution des rations » et « installer un dispositif de monitoring pour gérer la conduite de l'élevage ». Les trois équipements provenant de la même firme peuvent dialoguer entre eux ce qui permet à l'éleveur d'avoir un tableau de bord complet de son élevage à chaque instant.
- Améliorer l'efficacité de l'élevage : comme l'éleveur aura la possibilité de produire un peu plus de lait, il va « choisir la génétique pour améliorer la performance productive des animaux », ce qui lui permettra aussi de mieux rentabiliser ses investissements. Mais comme les vaches à haut potentiel génétique expriment moins bien leurs chaleurs, il va « améliorer la détection des chaleurs » par une bonne utilisation des dispositifs de monitoring et aussi une observation plus précise des animaux rendue possible par les gains de temps effectués par ailleurs.
- Mieux gérer l'alimentation et réduire les émissions : pour limiter les achats d'aliments concentrés, l'éleveur va d'une part « améliorer la qualité des fourrages conservés », d'autre part « ajuster la distribution de l'aliment à chaque individu par automates » et « installer des systèmes de monitoring pour gérer l'alimentation des animaux ». Enfin, soucieux de mieux recycler les éléments des effluents de l'élevage, il va d'une part « couvrir les fosses et les fumières » et « utiliser des pendillards », car il est conscient que ces pratiques limitent les émissions de NH₃. Il va d'autre part « utiliser des OAD pour le raisonnement des apports N, P, K » sur ses cultures, ce qui lui permet de mieux connaître la biodisponibilité de l'azote des effluents et de gérer la fertilisation minérale.

Le système mis en place conduit à une amélioration très nette du travail et c'était l'objectif recherché en priorité par l'éleveur (cf. Matrice B2 et Radar B2).

Au final, la production totale est accrue du fait du choix génétique effectué, des dispositifs d'élevage de précision qui réduisent les risques d'inefficacité du troupeau (meilleure détection des chaleurs, diagnostic précoce des dysfonctionnements, alimentation individualisée) et de l'amélioration de la qualité des fourrages. Par contre, la qualité de la production de lait n'est pas améliorée car si les fourrages de meilleure qualité peuvent avoir un effet positif, la traite au robot tend à accroître le nombre de cellules somatiques du lait.

Le système paraît limiter les charges variables essentiellement du fait des gains d'efficacité réalisés dans la conduite de l'élevage et dans la gestion des effluents. S'il y a beaucoup plus de pratiques affectant positivement ce poste que de pratiques l'affectant négativement, l'effet réel dépendra en fait beaucoup des surcoûts de charges liées à la maintenance des automates et en particulier du robot, charges qui peuvent être très lourdes et qui sont variables selon les contrats de maintenance. La valeur ajoutée et la rentabilité semblent également progresser, mais là aussi le résultat dépendra en fait de l'ampleur des charges liées aux automates. Ce système est basé sur l'investissement et ce poste est donc fortement dégradé puisque pratiquement toutes les pratiques l'affectent négativement et parfois très fortement.

Matrice B2 : Exploitation spécialisée en bovins-lait équipée d'un robot de traite

		Production		Economie										
				Rentabilité		Soldes de Gestion				Robustesse				Transmissibilité
Métapratique	Sous- pratique	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité	
Conduite d'élevage	Améliorer la détection des chaleurs	+	=	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal	+	=/-	-	-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	=	=	=	
Gestion de l'alimentation animale	Ajuster la distribution de l'aliment à chaque individu par automates (alimentation de précision)	+	=	+	+	+	+	-	-	-	=	-	+/-	
Gestion de l'alimentation animale	Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)	+	+	+	=/+	+	+	=/-	=/-	=/-	=	=/-	=	
Gestion de l'alimentation animale	Automatiser la distribution des rations	=	=	-	-	-	-	-	-	-	=	-	+/-	
Gestion des effluents	Utiliser des pendillards	=	=	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=/-	=	
Gestion des effluents	Couvrir les fosses et les fumières	=	=	+	+	+	+	+/-	+	+/-	=	-	=/+	
Gestion des bâtiments d'élevage	Mettre en place un robot de traite	=	-	-	-	-	-	-	-	=	=	-	+/-	
Choix et gestion des agroéquipements	Installer des systèmes de monitoring pour gérer la conduite de l'élevage	=/+	=	+	+	+	+	-	+	-	=	-	-	
Choix et gestion des agroéquipements	Installer des systèmes de monitoring pour gérer l'alimentation des animaux	+	=	+	+	+	+	-	+	-	=	-	-	
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=/+	=/+	+	=/+	+	+	+	+	+	=	=	=	

		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
Métapratique	Sous- pratique	Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Conduite d'élevage	Améliorer la détection des chaleurs	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal	+	+	=/+	=/+	=	=	=	=/+	+	=	+	-
Gestion de l'alimentation animale	Ajuster la distribution de l'aliment à chaque individu par automates (alimentation de précision)	-	+	+	=	=	=	=	=	+	=	+	=
Gestion de l'alimentation animale	Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)	=/-	+	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=/+
Gestion de l'alimentation animale	Automatiser la distribution des rations	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Gestion des effluents	Utiliser des pendillards	-	+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	+	=
Gestion des effluents	Couvrir les fosses et les fumières	=	+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=	=
Gestion des bâtiments d'élevage	Mettre en place un robot de traite	-	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Choix et gestion des agroéquipements	Installer des systèmes de monitoring pour gérer la conduite de l'élevage	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+
Choix et gestion des agroéquipements	Installer des systèmes de monitoring pour gérer l'alimentation des animaux	=	+	=	+	=	=	=	=	+	=	+	+
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	=	=/+	=	=/+	=	=	=	=	=/+	=	=/+	=

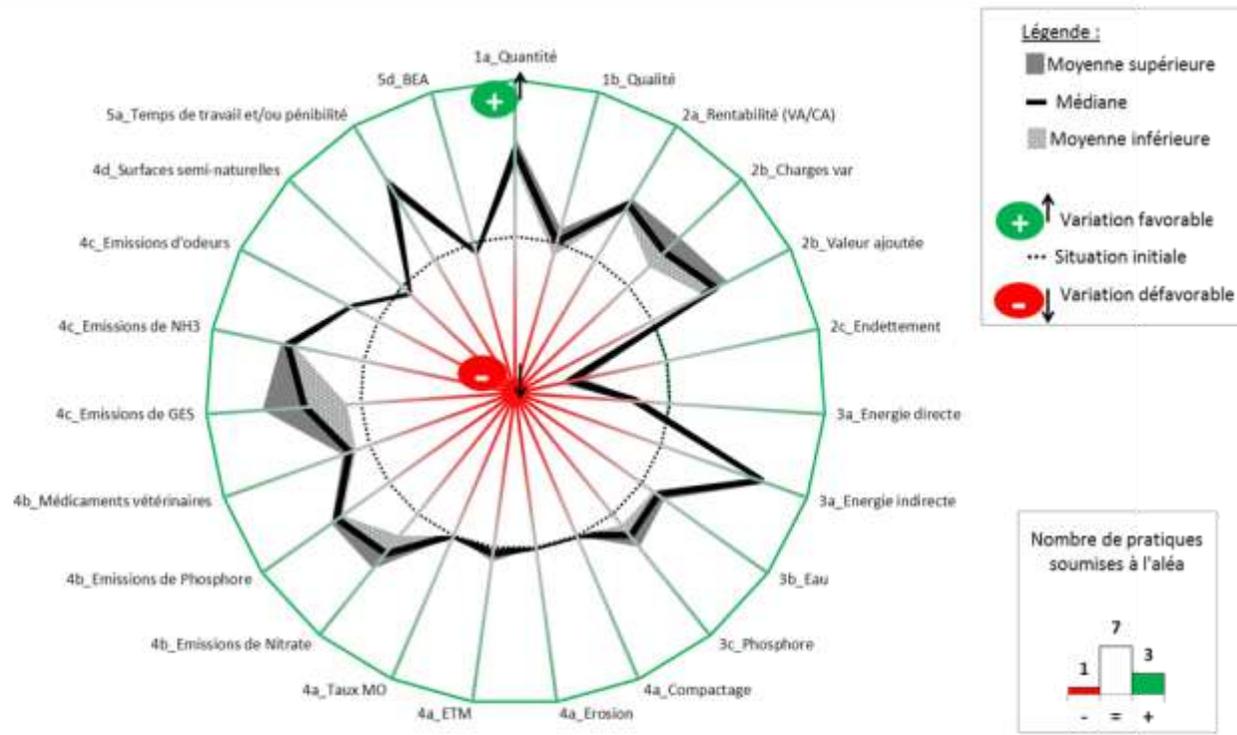
		Environnement							Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas	
		Air			Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal		
Métapratique	Sous- pratique	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Conduite d'élevage	Améliorer la détection des chaleurs	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=/+
Gestion de la génétique animale	Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	-	-
Gestion de l'alimentation animale	Ajuster la distribution de l'aliment à chaque individu par automates (alimentation de précision)	=/+	+	=	=	=	=	=	=	+	+	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)	+	=	=	=	-	=	=	=/+	=/-	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Automatiser la distribution des rations	=/-	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=
Gestion des effluents	Utiliser des pendillards	+/-	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Gestion des effluents	Couvrir les fosses et les fumières	=/+	+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Gestion des bâtiments d'élevage	Mettre en place un robot de traite	-	-	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=
Choix et gestion des agroéquipements	Installer des systèmes de monitoring pour gérer la conduite de l'élevage	=	=	=	=	=	=	=	+	+	+	=	=
Choix et gestion des agroéquipements	Installer des systèmes de monitoring pour gérer l'alimentation des animaux	=/+	+	=	=	=	=	=	=	+	=	=	=/+
Gestion des éléments minéraux	Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)	+	=/+	=	=	=	=	=	=	=/-	=	=	=/+

Radar B2 Exploitation spécialisée en bovins-lait équipée d'un robot de traite

Objectifs de l'exploitant :

- Installer un robot de traite pour réduire l'astreinte de travail
- Optimiser le système pour le rendre cohérent et corriger ses faiblesses

- **Gestion des éléments minéraux**
 - Utiliser des OAD pour le raisonnement des apports (N, P et K et autres éléments)
- **Choix et gestion des agroéquipements**
 - Installer des systèmes de monitoring pour gérer l'alimentation des animaux
 - Installer des systèmes de monitoring pour gérer la conduite de l'élevage
- **Gestion des bâtiments d'élevage**
 - Mettre en place un robot de traite
- **Gestion des effluents**
 - Utiliser des pendillards
 - Couvrir les fosses et les fumières
- **Gestion de l'alimentation animale**
 - Automatiser la distribution des rations
 - Améliorer la qualité des fourrages conservés (accroître la valeur alimentaire et réduire les pertes à la conservation)
 - Ajuster la distribution de l'aliment à chaque individu par automates (alimentation de précision)
- **Gestion de la génétique animale**
 - Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal
- **Conduite d'élevage**
 - Améliorer la détection des chaleurs



Freins et difficultés:

- ✓ Investissement (et RCAI qui n'apparaît pas sur ce radar)
- ✓ Energie directe
- ✓ Qualité des produits

Le nouveau système est plus consommateur d'énergie directe, notamment du fait de l'alimentation en électricité des automates, mais par contre la consommation d'énergie indirecte est réduite car les pratiques mises en œuvre permettent, d'une part, de mieux gérer l'alimentation et donc de limiter les apports d'aliments concentrés au plus juste, et d'autre part, de réduire le recours aux engrais de synthèse par la meilleure valorisation de l'azote des effluents. De son côté, l'alimentation de précision permet de réduire la consommation de phosphore et d'eau, mais ces deux effets sont sans doute assez marginaux d'un point de vue quantitatif.

Les pratiques proposées n'auront pas d'effets sensibles sur la qualité du sol et sur les performances de biodiversité. Ce système organisé autour de l'élevage de précision n'est pas ou peu compatible avec une utilisation du pâturage, qui était peu pratiqué dans cette exploitation faute de surface disponible. Les émissions de NH₃ et de nitrate seront fortement réduites notamment par la mise en œuvre des nouvelles pratiques de gestion des effluents et le pilotage plus précis de la fertilisation. Les émissions d'odeurs seront également réduites. Le pilotage plus fin de la fertilisation et de l'alimentation des animaux doivent aussi réduire les émissions de GES et de ruissellement de P. Le pilotage plus précis de la conduite d'élevage va réduire l'utilisation de médicaments vétérinaires du fait d'une utilisation mieux ciblée de ceux-ci, même si l'utilisation d'animaux plus productifs et donc moins robustes aurait pu les accroître en conduite conventionnelle.

En conclusion, le développement d'un système laitier intensif, automatisé, et faisant largement appel aux nouvelles technologies de l'élevage de précision, permet d'obtenir de très bonnes performances productives tout en réduisant très significativement la charge de travail (notamment le temps d'astreinte journalier), ceci sans nécessairement dégrader, voire en améliorant, plusieurs performances environnementales. Par contre, la contrepartie de ces performances est un endettement très important et un résultat incertain sur la valeur ajoutée qui peut être légèrement améliorée mais aussi dégradée, ceci dépendant des effets relatifs de l'accroissement des coûts de maintenance des automates (dont le robot de traite) et des gains réalisés sur les postes engrais et alimentation. L'outil utilisé pour qualifier le sens d'évolution des performances atteint ici ses limites et seule une approche quantitative permettrait de trancher. Quoi qu'il en soit ce système très performant techniquement et qui répond pleinement aux objectifs de réduction de la charge de travail et de l'astreinte imposée à l'éleveur laitier apparaît fragile économiquement.

C - L'entrée par performance

Par cette démarche, les pratiques sont d'abord filtrées en fonction de leurs impacts positifs sur une ou plusieurs performances. Pour un objectif donné, l'outil permet de recenser les pratiques à privilégier pour améliorer les performances visées. La liste des pratiques compatibles permet ensuite d'agréger d'autres pratiques autour des premières de manière à améliorer le bilan sur les performances globales. L'intérêt principal de cette démarche est l'identification des pratiques et systèmes de cultures les plus pertinents à mettre en œuvre en fonction des enjeux fixés par les spécificités des utilisateurs de l'outil. Cette démarche peut être particulièrement utile pour des gestionnaires de filières et de territoires.

Nous illustrons cette approche avec deux exemples, le premier en nous positionnant dans le cas d'une exploitation cherchant à réduire les risques érosifs, le second dans le cas d'une exploitation cherchant à protéger les bassins d'alimentation de captage (BAC).

C1 - Limiter l'érosion en protégeant la surface du sol et en maîtrisant le ruissellement

L'érosion hydrique affecte principalement les sols agricoles limoneux des grands Bassins parisiens et aquitains, dès lors que les pentes permettent la circulation et la concentration du ruissellement, ainsi que les vignobles ou vergers de coteaux. Lorsque ces phénomènes érosifs sont importants, les pertes en sol provoquées par l'érosion peuvent être supérieures aux quantités de sol néo-formé par l'altération naturelle des roches pendant le même laps de temps. Dans ce cas le volume du sol se réduit tendanciellement avec toutes les conséquences que l'on peut en déduire quant à la productivité de l'agroécosystème, du fait de la diminution de volume exploitable par les racines, et de la diminution des stocks en éléments minéraux et matières organiques, encore plus rapide puisque l'érosion décape l'horizon superficiel. En dehors de la perte en sol proprement dite, les impacts négatifs de l'érosion sur l'activité agricole sont l'entrave à la circulation des engins qui constituent les rigoles ou ravines, ainsi que l'ensevelissement des cultures récemment implantées dans les zones de dépôt.

Outre les dommages causés à l'agriculture, l'érosion des sols agricoles entraîne, en aval des surfaces agricoles, des nuisances de diverses natures, principalement des inondations boueuses et des transferts dans les masses d'eau superficielles de sédiments et polluants fixés sur les particules terreuses (phosphore, métaux, produits phytosanitaires, azote organique). La fréquence et l'ampleur de ces phénomènes sont extrêmement variables selon le contexte climatique, la topographie, la nature des sols, la taille des parcelles et leur disposition par rapport aux pentes et au réseau hydrographique. Les systèmes de culture jouent par ailleurs un rôle majeur, à travers d'une part la couverture plus ou moins prolongée de la surface du sol par la végétation ou les résidus de récolte, d'autre part l'état et les propriétés physiques de l'horizon superficiel, plus ou moins propices à la formation et à la circulation du ruissellement, et plus ou moins sensibles à l'incision par ce dernier. Enfin certains aménagements, d'ampleur plus ou moins importante (et donc selon les cas réalisables ou non par l'agriculteur lui-même), peuvent être réalisés pour canaliser et ralentir le ruissellement, ou l'interrompre (bassins de rétention) avant qu'il n'atteigne les zones aval sensibles.

L'érosion des sols est donc susceptible de remettre en cause la durabilité à long terme de certains agro-écosystèmes (Gis SOL, 2011), et il est essentiel de la maîtriser par la mise en œuvre de stratégies techniques performantes au regard de ce critère.

Nous nous plaçons ici dans le cas d'une exploitation agricole de grande culture soumise à un contexte de risques érosifs importants sur ses parcelles (sol limoneux, parcelles en pente et de grande longueur, etc.). L'objectif supposé de l'agriculteur est alors de limiter ces risques en mettant en place des pratiques visant à prévenir la formation du ruissellement (ralentissement ou prévention de la formation des croûtes superficielles, maintien d'une forte rugosité en surface) et/ou à protéger la surface du sol contre les risques d'arrachement, soit par l'impact mécanique des gouttes de pluie, soit par le ruissellement plus ou moins concentré. L'outil permet de filtrer parmi les 203 pratiques celles qui assurent des avantages certains pour réduire les risques érosifs. Nous sélectionnons donc uniquement les pratiques dont les impacts sont notés positivement (« + ») sur la performance élémentaire « Réduire les risques d'érosion ».

En cohérence avec les préconisations usuelles, les pratiques qui ressortent font appel à une réduction de la profondeur du travail du sol, à une augmentation de la couverture des sols, à l'introduction et à la gestion des éléments fixes dans le paysage, ou encore à la modification de la forme du parcellaire. A titre d'exemple, nous choisissons ici d'associer quelques pratiques issues de la liste proposée par l'outil (« Pratiquer le non labour avec travail superficiel », « Laisser les résidus à la surface du sol », « Travailler en courbe de niveau », « Planter des couverts végétaux à fonction agro-écologique », « Diversifier les périodes d'implantation » et « Planter une haie en bordure de parcelle »), pratiques qui peuvent être combinées comme le montre la matrice des relations. Nous analysons ensuite les résultats de la mise en œuvre simultanée de ces pratiques sur les performances de l'exploitation (cf. Matrice C1 et Radar C1).

Matrice C1 : Exploitation de grandes cultures visant à réduire les risques d'érosion sur ses parcelles

		Production		Economie									
				Rentabilité	Soldes de Gestion				Robustesse				Transmissibilité
Métapratique	Sous- pratique	Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité
Aménagement foncier	Planter une haie en bordure de parcelle	+/-	=	=/-	=/-	=/-	=/-	=/-	=	=/-	=/+	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Diversifier les périodes d'implantation des cultures	+/-	=	+/-	=/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+	=/-	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Planter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=	=/-	+/-	=/-	=/-	=/-	+/-	=/-	=	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Travailler en courbes de niveau	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Laisser les résidus de récolte à la surface du sol	+/-	=/-	+/-	=/+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	=	=	=
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Pratiquer le non labour avec travail superficiel (< 15 cm)	+/-	=/-	+/-	=/+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	=	+	=

		Ressources naturelles fossiles				Environnement							
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau			
Métapratique	Sous- pratique	Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires
Aménagement foncier	Planter une haie en bordure de parcelle	=	=	=	=	=	+	=	=	+	+	+	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Diversifier les périodes d'implantation des cultures	+/-	=/+	+/-	+/-	+/-	=/+	=/+	=	=/+	+	=/+	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Planter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=/+	+/-	=	+	+	+	=	+	=/+	+	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Travailler en courbes de niveau	+/-	=	=	=	=	+	=/+	=	+	=	+	=
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Laisser les résidus de récolte à la surface du sol	+	=	=/+	=	=	+	+	=	+/-	+/-	+	=
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Pratiquer le non labour avec travail superficiel (< 15 cm)	+	=	=/+	=	=/-	+	+	=	=	-	+/-	=

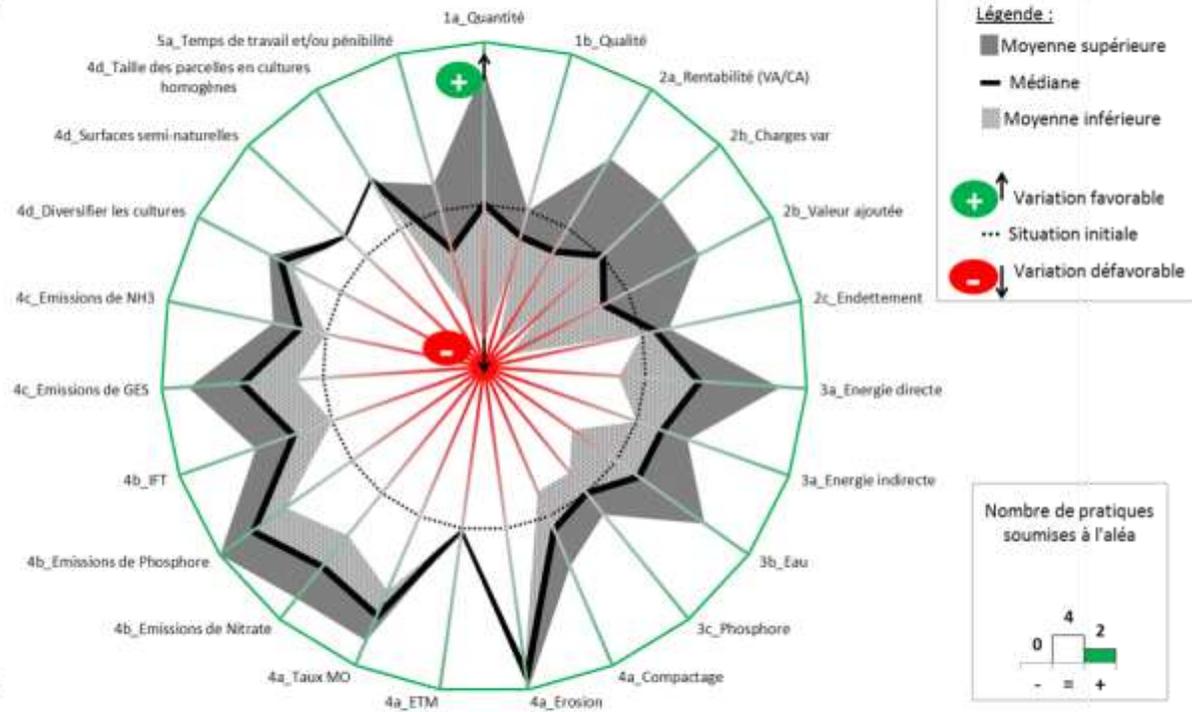
		Environnement								Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas
		Air				Biodiversité				Travail	Santé	Bien être animal	
Métapratique	Sous- pratique	Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques	Améliorer le bien être animal	
Aménagement foncier	Planter une haie en bordure de parcelle	+	+	+	=	+	=/+	+	+	-	=	=/+	+
Diversification des successions de cultures et des assolements	Diversifier les périodes d'implantation des cultures	+/-	+/-	=	=	=	+	+	=	+/-	=/+	=	+/-
Diversification des successions de cultures et des assolements	Planter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+	+	=	=	=	+	=	=	-	=	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Travailler en courbes de niveau	=	=	=	=	=	=	=	=/+	=/-	=	=	+
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Laisser les résidus de récolte à la surface du sol	+	=	=	=	=	=	=	+	+/-	=	=	=
Travail du sol et gestion de l'état de surface	Pratiquer le non labour avec travail superficiel (< 15 cm)	+/-	-	=	=	=	=	=	=/+	+	=	=	+/-

Radar C1 Exploitation de grandes cultures soumises à des risques d'érosion sur ses parcelles

Objectifs de l'exploitant :

- Limiter l'érosion en protégeant la surface du sol et en maîtrisant le ruissellement

- **Travail du sol et gestion de l'état de surface**
 - Pratiquer le non labour avec travail superficiel
 - Laisser les résidus à la surface du sol
- **Gestion de l'eau et de sa qualité**
 - Travailler en courbe de niveau
- **Diversification des successions de cultures et des assolements**
 - Implanter des couverts végétaux à fonction agro-écologiques
 - Diversifier les périodes d'implantation
- **Aménagement foncier**
 - Implanter une haie en bordure de parcelle



Freins et difficultés:

- ✓ Performances productives et économiques variables ; fortement dépendantes du milieu biophysique et du type de cultures implantées ;
- ✓ Temps de travail et surtout technicité potentiellement accrus

Ces pratiques permettent par construction de maximiser les bénéfices sur la performance « Réduire les risques d'érosion ». Cette amélioration est assurée par la couverture du sol *via* les résidus du précédent cultural et *via* l'implantation de cultures intermédiaires, de façon corollaire et secondairement par la réduction de sensibilité à l'incision liée au fait que le volume de sol ameubli est diminué, enfin à plus long terme par le maintien ou l'accroissement du taux de matières organiques superficiel. L'implantation des haies joue également un rôle important dans le piégeage des particules solides ; leur positionnement devant être réfléchi en fonction des circuits hydrauliques dans le paysage. Les haies les plus intéressantes de ce point de vue sont celles situées en rupture de pente sur le versant et celles qui accompagnent les talus de ceinture dans les bas-fonds (Le Bissonnais et *al.*, 2002). Les impacts sur la qualité des sols sont donc positifs, à très positifs ; même si l'agriculteur devra veiller à l'évolution de l'état structural du sol, notamment pour éviter d'éventuels risques de compactage ou de tassement inhérents à la suppression du travail profond. Il faut également souligner que l'impact bénéfique sur la réduction des phénomènes érosifs ne se fera sentir que progressivement, en lien par exemple avec la vitesse de développement des haies.

Les impacts sur la qualité de l'eau sont également positivement impactés, principalement grâce à la réduction des risques de lessivage (émissions de nitrate), d'érosion et de ruissellement (émissions de phosphore). Malgré tout, l'utilisation de produits phytosanitaires, notamment herbicides, peut être potentiellement accrue par la suppression des opérations de retournement du sol. La couverture du sol par les résidus des précédents culturaux ou par les cultures intermédiaires peut éventuellement réduire la levée des mauvaises herbes ; mais d'autres risques peuvent apparaître comme la montée en graines des espèces du couvert. Pour réduire ces risques d'utilisation accrue d'herbicides, il est donc pertinent pour l'agriculteur de poursuivre la diversification des espèces cultivées dans sa rotation, notamment au travers de la diversité des périodes d'implantation.

Les impacts sur la qualité de l'air sont globalement positifs, principalement grâce au caractère « piège à carbone » des cultures intermédiaires, des haies et du non-labour. Les émissions de GES sont également potentiellement réduites par la réduction du travail profond (opération gourmande en énergie fossile) ; mais il existe néanmoins des incertitudes liées à la forte variabilité des émissions de N₂O en techniques simplifiées de travail du sol.²²

Les impacts sur la biodiversité sont notés positivement, principalement au travers de l'introduction des haies en bordure de parcelles. L'impact de ces différentes pratiques sur la biodiversité du sol, au travers de l'augmentation de l'activité biologique, est également positif.

Les performances énergétiques sont positivement impactées par la mise en œuvre de ces pratiques, principalement au travers des économies de fioul permises par la suppression du labour. La consommation d'eau peut être augmentée, notamment pour sécuriser l'implantation des cultures principales et intermédiaires dans certaines zones soumises à des périodes de déficits hydriques au moment des semis estivaux.

En revanche, ces pratiques peuvent avoir des impacts variables à négatifs sur les autres performances de l'exploitation : la charge de travail et sa pénibilité, la production (en quantité et qualité) et les résultats économiques.

L'impact sur le temps de travail, représenté très négativement sur le radar, est pour une part lié au fait que certaines opérations nouvelles sont à réaliser (implantation des cultures intermédiaires notamment) ; mais aussi et surtout en raison (i) d'une adaptation plus fine et plus complexe des itinéraires techniques pratiques aux caractéristiques de chaque parcelle (ainsi il faut différencier la conduite des parcelles situées dans les talwegs, sur les versants et dans les parties amont peu inclinées des bassins-versants) (ii) des aménagements intra-parcellaires dont certains sont à réimplanter chaque année, d'autres ralentissant de façon plus ou moins marquée la circulation des engins (chemin d'eau enherbés ou tassés en travers de parcelles par ex.). Ce pronostic pessimiste est

²² Pour plus de détails, voir l'encadré 1.2 du Volume 3, Chapitre 1 à propos des émissions de GES en techniques simplifiées de travail du sol.

néanmoins à nuancer. L'introduction de haies et de couverts d'inter-culture peut dégrader cette performance au moment de leur implantation. Mais cet impact reste, en valeur absolue, de faible ampleur dans le cas des inter-cultures, et peu fréquent dans le cas des haies. A l'opposé, la simplification du travail du sol peut avoir des impacts positifs sur l'organisation du travail de l'agriculteur en supprimant de nombreuses opérations de préparation du sol.

En revanche, il ne faut pas sous-estimer le degré de risques et d'incertitudes que ces nouvelles pratiques engendrent pour l'agriculteur. En premier lieu, il doit apprendre une nouvelle manière d'implanter ses cultures, c'est-à-dire dans un sol peu travaillé, au milieu des résidus de culture, et parfois avec des équipements nouveaux. De même, l'implantation des inter-cultures nécessite une maîtrise satisfaisante pour qu'elles puissent apporter une contribution réelle aux performances environnementales. Il y a donc une phase essentielle de transition à prévoir avant la généralisation sur l'ensemble des parcelles de l'exploitation.

Les performances productives sont représentées comme étant très variables et même potentiellement négatives sur la qualité de la production. C'est principalement lié à une très forte dépendance au type de cultures implantées, cultures réagissant plus ou moins bien à leur implantation sur des sols travaillés plus grossièrement. Les cultures d'hiver pratiquées ici réagissent par exemple nettement mieux que celles de printemps comme le tournesol, le pois ou le sorgho, pour différentes raisons qui tiennent pour partie à la culture elle-même (semis à faible densité et absence de ramification pour le tournesol, le maïs, la betterave) et pour partie à la période de semis elle-même (attaques d'oiseaux sur pois, par exemple). De fait, les impacts sur les performances économiques sont également ambigus. D'une part, l'introduction de haies et de cultures intermédiaires génèrent des frais d'implantation et de gestion ; mais à l'opposé, la simplification du travail du sol peut se traduire par une baisse importante des charges opérationnelles, par une réduction du parc matériel et donc par une baisse du niveau d'endettement de l'exploitation ; les résultats économiques ne sont donc pas homogènes et doivent être discutés en fonction des cultures et du milieu biophysique.

Enfin, la sensibilité aux aléas est potentiellement améliorée pour ce type de système car l'exploitation est moins exposée à des chocs climatiques (épisodes pluvieux abondants) ou économiques (moindre dépendance au prix de l'énergie).

C2 - Protéger les Bassins d'Alimentation de Captage (réduire les émissions de nitrate et l'utilisation de produits phytosanitaires)

Les Bassins d'Alimentation de Captage (BAC) sont des territoires à fort enjeu en termes de qualité de l'eau, puisqu'ils correspondent à la surface de collecte des précipitations alimentant un captage d'eau destiné à la fourniture d'eau potable. Dans le cas où des teneurs en nitrate ou en pesticides atteignent des niveaux supérieurs aux seuils de non-potabilité et considérés comme non corrigibles, l'abandon du captage peut être décidé. La loi Grenelle 1 (3 août 2009) a demandé que soient établis et mis en œuvre pour la fin 2012 des programmes d'action pour les 507 captages prioritaires²³, ce qui n'est pas le cas pour un certain nombre d'entre eux.

A titre d'illustration des démarches de protection de BAC, les exemples de Vittel en France (Deffontaines et Brossier, 1997) ou de la ville de Munich en Allemagne (Meiffren et Pointereau, 2009) sont fréquemment cités. Dans les deux cas, des changements de pratiques agricoles, à l'échelle d'un territoire, ont été mis en œuvre afin de protéger des périmètres de captage d'eau. On retrouve une même dynamique dans l'exploitation forestière des Catskill Mountains qui assurent l'alimentation en eau de la ville de New York (Munsell et Germain, 2007)

²³ Identifiés en 2009 par les ministères en charge du Développement durable, de la Santé et de l'Agriculture et dont la liste a été publiée sur leurs sites internet respectifs.

Matrice C2 : Exploitation agricole située sur un Bassin d’Alimentation de Captage

Métapratique	Sous-pratique	Production		Economie											
		Augmenter le rendement	Améliorer la qualité de la production	Augmenter la rentabilité	Soldes de Gestion					Robustesse				Transmissibilité	
					Diminuer les charges variables	Augmenter la Valeur ajoutée	Augmenter l'Excédent brut d'exploitation	Augmenter le Résultat courant avant impôt	Augmenter l'Autonomie productive	Diminuer la dépendance aux aides	Diversifier les productions	Diminuer l'endettement	Améliorer la Transmissibilité		
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter et raisonner les doses appliquées	=/+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Utiliser des buses anti-dérive	=	=	=/+	+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=/+	=	=	=	=
Choix des variétés et des semences	Cultiver des mélanges de variétés sur une même parcelle	+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	=	=	=	=
Protection phytosanitaire des cultures	Implanter des infrastructures agroécologiques pour favoriser la lutte biologique	+/-	=	-	-	-	-	-	-	-	+/-	=	=	=	+
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=	=/-	+/-	=/-	=/-	=/-	=/-	+/-	=/-	=	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Diversifier les périodes d'implantation des cultures	+/-	=	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+	=	=/-	=
Aménagement foncier	Implanter des bandes enherbées en bordure de parcelle	-	=	=/-	+	=/-	=/-	=/-	=/-	=	=/-	=	=	=	=
Aménagement foncier	Implanter une haie en bordure de parcelle	+/-	=	=/-	=/-	=/-	=/-	=/-	=/-	=	=/-	=/+	=	=	=
Aménagement foncier	Réaménager les zones humides	-	=	-	+	-	-	-	-	=	-	=	=	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la part des prairies dans la sole	=/-	+	=/+	+	=/+	=/+	+/-	=/+	+/-	=	=	=	=/-	=

Métapratique	Sous-pratique	Ressources naturelles fossiles				Environnement								
		Energie		Quantité d'eau	Phosphore	Sol				Qualité de l'eau				
		Réduire la consommation d'énergie directe totale	Réduire la consommation d'énergie indirecte	Réduire la consommation d'eau	Réduire la consommation de Phosphore	Limiter le Compactage	Réduire les risques d'érosion	Augmenter le taux de MO	Limiter la teneur en ETM	Réduire les émissions de nitrate	Réduire les utilisations de produits phytosanitaires	Réduire les émissions de phosphore	Réduire les utilisations de produits vétérinaires	
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter et raisonner les doses appliquées	+	+	=	=	=	=	=	=	=	+	+	+	=
Gestion de l'eau et de sa qualité	Utiliser des buses anti-dérive	=	+	=	=	=	=	=	=	=	=	+	=	=
Choix des variétés et des semences	Cultiver des mélanges de variétés sur une même parcelle	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+	+	+	=
Protection phytosanitaire des cultures	Implanter des infrastructures agroécologiques pour favoriser la lutte biologique	=/+	=/+	=	=	=	+	=	=	=	+	+	+	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+/-	=/+	+/-	=	+	+	+	=	+	=/+	+	+	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Diversifier les périodes d'implantation des cultures	+/-	=/+	+/-	+/-	+/-	=/+	=/+	=	=/+	+	=/+	+	=
Aménagement foncier	Implanter des bandes enherbées en bordure de parcelle	=	=	=	=	=	+	=	=	+	+	+	+	=
Aménagement foncier	Implanter une haie en bordure de parcelle	=	=	=	=	=	+	=	=	+	+	+	+	=
Aménagement foncier	Réaménager les zones humides	=	=	=	=	=	=	=	=	+	+	+	+	=
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la part des prairies dans la sole	=/+	+	+	=	=/+	+	=/+	=	+/-	+	+	+	+/-

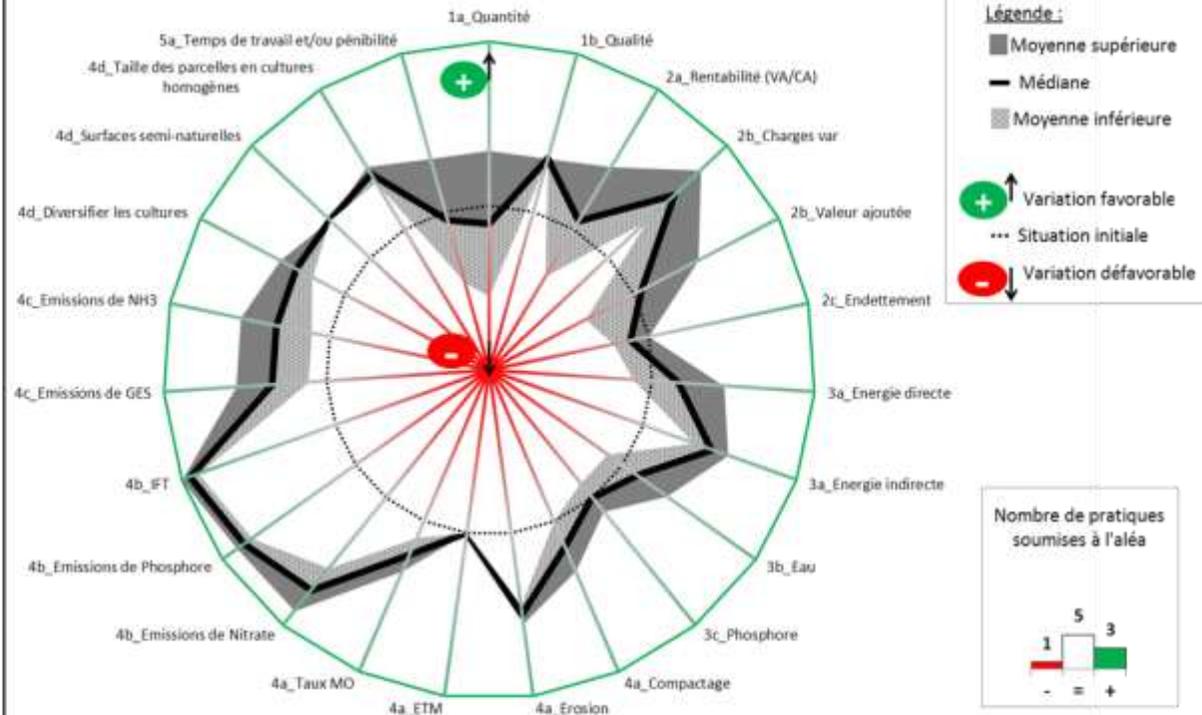
Métapratique	Sous-pratique	Environnement							Dimensions sociales			Diminuer la sensibilité aux aléas		
		Air				Biodiversité			Travail	Santé	Bien être animal			
		Diminuer les émissions de GES	Diminuer les émissions de NH3	Diminuer les émissions d'odeurs	Diminuer les rejets de polluants organiques	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Diversifier les cultures	Réduire la taille des parcelles en cultures homogènes	Réduire la perturbation de l'écosystème	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité	Diminuer l'exposition aux risques		Améliorer le bien être animal	
Gestion de l'eau et de sa qualité	Adapter et raisonner les doses appliquées	+	+	=	+	=	=	=	+	+/-	+	=	=	+
Gestion de l'eau et de sa qualité	Utiliser des buses anti-dérive	=	=	=	+	=	=	=	+	=	+	=	=	=
Choix des variétés et des semences	Cultiver des mélanges de variétés sur une même parcelle	=	=	=	=	=	=	=	=/+	+	=	=	=	+
Protection phytosanitaire des cultures	Implanter des infrastructures agroécologiques pour favoriser la lutte biologique	+	=	=	=	+	+	+	+	-	=	=/+	+	+
Diversification des successions de cultures et des assolements	Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)	+	+	=	=	=	+	=	=	-	=	=	=	=
Diversification des successions de cultures et des assolements	Diversifier les périodes d'implantation des cultures	+/-	+/-	=	=	=	+	+	=	+/-	=/+	=	=	+/-
Aménagement foncier	Implanter des bandes enherbées en bordure de parcelle	=	=	=	=	+	=	=/+	+	=/-	=	=	=	=
Aménagement foncier	Implanter une haie en bordure de parcelle	+	+	+	=	+	=/+	+	+	-	=	=/+	+	+
Aménagement foncier	Réaménager les zones humides	=	=	=	=	+	=	+	+	=	=	+	=	=
Gestion de l'alimentation animale	Augmenter la part des prairies dans la sole	+/-	+/-	=	=	=	=/+	=	+	+/-	=	+	=	-

Radar C2 Exploitation agricole située sur un Bassin d'Alimentation de Captage

- **Gestion de l'eau et de sa qualité**
 - Adapter et raisonner les doses appliquées
 - Utiliser des buses anti-dérive
- **Protection phytosanitaire des cultures**
 - Implanter des infrastructures agro-écologiques pour favoriser la lutte biologique
- **Choix des variétés et des semences**
 - Cultiver des mélanges de variétés sur une même parcelle
- **Diversification des successions de cultures et des assolements**
 - Implanter des couverts végétaux d'interculture (à fonction agro-écologique)
 - Diversifier les périodes d'implantation des cultures
- **Aménagement foncier**
 - Implanter des bandes enherbées en bordure de parcelle
 - Implanter une haie en bordure de parcelle
 - Réaménager les zones humides
- **Gestion de l'alimentation animale**
 - Augmenter la part de prairies permanentes dans la sole fourragère

Objectifs de l'exploitant :

- dans le cadre d'une démarche collective, participer à la réduction des flux de pesticides et d'azote vers l'aquifère



Freins et difficultés :

- nécessité d'une mise en œuvre collective à l'échelle du territoire
- dégradation des performances productives et économiques
- incertitude sur le délai avant effet visible des modifications de pratiques

Des parties prenantes telles que des agences de l'eau, des industriels ou des collectivités locales ont participé au financement de ces changements de pratiques.

De fait, à l'instar des territoires cités au-dessus, les enjeux identifiés pour ce cas d'étude nécessitent que l'évolution envisagée prenne explicitement²⁴ en compte les performances « Réduire les émissions de nitrate » et « Réduire les utilisations de produits phytosanitaires » dans le but de réduire significativement les flux non souhaités d'intrants vers l'aquifère : flux de pesticides et flux d'azote. Ceci ne présage en rien du délai nécessaire avant que ne soit constaté un impact sur les concentrations de l'aquifère car le « temps de réponse » de ce dernier peut être très variable selon les caractéristiques locales : climat, pédologie, géologie, etc. Les simulations faites dans certains bassins versants largement instrumentés ont montré que ces pas de temps peuvent être très longs, à l'exemple du bassin de la Fontaine du Theil, où il a été calculé que la conversion de l'ensemble de la surface en prairies avec une gestion optimisée se traduirait par une réduction de la teneur en nitrate dans l'eau, mais qu'il faudrait 25 ans pour diviser par deux cette teneur (Chambaut et *al.*, 2008).

De manière générale, les MP mobilisées sont : la gestion de l'eau et de sa qualité, la protection phytosanitaire des cultures, le choix des variétés et des semences, la diversification des successions de cultures et des assolements, les aménagements fonciers et enfin la gestion de l'alimentation animale. Les pratiques sélectionnées (cf. Matrice C2 et Radar C2) relèvent de classes « SFR » diverses, mais une grande partie est de type « stratégique ».

Au regard des enjeux identifiés, on observe un impact positif non ambigu de ce paquet technique sur les performances « Réduire l'utilisation de produits phytosanitaires », « Réduire les émissions de nitrate » et « Réduire les émissions de phosphore », conformément aux objectifs initiaux. De fait, on peut aussi noter une amélioration des performances « Réduire les risques d'érosion », « Réduire les émissions de NH₃ », ou encore « Augmenter la part de surfaces semi-naturelles ». La Méta-performance « Utilisation de ressources » est améliorée ou neutre. Les économies d'énergies constatées sont directement liées à la moindre utilisation d'intrants de synthèse.

Par ailleurs, la performance production est dégradée voire très dégradée. Ceci est principalement dû à des changements d'affectation des sols puisque des espaces auparavant destinés à la production peuvent être convertis dans le cadre des pratiques « Réaménager les zones humides », « Implanter des infrastructures agro-écologiques pour favoriser la lutte biologique » ou « Implanter une haie en bordure de parcelle », à moins qu'une valorisation de leur production ne soit réalisée/réalisable. D'autres pratiques peuvent contribuer à dégrader cette performance : « Implanter des couverts végétaux d'interculture à fonction agro-écologique », « Implanter des bandes enherbées en bordure de parcelle », ou « Augmenter la part de prairies permanentes dans la sole fourragère ». En revanche, le paquet technique sélectionné voit s'améliorer la performance qualité, en raison du fait que l'augmentation de la part de prairies permanentes dans la sole fourragère contribue à une amélioration de la qualité du lait produit (en particulier la teneur en acides gras insaturés, bien que la teneur en protéines du lait soit simultanément réduite).

En outre, malgré la diminution des charges variables associée à la réduction du recours aux intrants, les performances « rentabilité » et « valeur ajoutée » sont dégradées par les incertitudes sur les quantités produites. Au-delà des charges associées à la remise en état des zones humides (« relevage » de drains, par ex.) ou pour l'implantation de haies, l'endettement peut être dégradé lorsque de nouveaux matériels d'implantation ou de récolte sont rendus nécessaires par la diversification des cultures (associé aux pratiques « diversifier les périodes d'implantation », « cultiver des mélanges de variétés sur une même parcelle » et « augmenter la part de la prairie

²⁴ Les pratiques élémentaires mobilisées devront être notées « + » sur au moins l'un de ces deux enjeux.

permanente dans la sole fourragère »). Ceci est en cohérence avec les mécanismes de soutiens financiers mis en œuvre dans les exemples cités plus haut.

Enfin, la performance « temps de travail et pénibilité » est dégradée, voire fortement dégradée. Ceci est dû à l'augmentation des observations nécessaires au raisonnement et à la réduction des apports d'intrants (« Adapter et raisonner les doses appliquées », « Utiliser des buses antidérive »), à l'élargissement des périodes de travaux agricoles (préparation, implantation, récolte), ainsi qu'à l'entretien des espaces nouvellement installés (haies, bandes enherbées).

La sensibilité aux aléas est globalement mieux maîtrisée *via* ce paquet technique. Il est cependant primordial que cette démarche d'évolution des pratiques s'insère dans une dynamique collective forte pour assurer la cohérence globale entre les espaces et leurs fonctionnalités associées. En effet, ce paquet technique réclame des aménagements fonciers pouvant être très conséquents, en particulier dans le cas du réaménagement des zones humides si elles avaient été court-circuitées (par la création de biefs ou fossés, ou par drainage). Ces aménagements nécessitent alors à la fois un accompagnement à l'échelle de l'exploitation pour le suivi de sa mise en œuvre mais aussi des études préalables afin d'assurer une cohérence globale à l'échelle du bassin versant.

Au-delà des deux performances élémentaires améliorées par le paquet technique proposé, deux incertitudes majeures demeurent. D'une part, le délai avant que des résultats puissent être constatés, lié au temps de réponse de l'hydrosystème local, reste incertain. D'autre part, la forte dégradation attendue des quantités produites affecte immédiatement la pérennité d'une telle évolution des pratiques, à moins qu'elle ne soit reconnue et compensée sur le long terme, soit par une meilleure valorisation des produits vendus, soit par un dispositif d'aide (par ex. MAEt). Au total, la durabilité des évolutions envisagées est donc subordonnée à la mise en œuvre de tels soutiens (Thomas, 2012).

D - Limites, potentiels et perspectives du système expert

Pour autant, cet outil présente quelques limites que nous allons nous attacher à préciser. En réponse à ces limites, des développements potentiels pourraient être envisagés pour améliorer la capacité de ce système « expert » et son utilisation potentielle. Ces perspectives d'utilisation seront précisées à la fin de cette section.

D1 - Limites

Par construction, un même poids a été donné aux différentes performances de l'exploitation. Cette absence de pondération joue un rôle lors de certaines démarches itératives, lorsque l'objectif est de corriger la performance la plus dégradée. Or, selon les porteurs d'enjeux, les priorités (performances à améliorer de façon privilégiée) ne sont pas les mêmes. Ceci pourra faire l'objet de modifications pour mieux prendre en compte les attentes des différents utilisateurs (cf. infra).

D'autre part, l'analyse nous a conduits à retenir un ensemble fini de pratiques élémentaires, considérées comme susceptibles de générer une amélioration des performances productives, économiques et environnementales. La démarche d'identification de ces pratiques élémentaires a

été présentée (cf. Partie 1, Chapitre 3). Même si le nombre de pratiques élémentaires est fini, le périmètre couvert par celles-ci est vaste et a permis un travail approfondi, à la fois pour l'analyse par orientation productive, mais également pour la conception de paquets techniques cohérents construits autour d'une pratique pivot ou d'une performance à améliorer. Ce nombre fini a donc permis d'élaborer une méthodologie robuste et riche de potentiels. Comme on le verra ci-dessous, il est envisageable de poursuivre et d'améliorer ce travail d'identification de pratiques d'intérêt, ce qui permettra d'enrichir le processus de construction *in silico* de systèmes innovants et potentiellement performants.

La combinaison de pratiques au sein de paquets techniques améliorateurs présente par ailleurs quelques limites propres qu'il convient de rappeler :

- La méthode d'agrégation repose sur deux hypothèses sous-jacentes lourdes qu'il convient de rappeler et dont il faut également préciser les limites et les impacts. La première est l'équivalence du poids de chacune des pratiques élémentaires au sein d'un paquet technique, qu'il s'agisse de pratiques tactiques ou stratégiques. Or certaines pratiques ont des effets beaucoup plus importants que d'autres sur telle ou telle performance. La seconde hypothèse est l'additivité des impacts sur les performances. Quand deux pratiques élémentaires ont intérêt à être mises en œuvre ensemble, leurs impacts sur les performances sont additionnés. On aurait pu envisager que dans ce cas, l'effet soit plus qu'additif, et exprime une interaction. Toutefois, ceci n'a pas été retenu car dès qu'il y a plus de deux pratiques élémentaires liées *via* +1 ou 0 dans la matrice de relations, il devient impossible de prendre en compte cette diversité d'interactions possibles ;
- Les performances sont décrites selon une approche qualitative (en termes de sens de l'évolution) et non quantitative. Ainsi, un « impact moyen » de + 0,5 d'un paquet technique sur une performance ne signifie pas que cette dernière est améliorée de 50 %. A titre d'exemple, quand « l'impact moyen » sur l'IFT d'un paquet technique en productions végétales est de 0,5, il ne faut pas en déduire que l'IFT sera réduit de 50 % (objectif initial du plan Ecophyto 2018). On peut uniquement en déduire que l'IFT sera réduit et que cette réduction serait potentiellement plus importante que si « l'impact moyen » avait atteint une valeur de 0,25 ;
- La construction virtuelle de paquets techniques améliorateurs s'est appuyée sur la démarche de correction de la performance la plus dégradée. Le choix de la première pratique (« pratique pivot »), ainsi que celui des pratiques supplémentaires à agréger, est réalisé parmi une liste de pratiques ayant des impacts parfois assez proches sur les performances. On peut alors s'interroger sur les conséquences du choix d'une pratique plutôt que d'une autre sur les performances finales du paquet technique. Ceci conduit à s'interroger sur la dépendance au chemin de la méthodologie que nous avons élaborée. Il n'a pas été possible de tester de façon systématique cette dépendance au chemin et de développer un test statistique adapté mais nous avons toutefois conduit ce travail de façon exploratoire au sein de différents paquets techniques. Ceci a permis de constater que cette dépendance au chemin existait (on n'arrive pas toujours au même agrégat final), mais que des sous-ensembles constants sont toujours obtenus. Il y a sans aucun doute là une démarche à poursuivre, y compris par des développements théoriques consolidés.

Pour autant, les différents paquets techniques construits *in silico* avec les méthodes dont les limites ont été précisées ci-dessus ont engendré des évolutions de niveaux de performances agrégés qui s'avèrent cohérents avec les publications scientifiques et techniques qui ont caractérisé les performances de tels ensembles ou parties d'ensembles. On peut donc considérer que malgré les limites précédemment citées, cette démarche présente une certaine robustesse.

Cependant, elle ne permet pas d'aborder à ce stade certaines problématiques. Parmi les points que l'on ne peut explorer à ce stade, on peut citer :

- La prise en compte des synergies spatiales : en effet l'approche est centrée sur l'exploitation agricole, voire même au niveau des parcelles ou des ateliers de production animale. Les articulations entre ces parcelles ou ces ateliers, par exemple dans le cas d'exploitations en polyculture- élevage sont vues uniquement au travers des transferts de fertilité ou de flux de matières premières. Les interactions spatiales ne sont néanmoins pas prises en compte. De la même façon, à l'échelle supra-exploitation, par exemple d'un territoire, l'organisation spatiale du paysage ou du territoire agricole ne peuvent être pris en compte. Le territoire peut uniquement être considéré comme une addition d'exploitations, même si nous avons pris en compte que ces exploitations pouvaient échanger des matières premières, des surfaces, des matériels et des services. Ceci permet une première approche, mais qui n'est pas suffisante si l'objectif est une optimisation à un niveau d'organisation supérieur à l'exploitation agricole ;
- La prise en compte des interactions dans le temps : selon les pratiques élémentaires, les impacts sur les performances peuvent différer dans le temps. Il est nécessaire de prendre en compte cette dimension temporelle dans l'analyse des matrices de relations. La construction de cette matrice s'est appuyée sur l'hypothèse d'une synchronie entre deux pratiques ayant « intérêt à être mises en œuvre ensemble ». Or, les interactions diachroniques peuvent être importantes et sont difficilement renseignées ici. La volonté initiale du projet de tendre vers la conception de systèmes de culture ou d'élevage innovants se heurte donc à cette limite. La traduction pratique de cette ambition serait la construction d'une matrice de relations comportant une troisième dimension, celle d'une interaction temporelle, difficile à renseigner ;
- Les dépendances au milieu et au contexte socio-économique dans lequel se situe l'exploitation : ces dépendances peuvent expliquer dans une certaine mesure la notation de certaines performances selon un intervalle non informatif (« +/- »). Il serait nécessaire d'approfondir cette question pour être (encore) plus pertinent en renseignant les matrices, quitte par exemple à démultiplier les pratiques en fonction des contextes où elles sont mises en œuvre ;
- Enfin l'évaluation des systèmes s'effectue en admettant que chacune des pratiques est mise en œuvre en étant parfaitement maîtrisée ce qui peut ne pas être toujours le cas en pratique. Les résultats correspondent donc à des performances potentielles des systèmes.

D2 - Potentiels et développements possibles

En réponse à certaines limites citées ci-dessus et en considérant la structure de l'outil créé, il est possible d'envisager des développements futurs à l'issue de ce travail, éventuellement par d'autres utilisateurs. Parmi les limites, il faut rappeler qu'au stade actuel toutes les performances ont le même poids. Ceci peut être facilement modifié en leur affectant un coefficient de pondération en fonction des priorités affichées. Si on procède à la démarche d'agrégation telle qu'elle est présentée, les itérations successives prendront en compte, de façon privilégiée, les performances ayant la pondération la plus forte. Ceci est envisageable dans le cadre d'une utilisation de cet outil avec différents groupes d'acteurs ou dans différents contextes.

Il est toujours possible d'ajouter des pratiques élémentaires pour être plus exhaustif sous respect des quatre étapes suivantes dans leur implémentation :

- La nouvelle pratique élémentaire est précisément décrite. Un verbe d'action la caractérise et une indication précise du sens de l'action est donnée, pour éviter toute ambiguïté dans la qualification des performances ;
- Pour chaque pratique élémentaire nouvelle, il est nécessaire de caractériser leur importance stratégique. Il est vraisemblable que l'enrichissement se fera avec des pratiques relevant de plus en plus du niveau tactique, les pratiques les plus stratégiques étant ici bien identifiées.

Cependant, les acquis de la recherche finalisée et appliquée peuvent conduire à proposer des pratiques de rupture, susceptibles d'engendrer une profonde recomposition des paquets techniques. Le système créé doit permettre de visualiser l'impact de l'introduction de ces pratiques de rupture ;

- L'ensemble des impacts sur les performances de la nouvelle pratique élémentaire sont décrits selon l'échelle « - » ; « =/- » ; « = » ; « =/+ » ; « + » ; « +/- », en mobilisant pour cela des résultats de travaux expérimentaux disponibles ;
- La matrice des relations entre cette nouvelle pratique élémentaire et l'ensemble de celles qui sont déjà décrites est documentée. Ceci est fait selon l'échelle décrite précédemment, à savoir « - 1 / 0 / 1 ».

De la même façon qu'il est possible d'ajouter une pratique élémentaire, il est possible de remettre en cause l'évaluation d'une ou plusieurs performances d'une pratique élémentaire déjà documentée, même si le travail d'analyse de la littérature a été approfondi. Ceci permet d'intégrer de façon continue les acquis de la recherche. Cette remise en cause de l'évaluation des performances permet un ajustement pour tenir compte de la dépendance au milieu (par exemple des performances environnementales) et/ou de la dépendance au contexte socio-économique (par exemple des performances économiques) si l'outil venait à être utilisé dans une région particulière ou si le contexte économique était profondément modifié.

Enfin, l'outil disponible aujourd'hui et créé pour cette étude n'a pas été optimisé en vue d'avoir une convivialité et une ergonomie maximales. Ses potentialités ont été validées mais il existe une marge de progrès considérable pour transformer cet outil Excel en un outil plus convivial, facile à utiliser. On pourrait également envisager qu'un système disponible en ligne puisse permettre de mutualiser des informations entre des opérateurs différents, sous réserve de disposer d'une modération externe.

D3 - Perspectives et utilisations

Comme ceci a déjà été mentionné, la démarche proposée ne conduit pas à identifier LA solution idéale. Plusieurs raisons expliquent ceci.

Il est d'abord nécessaire de rappeler que toutes les pratiques élémentaires mobilisées dans une exploitation agricole ne sont pas décrites ici, ce qui ne permet pas de représenter de véritables systèmes de production tels qu'ils existent. Nous nous sommes en effet concentrés sur les pratiques qui sont identifiées sur la base de la littérature scientifique et technique comme susceptibles de contribuer à une agriculture à hautes performantes.

Il faut également rappeler que tous les agriculteurs d'une orientation productive n'ont pas exactement les mêmes attentes, ceci pouvant être traduit par des poids différents sur les différentes performances.

Il faut donc considérer le présent outil comme un outil d'aide à la réflexion qui peut être un support d'échanges entre décideurs, entre agriculteurs ou entre agriculteurs et conseillers. Ce peut être aussi un bon outil pour illustrer les approches systémiques en formation initiale ou continue.

Cet outil d'aide à la réflexion permet de traiter différentes questions :

- Que se passe-t-il si je mets en œuvre une nouvelle pratique, le fonctionnement actuel de mon exploitation étant décrit au préalable ? Ceci peut nécessiter de caractériser des pratiques

élémentaires particulièrement importantes pour l'agriculteur et non présentes dans le système actuel ;

- Compte-tenu du système de production actuel, quelles pratiques ai-je intérêt à mettre en œuvre pour corriger ou améliorer une performance qui me semble particulièrement dégradée ou difficile à améliorer ?

Enfin, et même si cet outil a été développé autour de l'exploitation agricole, il peut être utilisé par différents porteurs d'enjeux travaillant en relation avec l'agriculture, les industries d'aval par exemple, ou à des niveaux d'organisation plus élevés, au niveau d'un territoire (collectivités territoriales) ou d'un bassin de collecte (coopératives, négoce) par exemple.

PARTIE III FACILITER LES TRANSITIONS VERS DES SYSTÈMES À HAUTES PERFORMANCES

Faciliter les transitions vers des systèmes à hautes performances	176
A - La théorie du verrouillage	176
B - L'agro-écologie : un nouveau paradigme qui pourrait permettre l'émergence et le développement de systèmes agricoles à hautes performances.....	180
C - Volontarisme et réalisme pour le développement de systèmes agricoles à hautes performances.....	184

Faciliter les transitions vers des systèmes à hautes performances

L'analyse des pratiques et l'étude des paquets techniques cohérents présentés dans les deux parties précédentes montrent, de façon générale, qu'il existe un trade-off au moins potentiel entre, d'une part, les performances productives quantitatives, et, d'autre part, les performances en matière d'utilisation des ressources naturelles fossiles et de protection / préservation de l'environnement. Il existe également un trade-off possible entre, d'une part, les deux performances « utilisation de ressources naturelles fossiles » ainsi que de « protection / préservation de l'environnement », et, d'autre part, les performances économiques, plus spécifiquement l'endettement dès lors que la réduction des utilisations de ressources fossiles naturelles et/ou la protection augmentée de l'environnement exigent des investissements spécifiques qui peuvent peser sur les niveaux d'endettement des exploitations agricoles. Enfin, il apparaît que les pratiques élémentaires et ensembles de pratiques qui permettent d'économiser des ressources naturelles fossiles et/ou de mieux préserver l'environnement ont souvent pour effet de dégrader la performance « travail », dans sa dimension temps de travail comme dans celle de sa complexité, voire de sa pénibilité.

Cette synthèse de l'analyse implique que l'évolution des pratiques et des systèmes vers la haute performance ne va pas de soi et se heurte à des freins importants. De façon à réfléchir aux possibilités de lever les freins au changement, il est pertinent de mobiliser des cadres théoriques, plus spécifiquement la théorie économique et sociologique dite du verrouillage (lock-in en anglais). Ce cadre théorique est utile à condition, d'une part, de l'adapter aux spécificités de l'agriculture et de l'agro-alimentaire, et, d'autre part, de le compléter en intégrant deux dimensions essentielles trop peu présentes dans la théorie de base du verrouillage, à savoir (i) le progrès scientifique et technique et (ii) la prise en compte des divergences entre les coûts et bénéfices privés (qui ne tiennent compte que des transactions passant par un marché) et les coûts et bénéfices publics (qui intègrent, de façon générale, les effets positifs ou négatifs des activités agricoles et agro-alimentaires sur les biens et services qui ne sont pas ou peu valorisés par un marché, du moins à ce jour).

A - La théorie du verrouillage

S'il existe des difficultés pour quitter un régime socio-technique dominant, c'est qu'il existe une technologie dominante dont il est très difficile de s'affranchir (Geels, 2002 ; Geels, 2005). Il existe donc un verrouillage technologique (lock-in) lié à la domination d'une technologie relativement aux alternatives, domination qui est le fruit d'une trajectoire dynamique, endogène et irréversible après engagement sur le sentier (path dependency). Cette trajectoire dynamique s'insère elle-même dans un paradigme technologique qui fait que seul un changement de paradigme peut entraîner un changement de trajectoire ; en d'autres termes, sans changement de paradigme, les innovations ne sauraient être qu'incrémentales le long du sentier de dépendance qui caractérise le verrouillage sur la technologie dominante.

Ce cadre théorique a été conceptualisé et utilisé dans les années 1980-90 dans les domaines de l'industrie (David, 1985 ; Arthur 1989 ; Arthur, 1994 ; Liebowitz et Margolis, 1995) et de l'énergie (Cowan, 1990). Son application au domaine agricole est plus récente. L'article séminal de Conway et Gunby (1996) appliqué à la

question de la protection des plantes, plus spécifiquement à l'analyse de la protection chimique (technologie dominante) versus de la protection intégrée (technologie dominée), a initié de nombreux travaux par la suite, au niveau international (ainsi, en Belgique, Vanloqueren et Baret, 2009) et national, notamment par plusieurs chercheurs et équipes du département SAD (Sciences pour l'Action et le Développement) de l'Inra (voir, par exemple, Farès et *al.*, 2012).

A1 - La théorie du verrouillage en un clin d'œil

La théorie du verrouillage s'inscrit dans le cadre plus général de la théorie évolutionniste de la compétition technologique. Son principal enseignement peut ainsi être résumé (Arthur, 1989) : « what makes competition between technologies interesting is that usually technologies become more attractive - more developed, more widespread, more useful - the more they are adopted. » ; ou, alternativement en citant Taillant (2005) : « on ne choisit pas une technologie parce qu'elle est plus efficace, mais c'est parce qu'on la choisit qu'elle devient plus efficace. » Naturellement, une technologie non efficace ne sera pas retenue et utilisée ultérieurement de façon croissante ; dit autrement, la compétition entre différentes technologies, plus spécifiquement dans le cadre de notre étude, entre différents systèmes de production, ne se pose que pour des systèmes alternatifs qui peuvent faire preuve de performances minimales en comparaison de celles de la technologie dominante et/ou compte tenu des objectifs de ses utilisateurs (ici les agriculteurs).

Dans le cadre d'une compétition / concurrence entre deux ou plusieurs technologies, l'existence de Rendements Croissants d'Adoption (RCA) va avoir pour effet principal d'altérer les conditions de la concurrence entre ces technologies et par suite, l'issue même de la compétition qui peut déboucher sur une situation de verrouillage en faveur de l'une des technologies.

Cette dépendance au sentier peut être illustrée par le modèle canonique (théorique) des urnes de Polya, du nom du mathématicien américain d'origine hongroise George Polya qui en a imaginé le principe pour tester des phénomènes de contagion. La théorie des urnes de Polya peut être résumée de la façon suivante : une urne de capacité infinie contient au départ une boule noire et une boule blanche ; on procède à un premier tirage et on ajoute alors dans l'urne une boule de la même couleur que celle qui a été tirée ; on poursuit le tirage selon le même principe et on génère ainsi un processus dépendant du sentier (path-dependent) au sens où il présente un caractère stochastique doté d'une certaine forme de mémoire ; on montre en effet que la proportion de boules d'une couleur donnée (noire ou blanche) tend vers une limite X avec une probabilité de 1, X étant une variable aléatoire uniformément distribuée entre 0 et 1 (voir, par exemple, Taillant, 2005).

Le modèle canonique des urnes de Polya fournit une base théorique susceptible d'expliquer des phénomènes aussi diversifiés que la contagion des opinions sur les marchés financiers, la localisation des industries ou la compétition / concurrence entre plusieurs technologies. Ces problématiques ont toutes pour point commun l'existence d'effets cumulatifs au fur et à mesure du déroulement du jeu, ceci parce qu'il existe des rétroactions positives, en d'autres termes des RCA. Kirman (1993) modélise ainsi le fonctionnement des marchés financiers en supposant que les agents ont un comportement mimétique ; ils se convertissent à l'opinion d'autrui au gré de rencontres aléatoires. Kirman (1993) introduit une probabilité de conversion automatique des agents d'un groupe d'opinion à l'autre pour éviter le blocage dans un état particulier. Mais ce sont naturellement les applications du modèle canonique des urnes de Polya à la concurrence / compétition entre plusieurs technologies qui nous intéressent ici.

Arthur (1989) a ainsi raffiné et appliqué le modèle canonique des urnes de Polya au choix de deux technologies par des agents hétérogènes, chacun ayant une préférence « naturelle » pour l'une des deux technologies. En outre, l'utilité retirée par un agent du choix d'une technologie donnée est supposée être proportionnelle au nombre d'adoptions de cette technologie, hypothèse qui permet d'introduire une source de RCA. Sans perte de généralités, l'expérience peut se réduire à deux types d'agents (types A et B) et deux technologies (A et B). A l'issue du jeu, Arthur (1989) montre que trois situations peuvent émerger : (1) choix exclusif de la technologie A ; (2) partage du marché entre les deux technologies (situation dans laquelle chaque agent d'un type donné

choisit la technologie pour laquelle il a une préférence naturelle) ; et (3) choix exclusif de la technologie B. Dans les situations (1) et (3), une technologie verrouille à 100 % le marché au sens où tous les agents choisissent la technologie dominante même ceux qui préfèrent la technologie alternative. La tendance asymptotique vers la technologie qui pourrait devenir dominante est liée à l'ordre d'entrée (aléatoire) des utilisateurs potentiels, utilisateurs potentiels caractérisés par leur préférence naturelle pour l'une des technologies ; cet ordre est régi par des « événements historiques » (Arthur, 1988) ou des « accidents historiques » (David, 1985), accidents historiques non pas au sens premier du mot histoire mais au sens de processus dynamiques ; ces « événements inconnus » ou « accidents historiques » ont pour effet de produire un effet de localisation / fixation du progrès technique sur l'une des technologies dès le début de la compétition.

L'exemple d'Arthur (1988) résumé ci-dessus permet de mettre en évidence trois points essentiels : (i) en premier lieu, le fait que les agents sont hétérogènes ou, dit autrement, qu'il n'y a pas de verrouillage éventuel sur une technologie parce qu'au départ tous les agents ou même une majorité préfèrent cette technologie ; (ii) en deuxième lieu, l'importance des événements ou accidents historiques, et il conviendra de s'interroger sur ce qu'ont pu être ces événements ou accidents historiques en agriculture dans le passé et ce qu'ils pourraient être demain de façon en s'engageant sur un nouveau sentier vers des agricultures à hautes performances ; et enfin (iii) l'importance d'au moins une source de RCA.

Arrêtons-nous un instant sur les différentes sources de RCA qui entraînent la dépendance au sentier et peuvent conduire à une situation de verrouillage. On retiendra six sources principales de RCA :

- L'apprentissage par l'usage au double titre du « learning by doing » (Arrow, 1962) et du « learning by using » (Rosenberg, 1982) : plus une technologie est adoptée, plus les effets d'expérience vont jouer en faveur de sa diffusion et de son amélioration ;
- Les économies d'échelle : l'accroissement équiproportionnel des facteurs de production entraîne une augmentation plus que proportionnelle des volumes produits ;
- Les externalités de réseau, directes et indirectes. Les externalités de réseau directes correspondent à la situation où l'utilité d'un utilisateur d'une technologie donnée augmente avec le nombre d'utilisateurs de ladite technologie (cas du téléphone ou d'internet : il s'agit d'un effet de club assimilable à une externalité de demande). Les externalités de réseau indirectes correspondent à la situation où un utilisateur bénéficie d'externalités d'offre générées par le nombre croissant d'utilisateurs de la technologie (« présents sur le réseau »), via, par exemple, un nombre croissant de prescripteurs, de conseillers, d'installateurs et/ou de réparateurs de la technologie considérée (« pour le réseau ») ;
- Les rendements croissants informationnels : une technologie est d'autant plus répandue qu'elle est connue, ceci en raison de l'aversion pour le risque des producteurs de la technologie et de ses utilisateurs qui les conduit à renforcer le choix pour la technologie dominante ;
- Les interactions technologiques : une technologie va connaître des prolongements dans la mise au point de produits et/ou de services voisins et de technologies affluentes qui vont venir structurer la filière elle-même et son environnement technique, renforçant d'autant plus son attractivité ;
- La formation initiale des usagers : les acteurs issus d'une même formation auront une capacité augmentée à interagir pour faciliter l'adoption d'une technologie donnée.

A2 - La théorie du verrouillage en agriculture : appliquer et compléter

A2.1 - Application de la théorie du verrouillage à l'agriculture

On peut facilement appliquer cette théorie évolutionniste du verrouillage à l'agriculture, plus spécifiquement aux systèmes agricoles dits intensifs fortement dépendants des achats d'inputs extérieurs à l'exploitation agricole ; ce sont de fait les systèmes qui ont été utilisés dans tout ce travail comme définissant l'Agriculture Conventiionnelle (AC) - avec tous les problèmes déjà mentionnés de non-unicité de l'AC.

En se replaçant dans le cadre de la transition de la révolution agricole industrielle des XIX et XX^{ème} siècles, qui se produit à une époque où les ressources énergétiques fossiles sont considérées comme non limitantes ou en tout cas non épuisables par l'humanité,²⁵ on peut interpréter la tendance progressive mais asymptotique vers la technologie aujourd'hui dominante de l'AC intensive en intrants industriels achetés à l'extérieur comme :

- Ayant été initiée (effet de localisation du progrès technique sur cette technologie) par, d'une part, la possibilité de corriger les carences physico-chimiques des sols grâce à la découverte de la théorie de la minéralisation et les progrès des modes de transport (amendements calciques pour corriger l'acidité des sols, marnage et redressement des teneurs des sols en phosphore) et, d'autre part, ce problème des carences étant désormais réglé, la possibilité d'utiliser des engrais azotés *via* la découverte de la synthèse de l'ammoniac à partir de l'azote de l'air ;
- Ayant été permise et renforcée par la co-existence de plusieurs sources de RCA : apprentissage par l'usage, économies d'échelle, externalités indirectes de réseau, rendements informationnels croissants, interactions technologiques, formation des agriculteurs.

De façon plus générale, les corrections des propriétés physico-chimiques des sols, la fertilisation azotée, le recours aux pesticides chimiques, la motorisation et la mécanisation, le recours aux médicaments vétérinaires, l'utilisation d'aliments concentrés en alimentation du bétail, etc. constituent le paradigme technologique de la révolution agricole industrielle des XIX et XX^{ème} siècles qui va configurer l'activité innovatrice, en délaissant certaines options et en privilégiant d'autres sur lesquelles vont se cristalliser les apprentissages et les innovations qui ne peuvent être qu'incrémentales. Dit autrement, il y a au moins possiblement situation de verrouillage.

A2.2 - Compléter par d'autres approches théoriques

On notera toutefois, avec intérêt, qu'il n'est pas nécessaire de recourir à la théorie hétérodoxe (au sens historique du terme, i.e. par « opposition » à la théorie dominante en économie, soit la théorie marginaliste ou néoclassique) du verrouillage pour proposer une explication à la révolution agricole industrielle des XIX et XX^{ème} siècles et à la dominance progressive du paradigme technologique qui lui est associé.

En effet, dans le cadre de la théorie économique marginaliste / néoclassique orthodoxe, une explication non contradictoire et non exclusive de la dominance de l'agriculture intensive peut être fournie par :

- Le bénéfice privé (augmentation du profit privé) pour l'agriculteur à adopter les innovations (amendements calciques, marnage et redressement des sols en phosphore, engrais azotés, pesticides, mécanisation et motorisation, aliments du bétail, etc.) ; ce premier facteur explicatif s'applique même en supposant que les producteurs agricoles sont homogènes (ont des préférences identiques) alors qu'ils sont supposés hétérogènes dans la théorie hétérodoxe du verrouillage ;
- Le renforcement du paradigme technologique de l'agriculture intensive et progressivement la dominance technologique de celle-ci au cours du temps conformément à la théorie du progrès technique induit qui, de façon générale, peut être défini comme un progrès technique orienté de façon à économiser ce qui est rare (la terre) et/ou cher (le travail). On parle alors d'un biais du progrès technique en défaveur des facteurs de production que l'on cherche à économiser car rares et/ou chers et symétriquement, d'un biais en faveur des facteurs de production qui leur sont substituables, ici le capital (matériels et bâtiments) et les consommations intermédiaires achetées à l'extérieur (Hayami et Ruttan, 1971 ; Binswanger et Ruttan, 1978).

Dans ce second cadre d'analyse, les sources de RCA identifiées supra jouent aussi, naturellement, puisqu'elles existent quel que soit le cadre d'analyse retenu. Cette influence de plusieurs sources de RCA conduit, ici aussi, à

²⁵ On rappellera ici que l'utilisation du pétrole comme ressource énergétique arrive au XIX^{ème} siècle aux Etats-Unis avec la production de gaz de pétrole, que la première synthèse industrielle d'engrais azotés à partir de gaz naturel est réalisée en Allemagne en 1917 selon un brevet déposé en 1909 par Haber et Bosch, et qu'en 1985 il y avait encore des théories selon lesquelles une partie du pétrole était d'origine magmatique.

renforcer la dominance du modèle agricole intensif industriel en permettant la diminution des coûts unitaires de mise au point et d'adoption des innovations (incrémentales) et en orientant le progrès technique sur les innovations incrémentales qui ne remettent pas en cause les fondements de base du paradigme : la terre reste rare et le travail un facteur de production coûteux !

Dans les deux cas, au-delà du cadre hypothétique d'analyse retenu et de la terminologie, la conclusion est similaire et peut ainsi être résumée : il y a dominance d'un paradigme technologique au sens de Dosi (1982), soit « une approche qui définit conceptuellement des problèmes à affronter et des exigences à satisfaire, des principes scientifiques auxquels recourir et des technologies spécifiques à utiliser concrètement. » Concrètement, le paradigme technologique de l'AC « industriellement intensive » a pu voir le jour grâce à la révolution industrielle agricole et a pu étendre progressivement sa domination grâce à ses avantages, quelles que soient leur dénomination et désignation (RCA dans la théorie hétérodoxe du verrouillage ; bénéfices privés et progrès technique induit dans le cadre théorique orthodoxe marginaliste / néoclassique).

On complétera le paysage en soulignant que de nombreuses autres composantes sont venues renforcer ce paradigme :

- La recherche scientifique et les instituts techniques agricoles se sont longtemps essentiellement concentrés sur ce seul modèle ;
- L'amélioration génétique végétale et animale a promu un progrès génétique orienté vers des variétés végétales et des races animales susceptibles de valoriser les grandes quantités d'inputs industriels mobilisés, ceci étant renforcé dans le domaine végétal par les méthodes d'évaluation des variétés en vue de leur inscription ; heureusement, l'évolution, certes lente, des critères d'inscription et méthodes d'évaluation des variétés permet aujourd'hui de prendre en compte leur adaptation à une gamme étendue de milieux et d'intensité de production ;²⁶
- Les politiques publiques, notamment parce que dans l'Union européenne elles ont longtemps été octroyées sous la forme d'une garantie des prix à la production qui incitait à augmenter cette dernière, à la fois en termes de surfaces cultivées (incitation à la marge extensive) et de rendements sur ces surfaces cultivées (incitation à la marge intensive). Les réformes successives de la Politique Agricole Commune (PAC) depuis 1992 ont progressivement diminué les incitations à la marge intensive, mais pas celle à la marge extensive dans la mesure où les aides directes dites découplées restent proportionnelles aux surfaces.

B - L'agro-écologie : un nouveau paradigme qui pourrait permettre l'émergence et le développement de systèmes agricoles à hautes performances

B1 - L'agro-écologie comme nouveau paradigme

Le modèle agricole industriellement intensif montre de façon croissante des limites à l'aune de ses performances en matière de protection de l'environnement (dégradation) et d'utilisation de ressources naturelles fossiles (surexploitation conduisant à l'apparition d'un nouveau facteur limitant majeur, l'énergie) ; limites également à l'aune des performances productives (stagnation des rendements, qualité

²⁶ Même remarque pour la génétique animale ou les caractères fonctionnels ont pris de plus en plus d'importance dans les index synthétiques d'évaluation au détriment de la seule productivité quantitative.

organoleptique des produits jugée non satisfaisante par les consommateurs, etc.), économiques (principalement les productions animales, mais aussi les fruits et légumes), voire sociales (malaise du monde agricole de plus en plus minoritaire dans les territoires ruraux).

La première question qui se pose est alors de savoir si l'enfermement dans le paradigme technologique de l'AC industriellement intensive, qui implique que les innovations ne peuvent être qu'incrémentales et ne remettent pas en cause le paradigme qui sous-tend l'AC, fait qu'il n'est pas possible de répondre aux limites énoncées ci-dessus sans changer de paradigme. Si la réponse à cette première question est positive, la question subsidiaire est alors de définir les conditions qui permettraient à un nouveau paradigme, non seulement d'émerger, mais aussi et surtout de se diffuser de sorte à ce qu'il devienne le nouveau modèle technologique.

La majorité des recherches hétérodoxes²⁷ sur la reconception des pratiques et des systèmes agricoles se situent explicitement dans cette optique de nécessité d'un changement de paradigme en opposant, de façon générale, d'une part, l'agrochimie et l'ingénierie génétique, et le paradigme scientifique et technologique orienté vers l'agrochimie et l'ingénierie génétique, et, d'autre part, l'agro-écologie et le paradigme scientifique et technologique orienté vers l'agro-écologie (Vanloqueren et Baret, 2009), de façon plus ciblée la protection uniquement chimique versus la protection intégrée des cultures qui mobilise la protection chimique uniquement quand ceci est nécessaire (Cowan et Gunby, 1996). Résumée ainsi, la situation apparaît par trop caricaturale, et les auteurs cités ci-dessus n'opposent pas les deux technologies de façon aussi marquée. Toutefois, l'opposition caricaturale est parfois faite ; il est essentiel de la dépasser.

Dans cette perspective, l'agro-écologie serait l'innovation radicale qui permettrait de sortir du verrouillage de l'AC industriellement intensive par l'émergence des fondements d'un nouveau paradigme.

S'inspirant des principes de l'agro-écologie, même s'ils restent encore imprécis, aux contours fluctuants selon les auteurs, une partie de la recherche finalisée, de la recherche appliquée, de la recherche-développement et du développement s'est déjà orientée vers la proposition de pratiques nouvelles, parfois de nouveaux systèmes, à plus hautes performances environnementales, ce qui se traduit dans la présente étude par une amélioration des performances « environnement » et « ressources ».

Au regard de la littérature sur les systèmes sociotechniques et en particulier les travaux de Geels (2002, 2005), ces pratiques et systèmes innovants pourraient constituer des niches à partir desquelles le système de l'AC peut / pourrait s'hybrider et entreprendre une transition vers un nouveau système. Le cadre théorique de Geels (2002, 2005) souligne aussi l'importance de mobiliser le levier réglementaire pour favoriser les évolutions du système socio-technique dominant par intégration de processus et d'expériences issus des niches.

En d'autres termes, la grille d'analyse décrite ci-dessus qui comporte (i) un nouveau paradigme technologique sous-tendu par l'innovation de rupture qu'est l'agro-écologie, (ii) des niches constituées par les expériences de systèmes agricoles innovants et (iii) une transition par hybridation de l'AC, est proposée comme une voie permettant de sortir du verrouillage actuel de l'AC industriellement intensive.

Ceci suppose que le coût du changement soit accepté par l'ensemble des acteurs impliqués, les agriculteurs en premier lieu mais aussi et de façon sans doute tout aussi importante par tout leur environnement d'amont (recherche, recherche et développement, développement, industries du matériel, du bâtiment, de l'approvisionnement) et d'aval (première et seconde transformation, distribution, consommateurs finaux), comme de leur environnement spatial et sociétal (contribuables et citoyens). A ce titre, la représentation de l'exploitation agricole au sein de son orientation productive et au sein d'un espace biophysique de production permet de comprendre que l'exploitation agricole ne peut évoluer seule.

La grille de lecture néoclassique aboutit à une conclusion similaire, à savoir que la situation présente ne serait pas optimale du point de vue de l'ensemble de la société parce qu'elle ne prend pas en compte de façon

²⁷ Au sens de la théorie économie évolutionniste qui n'est hétérodoxe que parce qu'elle est « dominée » par la théorie économique néoclassique majoritaire qui est ainsi qualifiée d'orthodoxe.

suffisante dans les décisions des acteurs les conséquences de leurs actes privés sur l'environnement et les ressources naturelles. En termes techniques, il y a divergence entre, d'une part, l'optimum privé qui est le fruit des seules décisions privées des acteurs, et, d'autre part, l'optimum social qui tient compte des conséquences de ces décisions et actes qui en découlent pour l'ensemble de la société, notamment dans les dimensions protection de l'environnement et usage des ressources naturelles. Selon cette grille de lecture, tout comme dans l'approche hétérodoxe de la théorie du verrouillage, il s'agit de définir les conditions qui permettraient de passer outre le coût du changement.

B2 - Des conditions à satisfaire pour une transition vers l'agro-écologie

Si l'on considère le projet agro-écologique comme un nouveau paradigme technologique, il est nécessaire de s'interroger sur les conditions qui peuvent favoriser son adoption et sa diffusion, et à cette fin se demander comment il est possible de favoriser l'émergence et le développement de RCA, rapprocher les coûts privés et sociaux, et/ou favoriser un progrès scientifique, technique et organisationnel orienté vers des systèmes à hautes performances, le pluriel adopté ici indiquant qu'il s'agit de conjuguer performances productives, économiques, environnementales et sociales. Concrètement, il s'agit de favoriser les conditions d'adoption et de diffusion de pratiques et de systèmes hautement performants tels qu'ils ont pu être identifiés dans les parties précédentes de ce rapport *via* les leviers suivants :

- L'apprentissage par l'usage : il est indispensable de disposer de références techniques validées, et d'en assurer la diffusion aux agriculteurs actuels et futurs ; les fonctionnements collectifs des agriculteurs autour d'expériences et/ou de sites pilote apparaissent essentiels à cet égard ; ceci nécessite aussi la mobilisation concertée de la recherche, du développement et de la formation ;
- Les économies d'échelle et de gamme : il faut pouvoir déployer ce nouveau paradigme au sein de grandes structures (et donc ne pas le limiter aux plus petites) ; il faut favoriser tout à la fois les économies d'échelle et les économies de gamme (qui font qu'il est plus intéressant de diversifier les productions que de les spécialiser) ; dans cette perspective, une intégration des coûts et bénéfices publics est nécessaire de sorte à mieux concilier décisions privés et intérêts publics ;
- Les externalités directes de réseau doivent être mises en œuvre au bénéfice de ce nouveau modèle, en construisant par exemple de nouvelles solidarités entre agriculteurs pour mettre en place de nouvelles technologies (on peut penser ici à la mobilisation de l'autoguidage *via* l'installation d'antennes collectives RTK, ou bien à la construction de retenues collinaires partagées dont la décision de construction doit être instruite dans le cadre d'analyses coûts-bénéfices étendues, i.e., prenant en compte les coûts et les bénéfices marchands et non marchands) ou pour mettre en place de nouvelles filières de diversification, filières qui doivent disposer d'un aval pour exister économiquement ;
- Les externalités indirectes de réseau : il n'y aura diffusion à large échelle de pratiques et de systèmes à hautes performances que si un nombre croissant de prescripteurs, de conseillers, d'installateurs, etc. se mobilisent autour de ce nouveau modèle.
- La formation : de façon liée au point précédent, la formation initiale et continue des agriculteurs et de leurs conseillers doit être en phase avec le projet agro-écologique.

B3 - Recommandations

Sur la base de cette analyse des transitions, il est possible d'émettre un certain nombre de recommandations pour favoriser l'évolution vers des pratiques et des systèmes multi-performants :

- Il convient d'abord de collecter et diffuser l'information sur les pratiques et systèmes à hautes performances. Il est nécessaire de disposer d'un Système d'Information renouvelé, partagé et exhaustif permettant de documenter les performances productives, économiques, environnementales et sociales. Un tel Système d'Information devra être alimenté à l'aide de corpus de références dûment validés, ayant

fait l'objet d'une certification indépendante, distinguant ce qui est générique de ce qui relève du contexte local (notion de dépendance au milieu). Il devra être alimenté conjointement et régulièrement par les opérateurs de la recherche, de la recherche-développement et du développement, mais aussi *via* les expériences développées par les agriculteurs eux-mêmes (complémentarité des approches top-down et bottom-up). A côté des expériences ponctuelles, il faut également pouvoir mobiliser des expérimentations systèmes et/ou des expérimentations risquées permettant d'explorer des champs nouveaux en rupture. Au travers d'une telle initiative, la mise à disposition de l'information devient obligatoire, l'information étant vue ici comme un bien public.

- Cette information acquise et régulièrement mise à jour, il faut favoriser son utilisation à large échelle. Les Outils d'Aide à la Décision (OAD) sont des leviers essentiels pour favoriser l'adoption d'innovations et réduire l'aversion au risque. Il est indispensable que les OAD soient enrichis de l'ensemble des expérimentations et démarches exploratoires mentionnées ci-dessus, et qu'ils documentent toutes les performances. Ces OAD, plus largement l'ensemble des documents et outils permettant la diffusion des savoirs et savoir-faire, doivent être utilisés pour la formation continue des agriculteurs et des autres acteurs territoriaux, de même que pour la formation initiale.²⁸ Dans l'analyse des pratiques des parties antérieures de ce rapport, l'utilisation d'OAD apparaît comme essentielle à la multi-performance.
- Le conseil aux agriculteurs doit aussi être renouvelé. Il convient à la fois qu'il y ait une offre de conseil pertinente, et favoriser les conditions pour que cette offre de conseil rencontre sa demande. Il faut donc une formation de conseillers labellisés en grand nombre (externalité de réseau indirecte), et des incitations pour que les agriculteurs acceptent de se former et de bénéficier des apports de ces conseillers. On l'a vu dans l'analyse des pratiques élémentaires, le recours à un conseil externe à l'exploitation permet de concourir à la multi-performance.
- Ces trois premières séries de recommandations sont nécessaires ; elles ne sont pas suffisantes. Le contexte macro-économique a en effet tendance à favoriser la spécialisation, la concentration et l'agrandissement des exploitations agricoles, la simplification des systèmes de culture et d'élevage et la spécialisation des territoires ; il favorise également la séparation entre les productions animales et les productions végétales, et la transformation progressive de nombreuses zones de polyculture - élevage en des zones spécialisées dans les seules productions végétales (grandes cultures). Les instruments politiques en faveur des pratiques et systèmes multi-performants sont aujourd'hui insuffisants. Le verdissement de la PAC et les Mesures Agro-Environnementales (MAE) sont un pas dans la bonne direction, mais un pas insuffisant dans une perspective de moyen et long terme. Verdissement et MAE doivent être renforcés et la PAC mise en cohérence avec l'objectif d'une agriculture multi-performante : à cet égard, les montants aujourd'hui alloués aux aides découplées doivent être utilisés pour favoriser la prise de risques et mieux faire face aux aléas et aux instabilités ; plutôt que soutenir les revenus agricoles au sens strict, il convient d'aider les agriculteurs à prendre des risques et faire face aux instabilités (climatiques, économiques, etc.).
- Dans cette perspective, la question majeure qui se pose est celle de la réduction de la divergence entre, d'une part, les coûts et bénéfices privés, et, d'autre part, les coûts et bénéfices collectifs (sociaux). Deux voies, non exclusives, peuvent être empruntées. Il est d'abord nécessaire d'utiliser le levier réglementaire pour définir les exigences minimales, exigences minimales qu'il est possible d'atteindre en mobilisant des pratiques disponibles d'ores et déjà, éprouvées et applicables sans trop de risques : le présent rapport a permis d'identifier des pratiques et systèmes à hautes performances. Il convient également de renforcer les incitations positives pour la prise de risque de façon à enclencher un processus d'adoption (argument de l'aide à une industrie naissante). Ceci peut être obtenu par des aides directes spécifiques, la création de marchés pour les services environnementaux et territoriaux, des incitations à des solidarités retrouvées entre productions végétales et productions animales, des mesures permettant de réduire l'aversion au risque (aides à l'assurance, aux fonds de mutualisation, mise en œuvre de cadres pluriannuels de gestion, etc.).

Ces différentes recommandations visent à favoriser l'enclenchement d'un cercle vertueux, à le développer et à l'entretenir. Dans cette perspective, Il convient simultanément de se doter d'un dispositif de suivi des progrès. On voit bien à quel point ceci est un élément crucial dans le pilotage du plan Ecophyto de réduction des

²⁸ En termes de RCA, il s'agit ici de favoriser le « learning by using » et le « learning by doing ».

utilisations de produits phytosanitaires, les discussions sur les indicateurs de suivi et de mesure des progrès étant souvent la traduction des enjeux des différentes parties en présence. Il faut aussi prévoir un mécanisme de pénalisation si les résultats sont insuffisants au regard de l'objectif. Le mécanisme des certificats sur les engrais ou sur les produits phytosanitaires, en instaurant un principe de malus en cas de résultats non atteints, est une piste, parmi d'autres, intéressante à explorer ; elle est sans doute plus intéressante que d'autres possibles qui cibleraient trop exclusivement le maillon final, soit les agriculteurs, parce qu'elles engendrent des solidarités entre les agriculteurs et leurs fournisseurs, ici d'engrais et/ou de produits phytosanitaires.

De façon générale, que les mesures soient incitatives ou contraignantes, c'est en rendant solidaires les acteurs des filières et des territoires qu'il sera possible d'évoluer vers des agricultures, des filières et des territoires à hautes performances.

C - Volontarisme et réalisme pour le développement de systèmes agricoles à hautes performances

Les transitions présentées ci-avant et portées par un changement de paradigme que peut constituer l'agro-écologie sont d'une ampleur absolument considérable. Les recommandations faites précédemment établissent une feuille de route permettant les changements nécessaires pour voir se développer des systèmes agricoles à hautes performances dans l'ensemble des secteurs de production et l'ensemble des territoires.

La vaste étude conduite en vue de la rédaction de ces documents conduit au terme de ce travail à identifier les points d'attention, qui peuvent être vus soit comme des limites à la transition vers l'agro-écologie, soit de façon plus volontariste et réaliste comme des points de vigilance qu'il convient de traiter pour permettre à cette transition d'être effective et de bénéficier à l'ensemble de l'agriculture française, voire d'irriguer les réflexions européennes, en cette étape de mise en place de la nouvelle édition de la PAC.

Cinq points de vigilance doivent ici être considérés.

C1 - Un contexte extérieur qui peut être prégnant

Comme il est souligné, les changements doivent se produire au sein de l'exploitation agricole, mais en prenant en compte d'une part les acteurs, les contraintes économiques et les cadres réglementaires des filières, et d'autre part le territoire où se situe l'exploitation agricole, à la fois comme environnement biophysique et environnement humain et social.

Mais ce cadre d'analyse, même s'il est déjà très global, ne doit pas occulter qu'il existe un niveau plus large qui va peser sur l'activité et sur les transitions qui pourront être envisagées. Nous pouvons ici citer quatre éléments essentiels.

L'hypothèse implicite a été faite que les grands volumes de la consommation nationale, mais aussi internationale, restaient constants et se modifiaient selon les tendances actuelles, sans rupture profonde. Des études existent, au niveau international comme au niveau national, pour qualifier et quantifier selon des scénarios prospectifs les changements qui pourraient se produire. L'émergence de nouveaux modes ou courants de consommation n'a pas été prise en compte explicitement dans cette étude. De ce fait, la diversification est vue uniquement selon une logique d'offre, questionnant l'aval de l'exploitation sur sa capacité à traiter une production nouvelle pour lui apporter une forte valeur ajoutée. Mais, nous n'avons pas analysé la diversification selon une logique de demande générée par un aval innovant. Le seul cas dans la

présente étude d'une telle conséquence de nouvelle demande est celui des agro-carburants mais qui s'exerce sur des productions majeures.

Un second élément de constance formulé dans cette étude est celui du contexte climatique. Alors que le changement climatique est aujourd'hui accepté par presque tous, à la fois par ses conséquences sur l'évolution tendancielle des températures et sur l'augmentation fréquentielle des phénomènes extrêmes, nous avons travaillé selon une hypothèse de constance, à la fois dans les conditions climatiques rencontrées par les productions animales et végétales et dans les lieux de production. La seule exception est une analyse particulière ponctuelle dans le cas de la vigne et des produits de la vigne. Compte tenu des pas de temps envisagés par la transition et qui sont de quelques années uniquement, une telle hypothèse est légitime, et nous avons pris soin de qualifier, parmi les performances, les émissions de gaz à effet de serre et indirectement l'impact sur le changement climatique. Elle ne doit toutefois pas obérer l'importance de l'enjeu que représente l'adaptation au changement climatique. La prise en compte de cet enjeu devrait conduire à privilégier les pratiques, systèmes et leviers, qui tout en répondant aux enjeux immédiats de hautes performances, permettront aussi une adaptation au changement climatique.

Le troisième élément de contexte qui pourrait peser sur notre réflexion dans un cadre élargi concerne les ressources partagées avec d'autres activités. Quand il s'agit de ressources rares, le partage devient alors une compétition. Nous avons dans notre travail qualifié l'utilisation de ressources rares, et ceci selon une logique où l'agriculture pouvait être seul utilisateur. Mais ce cadre doit être bien évidemment élargi. Trois exemples permettent d'illustrer ceci. Le premier concerne l'eau. Nous avons évoqué ci-dessus les externalités directes de réseau s'appuyant sur des démarches solidaires, entre agriculteurs, pour construire des retenues collinaires. Mais il est essentiel de partager cette réflexion avec les autres utilisateurs de cette ressource. Le second exemple concerne aussi une ressource rare, épuisable cette fois. Il s'agit de l'énergie fossile. Sa rareté et l'augmentation du coût de l'énergie vont affecter d'autant plus un secteur qu'il en est dépendant et que les espérances de gains d'efficacité énergétique y sont faibles. L'agriculture est ici interpellée. Ce fut évoqué dans ce travail. Par contre, les espérances de gains d'efficacité énergétique, comparées à celles des autres secteurs, ne le furent pas. Le dernier exemple concerne le sol. La fonction de production agricole le partage avec les autres modes d'occupation, que sont d'une part les forêts et les espaces verts et d'autre part les zones d'activité ou d'urbanisation. Ce dernier point peut être vu comme un champ d'opportunités, notamment au travers de ses conséquences sur l'agriculture péri-urbaine et urbaine que nous n'avons pas traitée ici.

Le dernier élément de contexte externe que nous n'avons pas pris en compte explicitement est celui des innovations exogènes. L'ensemble des activités économiques génère en permanence des innovations technologiques, dont certaines ont une application dans la production agricole. Quand il s'agit d'innovations uniquement ou essentiellement dédiées à l'agriculture, elles furent prises en compte. Dans le cas contraire, nous les avons peu évoquées. Pour illustrer ce point, on peut citer ici le cas des technologies de l'information et de la communication. Elles connaissent des développements fantastiques selon un rythme répondant aux conjectures de Moore. L'agriculture en est un des utilisateurs et leur place continuera à croître. Autre illustration : l'émergence des techniques de séquençage et de génotypage. Longtemps considérées comme relevant du seul domaine de la génétique, ces technologies sont aujourd'hui des outils courants de la traçabilité des produits agricoles et alimentaires. Ils le seront demain pour les outils de prédiction des occurrences de maladies et d'épidémies. L'augmentation de la puissance de ces technologies est générée par les utilisations non agricoles.

C2 - Des différences entre secteurs de production

L'analyse que nous avons proposée a été dominée par les secteurs économiques majeurs, même si tout au long du travail, une attention particulière a été portée à l'évaluation d'une large gamme de secteurs.

Au terme de cette analyse, force est de toutefois constater, et c'est banal que de le dire, que toutes les filières ne disposent pas des mêmes atouts, à la fois en terme de contexte économique permettant ou non d'explorer

des voies nouvelles, mais aussi quant à la gamme de pratiques, systèmes et leviers nouveaux susceptibles d'être mise en œuvre pour obtenir de hautes performances sur l'ensemble des produits de l'exploitation.

Nous devons aussi reconnaître qu'il fut plus difficile de capturer toute la richesse et la capacité à innover sur les filières d'importance économique nationale plus faible, même si elles peuvent être majeures localement ou être essentielles pour un producteur donné. Toutefois, nous nous sommes attachés à mettre au point une méthode générique qu'il est possible de mettre en œuvre sur chaque filière et pour l'accompagnement de tous les producteurs.

C3 - Une diversité intra qu'il faut mieux connaître

Dès les phases initiales de cette étude, nous étions conscients de l'existence de la diversité entre exploitations agricoles au sein d'une même orientation productive, au sein d'un même territoire et mettant en œuvre un même ensemble de pratiques considérées comme vertueuses. La capture de cette diversité est un défi majeur qu'il convient de relever. Ceci est indispensable pour comprendre la réalité de cette diversité, identifier ce qui est spécifique à une exploitation et ce qui est générique et donc transposable, sous réserve d'identifier les conditions de cette portabilité. Avant que de faire du développement par-dessus la haie, il est indispensable de comprendre les déterminants de la réussite.

La construction in silico de systèmes ou de paquets techniques cohérents offre une première clé de compréhension de cette diversité. En effet, au-delà de l'agrégation d'un petit nombre de pratiques clés, les autres pratiques vont elles aussi générer des variations, en plus ou en moins, pour chacune des performances. Et nous avons aussi identifié des pratiques dont l'impact sur certaines des performances dépendait soit du milieu, soit des autres techniques avec lesquelles elles entraient en synergie.

Toutefois, cette réponse n'est pas suffisante et ce travail doit être poursuivi pour constituer progressivement un véritable catalogue des pratiques et systèmes mis en œuvre, pour les identifier, caractériser leurs conséquences sur les différentes performances, comprendre les conditions préalables à un déploiement favorable dans d'autres exploitations. Ceci suppose une capacité de traitement de cette information qui devra être mobilisée de façon cohérente et concertée entre les différents opérateurs. A ce titre, le Système d'Information constitue un enjeu clé pour l'avenir. Ceci est entrepris dans le cadre d'Ecophyto ou encore dans les dispositifs des réseaux de ferme. On y perçoit la difficulté, mais pour être volontariste, l'énorme potentiel.

Pour répondre à l'ambition d'agricultures à hautes performances, on ne peut pas limiter notre analyse à la situation française. Nous ne sommes pas seuls à rechercher une transition majeure, et il est donc primordial de parvenir à capturer les dynamiques internationales, et notamment les dynamiques dans les différents pays européens. Le Partenariat Européen pour l'Innovation, dédié à une agriculture productive et durable, offre un cadre tout à fait nouveau et avec un grand potentiel pour que l'on puisse se doter de ces observatoires de capture de l'innovation.

C4 - Le temps

La composante temporelle a été plusieurs fois évoquée au long de ce travail, mais il convient ici d'y revenir de façon synthétique, car elle est essentielle, pour les enjeux, pour la qualification d'une réalité, et pour la construction du changement.

Les problématiques immédiates tendent à supplanter les questions à moyen et long terme. Or, le sujet traité ici comporte une dimension temporelle forte.

Il faut tout d'abord souligner à nouveau que les différentes performances que l'on cherche à améliorer ne répondent pas à la même vitesse à la mise en œuvre d'une nouvelle pratique ou d'un nouveau système. L'approche proposée par radar permet, dans une certaine mesure, de s'extraire de cette contrainte par la conception *in silico* ou pour l'évaluation d'un système stabilisé. Par contre, en situation de transition, il est impératif de prendre en compte cette dimension temps pour ne pas conclure trop vite à l'échec de certains choix.

L'échelle temporelle est aussi essentielle pour mener une réflexion sur la mise en place de systèmes pluri-annuels nouveaux. Comme souligné précédemment, le contexte macro-économique a en effet tendance à favoriser la spécialisation et la simplification des systèmes de culture et d'élevage. Ce faisant, il réduit les variations interannuelles. Il est donc nécessaire de revisiter cette dimension, pour construire une capacité à penser des systèmes complexes pluriannuels plutôt que de simples combinaisons de pratiques. Ceci doit être étendu aux modalités de gestion comptable, voire fiscales.

Cette échelle de temps s'exerce aussi au niveau de leviers d'action susceptibles de favoriser la transition et les rendements croissants d'adoption. Le levier d'action le plus lent, mais sans doute le plus efficace sur le long terme, concerne la formation, tant la formation continue que la formation initiale. En forgeant les cadres d'analyse des futurs agriculteurs, conseillers, cadres des industries d'amont ou d'aval ou responsables du monde agricole, la formation initiale construit les conditions essentielles à l'émergence de nouveaux modèles agricoles à hautes performances. Il faut accepter cet état de fait et l'utiliser comme fondations d'une agriculture profondément revisitée.

C5 - Les outils

Pour mener ce travail à son terme, nous avons jeté les bases d'un outil qualitatif, permettant l'analyse de situations existantes ou l'élaboration de scénarios. Sa forme actuelle répond à l'usage que nous en avons, et ne prétend pas répondre automatiquement à l'ensemble des utilisations potentielles. Nous en avons établi les limites, mais aussi montré plus haut l'ensemble des perspectives.

Sans reprendre ici tous ces éléments, on peut dresser les points clés qu'il conviendrait d'instruire de façon volontariste pour en faire un outil de médiation dont la transition agro-écologique aura besoin.

La transition depuis une évaluation qualitative des performances vers une évaluation quantitative est importante, mais terriblement complexe. Un cadre méthodologie adapté doit être construit qui permette de le faire pour l'ensemble des performances. Il doit aussi permettre de traiter des informations quantitatives issues de dispositifs non connectés (processus de méta-analyse), et avec des niveaux de précision variés pour les différentes performances évaluées.

Comme souligné précédemment dans ce volume, il doit pouvoir être enrichi de pratiques nouvelles et mieux prendre en compte les dépendances au milieu.

Mais il est important de souligner ici le rôle que cet outil pourrait jouer dans l'ensemble du dispositif. Son enrichissement suppose un lien avec l'ensemble de l'information collectée et la capture de toute la diversité susmentionnée. L'outil devient alors le récipiendaire de l'information collectée et propose un cadre pour le traitement de cette information. Son évolution doit donc être conçue de façon collective et s'inscrire dans des dynamiques partenariales nouvelles.

Le portage d'une telle dynamique suppose une instance reconnue comme lieu d'échange et de concertation entre tous les acteurs engagés au service d'une agriculture à hautes performances, couvrant les dimensions recherche, développement et formation et à l'écoute de la diversité des agricultures. Le GIS Relance Agronomique, fondé en 2010, constitue un tel lieu et pourrait porter une telle dynamique.

CONCLUSION GÉNÉRALE

SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS

Introduction.....	190
A - Le contexte : des enjeux agricoles, alimentaires, énergétiques, environnementaux et sociaux.....	190
B - L'étude de l'Inra : élaboration d'une méthodologie pour identifier et évaluer les pratiques et combinaisons de pratiques agricoles multi-performantes	192
C - Principaux résultats : à quoi ressemblent des agricultures à hautes performances ?	197
D - Faciliter la transition vers des agricultures à hautes performances.....	205
E - Recommandations.....	207
F - Conclusion : enclencher un processus fédérateur qui s'inscrit dans la durée	212

CONCLUSION GÉNÉRALE

Synthèse et recommandations

Introduction

Aux lendemains de la seconde guerre mondiale, l'agriculture française avait pour perspective principale, dans le cadre communautaire européen qui venait d'être mis en place, d'augmenter la production pour assurer la sécurité des approvisionnements alimentaires de la population domestique tout en garantissant un revenu décent à tous les agriculteurs. A ces objectifs s'ajoute aujourd'hui la nécessité de réduire les consommations de ressources fossiles et de mieux protéger l'environnement, de faire face à la volatilité des prix des produits et des intrants agricoles, ou encore de maintenir une activité agricole dans tous les territoires ruraux. A cette fin, des évolutions des pratiques agricoles et des systèmes agricoles et agro-alimentaires sont nécessaires. Elles devront s'inscrire dans un cadre européen élargi et profondément modifié.

Après appel d'offre, le CGSP a demandé à l'Inra d'analyser les possibilités d'évolution des pratiques et des systèmes agricoles aujourd'hui utilisés dans l'hexagone de façon à concilier performances productives, économiques, environnementales et sociales, et les conditions de déploiement de telles pratiques et systèmes à hautes performances.

Cette synthèse reprend les principaux enseignements de cette étude. Dans un premier temps, elle rappelle le contexte agricole mondial et français. Les deux parties suivantes sont consacrées à la présentation de la méthodologie et des résultats de l'étude. La quatrième partie s'intéresse aux mécanismes de transition à même de favoriser le déploiement à large échelle des pratiques et systèmes plus durables. La cinquième partie présente les principales recommandations. La conclusion insiste sur la nécessité d'une démarche volontariste pour soutenir les évolutions souhaitables qui vont requérir du temps.

Conjuguer les performances économiques, sociales et environnementales de l'agriculture et de la forêt est l'une des priorités scientifiques du Document d'orientation 2010-2020 de l'Inra. Dans cette perspective, l'Institut a répondu avec succès à l'appel d'offre du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective (CGSP, anciennement CAS) visant à formuler des propositions pour, d'une part, « rendre l'agriculture biologique plus productive et plus compétitive » et, d'autre part, « organiser la transition de l'agriculture conventionnelle vers une agriculture plus respectueuse de l'environnement ».

Quelques mois après le lancement de cette étude, au début du mois de septembre 2012, le Ministre en charge de l'agriculture a confié à la Présidente d'Agreenium une mission visant à « faire le point des bonnes pratiques agricoles et de l'expertise disponible, en France et à l'étranger, sur des systèmes agricoles innovants [...] permettant d'envisager, dans un cadre incitatif, une meilleure gestion des ressources naturelles. » Il a été demandé à la Présidente d'Agreenium de mobiliser largement « l'expertise de l'ensemble de ses membres, et notamment celle de l'Inra [...]. » L'Institut a naturellement répondu positivement à cette sollicitation en couplant les deux opérations : il est co-auteur du rapport de mission de Marion Guillou remis au Ministre au début du mois de mai : Le projet agro-écologique : vers des agricultures doublement performantes pour concilier compétitivité et respect de l'environnement ; propositions pour le Ministre ; M. Guillou (Agreenium), Co-auteurs : H. Guyomard, C. Huyghe et J.-L. Peyraud (Inra), Rapporteurs : J. Vert et P. Claquin (MAAF CEP).

La présente note d'analyse correspond à la synthèse de l'étude réalisée pour le CGSP sur « la transition de l'agriculture conventionnelle vers une agriculture plus respectueuse de l'environnement ». De façon générale, le travail réalisé pour le CGSP complète et étend le rapport de M. Guillou et al. sur plusieurs points : (i) en fournissant une analyse spécifique des performances de l'agriculture biologique française, des freins et leviers à sa productivité et compétitivité (volume 1 du rapport pour le CGSP) ; (ii) en présentant de façon détaillée l'outil construit pour évaluer les performances productives, économiques, environnementales et sociales de pratiques et ensembles de pratiques agricoles, en illustrant comment cet outil peut être utilisé pour définir sans *a priori* des agricultures qui visent la multi-performance *via* une entrée par la performance, la pratique ou l'orientation productive, enfin en proposant un cadre d'analyse de la transition vers la multi-performance d'où sont dérivées de façon cohérente des recommandations d'action relevant d'aspects à la fois techniques et de politiques publiques (volume 2) ; (iii) en fournissant une analyse détaillée de l'ensemble des performances de plus de 200 pratiques élémentaires (volume 3) ; et enfin (iv) en proposant une analyse des freins à la multi-performance, et des leviers à desserrer à cette fin, pour les principales filières de production agricole.

A - Le contexte : des enjeux agricoles, alimentaires, énergétiques, environnementaux et sociaux

Nourrir plus de 9 milliards de personnes en 2050 nécessitera de ne pas généraliser les modes de consommation des pays développés à l'ensemble de la planète, de réduire les pertes et les gaspillages à la transformation, la distribution et la consommation de produits agro-alimentaires dans les pays dits du Nord, de réduire les pertes et les gaspillages post-récolte dans les pays du Sud, et d'augmenter la production agricole ; elle nécessitera aussi d'intensifier et de sécuriser les échanges de produits agricoles et agro-alimentaires, des pays de l'OCDE et d'Amérique latine vers le reste du monde. La croissance requise de la production agricole sera d'autant plus modérée que les autres leviers auront pu être actionnés. A l'image des dernières décennies, cette croissance de la production passera essentiellement par une augmentation des rendements agricoles dans la mesure où les réserves de terres cultivables non encore cultivées certes existent, mais sont limitées, inégalement réparties dans l'espace et surtout assurent des services environnementaux qu'il convient de préserver (stockage de carbone, protection de la biodiversité, etc.). Au niveau agricole, le défi est donc de définir et diffuser des pratiques et des systèmes à la fois productifs, viables sur le plan économique, économes en ressources naturelles, respectueux de l'environnement et socialement responsables. Même si la situation initiale diffère selon les pays, et donc implique que les solutions diffèrent elles aussi selon qu'on se situe au Nord ou au Sud, ce défi est celui de toutes les agricultures du monde, y compris les agricultures européenne et française. C'est au cas de l'hexagone que s'intéresse la présente étude.

Les évolutions de l'agriculture française sur les dernières décennies peuvent être caractérisées par quelques mots-clefs : augmentation des volumes produits, des productivités partielles du travail et de la terre, des utilisations de facteurs de production achetés à l'extérieur des exploitations agricoles (semences, engrais, produits phytosanitaires, médicaments vétérinaires, aliments concentrés pour le bétail, etc.) et des investissements dans les matériels et les bâtiments ; simultanément, diminution du nombre d'exploitations et de travailleurs agricoles²⁹, agrandissement de la taille des unités de production, simplification, spécialisation et concentration des systèmes de production. Ces évolutions ont été accompagnées, et souvent favorisées, par le dispositif de recherche-développement-formation-conseil et par la Politique Agricole Commune (PAC). Peu à peu, les limites de cette modernisation sont apparues, en termes d'utilisation de ressources fossiles et de dégradation de l'environnement, mais aussi sur les plans économique (variabilité des performances économiques selon les productions, dans l'espace et dans le temps) et social (isolement des agriculteurs, désertification de certains territoires), et même, plus récemment, sur le plan des performances productives (stagnation des rendements). Des adaptations et des changements au niveau des pratiques et des systèmes de production, du dispositif de recherche-développement-formation-conseil et de la PAC ont eu lieu ; ils restent insuffisants pour relever le défi de la durabilité.

²⁹ Entre 1954 et 1992, la production agricole française a été multipliée par 2,5, la productivité partielle du travail a été multipliée par 4 et la population agricole a été divisée par 10.

De nombreuses initiatives de terrain visant à concilier performances économiques, environnementales et sociales ont vu le jour dans un passé plus ou moins récent, parmi lesquelles certaines correspondent à des réussites du point de vue de la plus grande durabilité des exploitations concernées même si elles s'accompagnent, au moins parfois, d'une moindre performance productive. Néanmoins, il n'est pas possible de faire de la « désintensification » une recette systématique généralisable de façon uniforme : en l'état des informations disponibles, les corrélations statistiques, et *a fortiori* les relations de causalité invoquées entre diminution des objectifs et niveaux de rendement d'une part, amélioration d'autres performances, notamment environnementales, d'autre part, restent circonscrites à des situations et/ou des échantillons d'exploitations particuliers, et n'ont pas de valeur générique. Ces initiatives de terrain sont naturellement riches d'enseignements ; mais elles ne suffiront pas, à elles seules, à entraîner toutes les agricultures de l'hexagone vers la multi-performance. Leur transposition suppose de comprendre les bases de la réussite (mécanismes sous-jacents), les éléments génériques extrapolables à d'autres contextes géographiques, climatiques, économiques et/ou sociaux, et, symétriquement, ceux qui dépendent étroitement de conditions locales et qui donc ne peuvent pas être étendus sans être adaptés.

Tel est l'objet de l'étude menée par l'Inra : identifier les pratiques et systèmes de production durables ou au minimum plus durables que ceux aujourd'hui mis en œuvre ; évaluer leurs performances productives, économiques, environnementales et sociales ; évaluer aussi, dans la mesure du possible, leur dépendance aux conditions géographiques, climatiques et socio-économiques ; enfin, identifier les freins et les leviers à la mise au point, à l'adoption et à la diffusion de tels pratiques ou systèmes. Le travail s'inscrit dans le cadre général des principes de l'agro-écologie ou de l'intensification écologique qui, de façon générale, mettent en avant l'adaptation des productions, des systèmes et des pratiques à la diversité des milieux, et cherchent à tirer parti des services rendus par des milieux pour obtenir des performances productives et économiques élevées, tout en assurant une gestion durable à moyen et long terme des ressources et des agro-écosystèmes³⁰.

B - L'étude de l'Inra : élaboration d'une méthodologie pour identifier et évaluer les pratiques et combinaisons de pratiques agricoles multi-performantes

L'étude est centrée sur l'exploitation agricole en tenant compte des dimensions de filières et de territoires dans lesquelles celle-ci s'insère. Elle distingue 5 classes de performances, et apprécie les effets des pratiques (plus de 200), ensembles de pratiques et systèmes sur ces performances à l'aide de 35 indicateurs.

B1 - Cinq classes de performances

Au-delà de sa fonction première de production de biens alimentaires, l'agriculture fournit aussi des biens non alimentaires et des services, notamment environnementaux (épuration de l'eau, protection de la biodiversité, etc.) et territoriaux (maintien de paysages ouverts et diversifiés, développement des zones rurales, etc.). Afin de rendre compte de cette multifonctionnalité de l'agriculture, 5 classes de performances ont été distinguées, chaque classe étant divisée en un certain nombre de performances et chaque performance subdivisée en plusieurs performances élémentaires (Tableau 1). Ce sont ces dernières (35 au total) qui sont appréciées à l'aide d'autant d'indicateurs. Afin de simplifier l'analyse des impacts de telle pratique ou ensemble de pratiques sur les différentes performances élémentaires, celles-ci sont assorties d'un verbe d'action, par exemple « diminuer les charges variables » ou « diminuer les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) ». Une pratique élémentaire qui permet de diminuer les charges variables et les émissions de GES sera donc appréciée positivement, du moins au titre de ces deux performances élémentaires. La démarche consiste alors à analyser les conséquences de chaque pratique élémentaire sur les 35 performances élémentaires, puis à définir une clef

³⁰ Soussana J.F. (dir. publication.), 2012. Rapport du chantier Agro-écologie. Inra (Paris), 104 pages.

d'assemblage des pratiques élémentaires en combinaisons de pratiques dont il s'agit aussi d'évaluer les effets sur les 35 performances élémentaires.

Les 5 classes de performances considérées sont :

- la performance productive (quantité et qualité des produits) ;
- la performance économique (rentabilité, soldes de gestion, robustesse aux aléas et transmissibilité de l'exploitation) ;
- la consommation de ressources naturelles pas ou peu renouvelables (énergie, eau et phosphore) ;
- la protection de l'environnement (qualités des sols, de l'eau, de l'air et de la biodiversité) ;
- et la performance sociale qui prend en compte les conditions de travail des actifs agricoles (charge de travail, pénibilité, complexité), leur santé, ainsi que le bien-être des animaux.

Tableau 1 : Les performances de l'exploitation agricole

Méta-performances	Performances	Performances élémentaires
Production	Production	Augmenter la production
		Améliorer la qualité des produits
Economie	Rentabilité	Augmenter la rentabilité
	Soldes de gestion	Diminuer les charges variables
		Augmenter la Valeur Ajoutée (VA)
		Augmenter l'Excédent Brut d'Exploitation (EBE)
		Augmenter le Résultat Courant avant Impôt (RCAI)
	Robustesse	Augmenter l'autonomie productive
		Diminuer la dépendance aux aides
		Diversifier les productions
		Diminuer l'endettement
	Transmissibilité	Améliorer la transmissibilité
Ressources naturelles	Energie	Réduire la consommation directe d'énergie
	Eau (quantité)	Réduire la consommation indirecte d'énergie
		Réduire la consommation d'eau (irrigation, bâtiments)
Phosphore	Réduire la consommation de phosphore (fertilisation, alimentation du bétail)	
Environnement	Sol	Limiter le compactage
		Diminuer les risques d'érosion
		Augmenter le taux de matière organique
		Limiter l'accumulation d'éléments trace métalliques
	Eau (qualité)	Diminuer la lixiviation du nitrate
		Diminuer l'utilisation de produits phytosanitaires
		Diminuer le ruissellement de phosphore
		Diminuer l'utilisation de médicaments vétérinaires
	Air	Diminuer les émissions de GES
		Diminuer les émissions d'odeurs
		Diminuer les émissions de polluants organiques
		Diminuer les émissions d'ammoniac
	Biodiversité	Augmenter les surfaces semi-naturelles
		Augmenter la diversité des cultures
Diversifier la mosaïque paysagère		
Réduire les perturbations de l'écosystème		
Social	Travail	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité
	Santé	Diminuer l'exposition aux risques de santé
	Bien-être animal	Améliorer le bien-être animal

Les 35 performances élémentaires sont appréciées en lien avec quatre dimensions supérieures à l'exploitation agricole, soit (i) la dépendance au contexte économique (prix, filières, marchés, politiques économiques, etc.) ; (ii) la dépendance au milieu (climat, sol, topographie, etc.) ; (iii) la prise en compte du temps court, moyen et long dans la mesure où, par exemple, l'effet de telle pratique sur telle performance peut exiger du temps avant d'être effective, peut ne pas être linéaire, etc. ; et (iv) la sensibilité face aux chocs et aléas, de toutes natures (climatiques, biologiques, économiques, etc.).

B2 - Plus de 200 pratiques agricoles évaluées

Les performances et leurs indicateurs ayant été définis, l'étude s'est basée sur une représentation stylisée du fonctionnement d'une exploitation agricole pour relier les pratiques agricoles mises en œuvre sur l'exploitation et les performances/indicateurs (Figure 1). Plus de 200 pratiques élémentaires ont ainsi été évaluées, regroupées en 15 classes de pratiques :

- 1 - Travail du sol et gestion de l'état de surface ;
- 2 - Gestion de l'eau et de sa qualité ;
- 3 - Gestion des éléments minéraux et du statut organique du sol ;
- 4 - Choix des variétés et des semences ;
- 5 - Protection phytosanitaire des cultures ;
- 6 - Choix des successions de cultures et des assolements ;
- 7 - Conduite des plantes et des peuplements végétaux ;
- 8 - Aménagement foncier ;
- 9 - Choix et gestion des agroéquipements ;
- 10 - Gestion des bâtiments d'élevage ;
- 11 - Gestion des effluents d'élevage ;
- 12 - Gestion de la santé et du bien-être animal ;
- 13 - Gestion de l'alimentation animale ;
- 14 - Gestion de la génétique animale ;
- 15 - Conduite de l'élevage.

Les pratiques élémentaires ainsi évaluées ne couvrent pas l'intégralité des pratiques des agriculteurs. Elles ont été prioritairement sélectionnées en fonction (i) de leur aptitude potentielle à améliorer les performances en matière de consommation de ressources naturelles et/ou de protection de l'environnement, et (ii) de leur capacité à être mobilisées par un large spectre d'agriculteurs au prix de modifications « réalistes » de leurs systèmes de production, modifications plus ou moins profondes selon le nombre de pratiques mises en œuvre, les dépenses qu'elles impliquent, l'importance des réorientations corollaires, etc.

Les impacts de chaque pratique élémentaire sur les 35 performances élémentaires ont été qualifiés sur la base de la littérature scientifique et technique, internationale et nationale, littérature vérifiée et complétée à dire d'experts de la recherche, de la recherche-développement et du développement³¹. De même qu'un verbe d'action guide le sens souhaité d'évolution de chaque performance élémentaire, un verbe d'action est également associé à chaque pratique élémentaire, ceci dans la perspective d'apprécier immédiatement la signification de cette dernière.

³¹ La grille de notation utilisée pour qualifier l'impact d'une pratique élémentaire sur les 35 performances élémentaires est la suivante : impact positif (« + »), positif à neutre (« =/+ »), neutre (« = »), neutre à négatif (« =/- »), négatif (« - »), ou variable (« +/- ») car fonction des conditions de milieu, de marché, etc. Il s'agit donc d'une notation qualitative ordonnée.

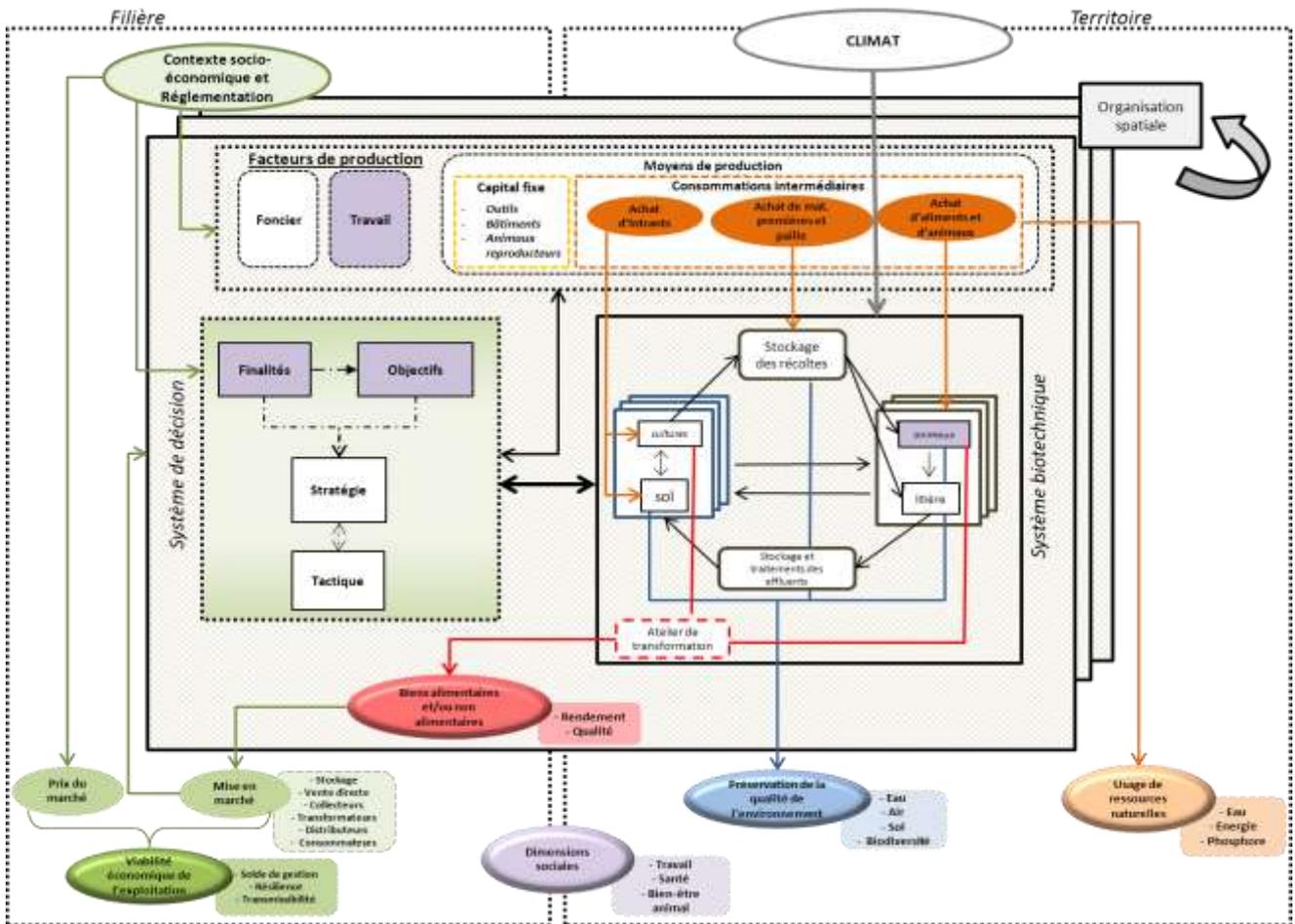


Figure 3 : Représentation schématique du fonctionnement de l'exploitation agricole explicitant les liens entre pratiques et performances, et la dépendance aux éléments de contexte extérieurs à l'exploitation

B3 - Un outil d'aide à la conception de systèmes de production à hautes performances

Au-delà de l'évaluation des différentes performances de chaque pratique élémentaire, l'étude s'est ensuite intéressée aux combinaisons de pratiques élémentaires mises en œuvre de façon jointe. Dans un premier temps, chaque couple de pratiques élémentaires a été qualifié au sens où les deux pratiques considérées ont intérêt à être mises en œuvre simultanément, sont indépendantes ou sont incompatibles. Cette matrice carrée des interactions entre pratiques élémentaires a ensuite été mobilisée dans un outil permettant d'identifier facilement et rapidement les combinaisons de pratiques qui peuvent être associées de façon cohérente sur le plan agronomique et/ou zootechnique au sein d'un système de production donné. Ces combinaisons de pratiques peuvent ainsi constituer les noyaux de nouveaux systèmes de production visant à maximiser les différentes classes de performances.

En pratique, l'outil peut être utilisé de plusieurs manières en fonction des objectifs visés : pour qualifier les performances de combinaisons de pratiques déjà mises en œuvre dans des exploitations réelles ou testées dans des dispositifs expérimentaux ; pour corriger certains « points noirs » de systèmes réels ou expérimentaux par suppression, remplacement et/ou ajout de pratiques ; mais aussi pour apprécier la multi-performance de combinaisons de pratiques qui ne sont pas aujourd'hui mises en œuvre ; ou encore

déterminer les combinaisons de pratiques multi-performantes qui sont à recommander compte tenu des objectifs prioritaires que se fixe tel ou tel agriculteur.

Concrètement, l'outil a été mobilisé pour qualifier plusieurs études de cas déclinées par grandes orientations productives (grande culture, fruits, vigne, bovins lait, bovins viande, etc.) en utilisant une démarche en quatre étapes : (i) explicitation des objectifs de l'agriculteur ; (ii) choix des combinaisons de pratiques à mettre en œuvre à cette fin ; (iii) évaluation des impacts de ces combinaisons sur les différentes performances élémentaires ; et (iv) analyse des freins et difficultés de mise en œuvre de ces combinaisons de pratiques.

A des fins de présentation didactique et immédiatement lisible des résultats, la matrice croisant pratiques élémentaires mises en œuvre conjointement et performances a été transformée en une photographie sous forme d'une étoile dont les différents bras représentent les performances. Un cercle définit l'état initial de l'exploitation au regard de l'ensemble des performances : si le point associé à telle performance se déplace pour se situer au-delà de ce cercle, il y a amélioration de la performance considérée ; inversement, si le point se déplace pour se situer en-deçà du cercle, il y a dégradation de la performance³². Pour construire cette étoile, il a fallu transformer les appréciations qualitatives relatives aux performances de chaque pratique en valeurs numériques, puis agréger les impacts liés à l'utilisation conjointe d'un ensemble de pratiques. Parce que certains impacts peuvent être positifs ou neutres, négatifs ou neutres, ou ambivalents, le sens de variation de chaque performance est défini par un intervalle avec une valeur médiane, une valeur minimale et une valeur maximale. L'analyse des atouts et des faiblesses d'un ensemble donné de pratiques est donc basée sur la matrice croisant pratiques et performances de la section B2, et l'outil d'aide à la conception décrit au début de cette section B3 qui en permet une visualisation rapide.

B4 - Une analyse complémentaire par filière de production

Parallèlement à cette entrée par les pratiques, l'étude a mobilisé les Groupes Filières (GF) de l'Inra qui ont travaillé de façon complémentaire et autonome³³. Au total, 8 filières ont ainsi été analysées (les grandes cultures annuelles (céréales, oléo-protéagineux et betterave) ; les fruits, les légumes et la pomme de terre de consommation ; la vigne et les produits de la vigne ; les porcins ; la volaille ; les bovins et ovins allaitants ; les bovins, ovins et caprins laitiers ; et enfin les équins) selon une même grille : description du contexte socio-économique propre à chaque filière, mise en évidence des forces et faiblesses, identification des verrous à la multi-performance de la filière et des freins à lever à cette fin à court, moyen et long terme. Ces freins et leviers concernent non seulement le maillon de l'exploitation agricole mais aussi l'ensemble de la filière, les politiques publiques, le conseil, etc. Cette analyse par filière est donc bien complémentaire de celle décrite dans les sections B1, B2 et B3, centrée elle sur l'exploitation et partant des pratiques que celle-ci met en œuvre ou pourrait mettre en œuvre. Les principales voies de recherche à développer pour chaque filière sont également exposées.

³² Néanmoins, l'ampleur de l'évolution de telle ou telle performance ne doit pas être confondue avec le niveau absolu de la performance, celui-ci n'ayant pas été quantifié.

³³ Les GF de l'Inra rassemblent des chercheurs et ingénieurs de l'Institut, et certains agents des organismes professionnels de la recherche-développement et du développement. Structurés par grands types de productions et de filières, ils ont une mission de veille scientifique et stratégique, et de partage des résultats de recherche et recherche-développement. Des experts extérieurs n'appartenant pas à ces GF ont également été sollicités.

B5 - Freins et leviers à l'adoption de systèmes de production à hautes performances

Le travail résumé ci-dessus a ensuite été mis à profit pour identifier les pratiques et ensembles de pratiques qui permettent de cheminer vers la multi-performance, le cas échéant au détriment de certaines performances élémentaires dont on accepte une non-amélioration, au pire une détérioration, si par ailleurs une large gamme d'autres performances relevant de la plupart des catégories distinguées est améliorée. Cet ensemble de résultats a permis d'identifier les principales voies de progrès vers des agricultures à hautes performances, et les principaux freins à desserrer à cette fin. La suite de cette synthèse présente donc les résultats de l'analyse, i.e., les pratiques et ensembles de pratiques à promouvoir pour des agricultures à hautes performances, puis les verrous à lever, enfin les recommandations qui découlent logiquement du recensement des pratiques et de l'identification des freins à leur adoption.

C - Principaux résultats : à quoi ressemblent des agricultures à hautes performances ?

Les principaux résultats de l'étude sont présentés en illustrant tout d'abord comment l'outil d'aide à la conception de systèmes de production agricole à hautes performances peut être utilisé : entrée par une pratique, par une performance ou par une production. De cette utilisation et des études de cas réalisées, ainsi que de l'analyse des GF, découlent quatre types de leviers d'action techniques et organisationnels à l'échelle des exploitations, des filières et/ou des territoires.

C1 - Trois utilisations de l'outil d'aide à la conception de systèmes de production agricole à hautes performances

C1.1 - Entrée par une pratique : introduction de la luzerne dans une exploitation de cultures annuelles

A partir d'une pratique jugée pertinente par l'utilisateur, l'outil permet de combiner d'autres pratiques de façon à corriger les performances les plus dégradées et/ou optimiser l'ensemble des performances. Cette démarche permet de construire des « paquets » de pratiques cohérents d'un point de vue agronomique et/ou zootechnique, et dont les impacts sur l'ensemble des performances peuvent être rapidement visualisés. Cette démarche est illustrée ci-dessous sur l'exemple de l'introduction d'une culture de luzerne dans une succession de cultures annuelles (Figure 2)³⁴.

Dans ce cas d'étude, nous considérons une exploitation de grande culture située dans un territoire présentant des activités d'élevage à proximité et valorisant le foin de luzerne produit. Les objectifs de l'agriculteur sont de réduire le recours aux produits phytosanitaires et aux engrais azotés de synthèse à l'échelle de son exploitation, tout en conservant des niveaux de performances productives et économiques élevés. L'introduction de la luzerne a un impact négatif principalement sur les

³⁴ Cette étude de cas doit être considérée comme une illustration d'utilisation de l'outil, ici en entrant par une pratique, c'est-à-dire comme une possibilité, parmi d'autres, d'amélioration des performances des exploitations de grandes cultures annuelles. Il ne s'agit pas d'un cas-type à promouvoir en tout lieu et tout temps.

aspects travail et endettement. Pour améliorer l'ensemble des performances, l'outil propose alors d'utiliser conjointement d'autres pratiques relatives à (i) un meilleur raisonnement des doses d'intrants (engrais et produits phytosanitaires de synthèse), (ii) l'adaptation de l'ordre de succession des cultures et l'introduction de Cultures Intermédiaires Piège À Nitrate (CIPAN), (iii) l'amélioration de l'organisation des chantiers de récolte, y compris au travers du recours à des entreprises extérieures, (iv) la mise en place d'assolements en commun, et (v) l'introduction d'infrastructures agro-écologiques (haies et bandes enherbées).

La combinaison de ces différentes pratiques permet *a priori* d'améliorer l'ensemble des performances de l'exploitation et de respecter les objectifs initiaux de l'agriculteur. Deux points de vigilance sont néanmoins à souligner : la performance « temps de travail » présente un intervalle de variation important pouvant laisser craindre sa dégradation possible dans certaines conditions (en fonction notamment du recours ou non à l'externalisation des opérations de culture), de même que l'endettement car, bien qu'amélioré en moyenne, l'impact des investissements qui pourraient être nécessaires pour améliorer l'organisation des chantiers de récolte génère *in fine* une incertitude.

Les pratiques proposées et combinées au travers de l'outil présentent une cohérence agronomique forte et soulignent l'importance d'inclure les dimensions territoriales et collective pour améliorer l'ensemble des performances d'une exploitation. Bien que d'une exigence technique modérée, cette combinaison de pratiques nécessite une forte coopération avec des partenaires de l'exploitation (exploitations voisines, Coopératives d'Utilisation de Matériels Agricoles (CUMA), entreprises de travaux agricoles, le cas échéant usines de déshydratation, etc.). La modification du système de culture (ordre des cultures dans la rotation, raisonnement des doses d'engrais minéraux) peut être sécurisée par le recours au conseil et/ou à des outils d'aide à la décision.

Enfin, la possibilité pour l'agriculteur de valoriser sa récolte de luzerne est une hypothèse de travail forte. Cette valorisation doit être suffisante en termes de prix et de quantités, et se situer à distance relativement proche du lieu de production. Dans les zones où ces conditions ne sont pas satisfaites, il ne sera pas aisé de combiner ces pratiques. A contrario, l'extension des débouchés et l'abaissement des coûts de transport et de logistique ont pour effet d'accroître l'aire globale où une culture de diversification (dans le cas présent la luzerne) est praticable et comparativement avantageuse pour les producteurs.

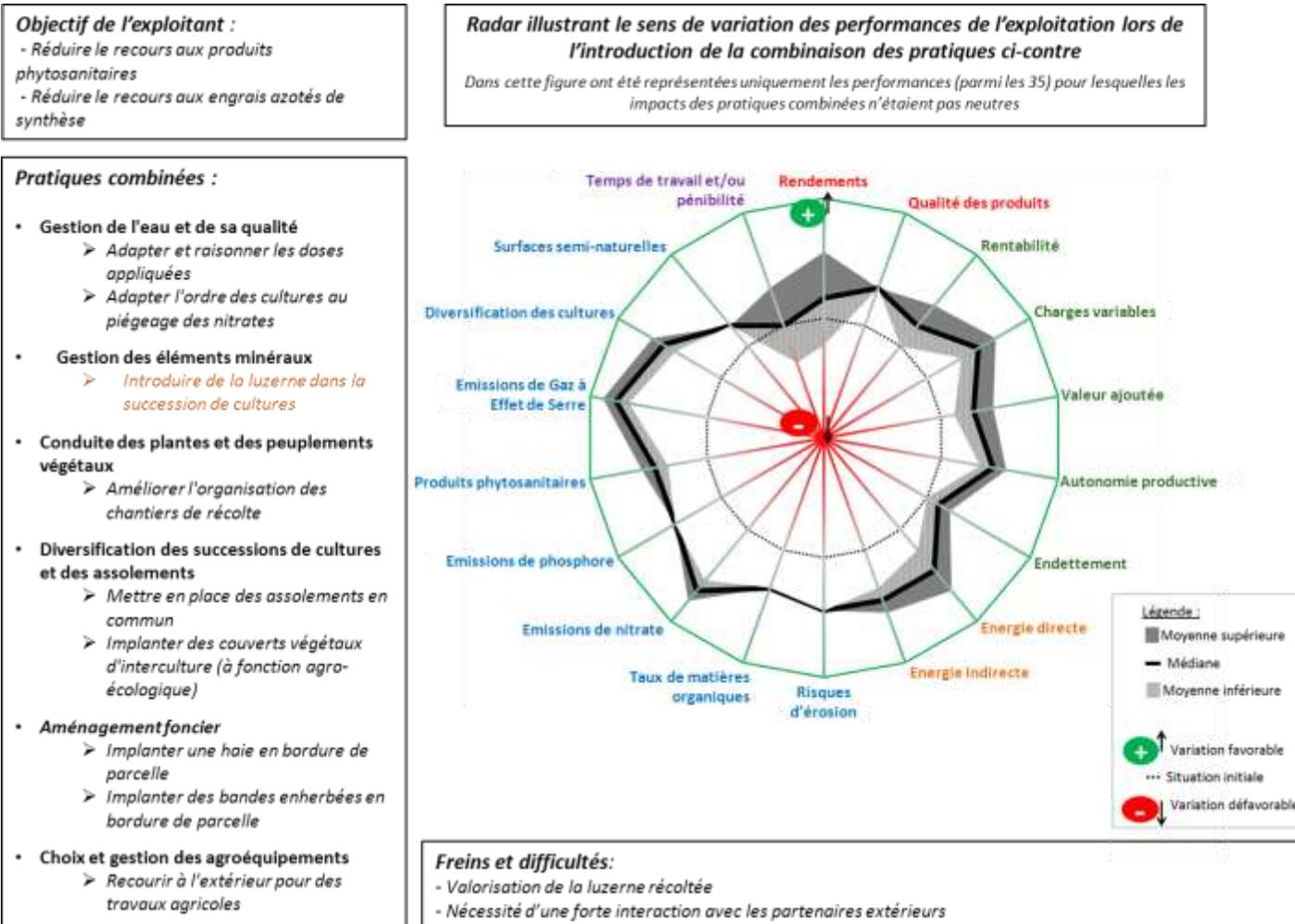


Figure 2 : utilisation de l'outil via une entrée par une pratique : cas illustratif d'une exploitation de cultures annuelles cherchant à introduire de la luzerne dans la rotation conjointement à d'autres pratiques pour optimiser les impacts sur les performances de l'exploitation ; le sens de variation des performances est représenté sur le radar ci-dessus³⁵.

³⁵ A des fins de représentation graphique sous la forme d'un radar, la notation qualitative de chaque performance a été transformée en une variable quantitative bornée en utilisant la fonction de transformation suivante : « + » en +1 ; « +/- » en [0 ; +1] ; « = » en 0 ; « +/- » en [-1 ; 0] ; « - » en -1 ; et « +/- » en [-1 ; +1] ; cette dernière quantification génère donc un « intervalle de confiance ». Le cercle en pointillés représente les niveaux des performances avant mise en œuvre des pratiques sélectionnées. Les impacts de ces pratiques sur les performances de l'exploitation sont donc positifs si la médiane est à l'extérieur de ce cercle.

C1.2 - Entrée par une performance : exemple d'une exploitation qui cherche prioritairement à protéger un bassin d'alimentation en eau

Cette seconde utilisation de l'outil consiste à identifier les combinaisons de pratiques les plus pertinentes à mettre en œuvre pour améliorer une performance considérée comme prioritaire. Cela revient à identifier les combinaisons de pratiques permettant de maximiser ladite performance, tout en évitant une détérioration des autres performances et si possible en les améliorant. Cette seconde utilisation est ici illustrée par l'exemple d'une exploitation qui cherche à répondre à l'objectif de protection d'un bassin d'alimentation en eau (Figure 3).

Les Bassins d'Alimentation de Captage (BAC) sont des territoires à fort enjeu en termes de qualité de l'eau puisqu'ils correspondent à la surface de collecte des précipitations alimentant un captage d'eau destiné à la fourniture d'eau potable. La protection de ces zones de captage à l'échelle d'un territoire implique donc des changements de pratiques agricoles en vue de réduire les risques de transferts de nitrate, de phosphore et de pesticides vers l'aquifère. Rappelons cependant que le délai nécessaire pour mesurer une amélioration de la qualité de l'eau est très variable en fonction du problème considéré et des caractéristiques locales (climat, régime hydrologique, pédologie, géologie, etc.) ; il est le plus souvent assez long (de quelques années à plusieurs dizaines d'années).

A partir de l'échantillon des plus de 200 pratiques analysées, l'outil a permis de retenir celles qui assurent les bénéfices les plus importants sur les performances « réduire l'utilisation de produits phytosanitaires », « réduire les émissions de nitrate » et « réduire les émissions de phosphore ». Il s'agit principalement de pratiques relatives à un meilleur raisonnement et une meilleure utilisation des intrants, à la protection du sol pendant l'interculture, ou encore à l'introduction de cultures pérennes et d'éléments fonctionnels dans le paysage (haies, bandes enherbées, zones humides).

En toute logique, les performances environnementales sont positivement impactées par la mise en place de ces pratiques. Les impacts sur les performances productives et économiques sont plus ambigus, voire dégradés. Les niveaux de production sont réduits, principalement du fait des changements d'affectation des sols puisque des espaces auparavant destinés à la production sont maintenant réorientés pour la réduction des risques de pollution des eaux. Les performances économiques sont rendues incertaines, d'autant plus que la diversification des cultures et les aménagements fonciers peuvent nécessiter des investissements supplémentaires. Enfin, la performance « temps de travail et pénibilité » est dégradée, possiblement fortement, du fait de l'augmentation des observations nécessaires au raisonnement et à la réduction des apports d'intrants, de l'extension des périodes de travaux agricoles (préparation, implantation, récolte), et de l'entretien des espaces nouvellement installés (haies, bandes enherbées).

Il est primordial que cette démarche d'évolution des pratiques s'insère dans une dynamique collective forte pour assurer la cohérence globale entre les espaces et leurs fonctionnalités associées. En effet, les pratiques proposées réclament des aménagements fonciers pouvant être très conséquents, en particulier dans le cas du réaménagement des zones humides si elles avaient été court-circuitées (*via* la création de biefs ou de fossés, ou par drainage). Ces aménagements nécessitent à la fois un accompagnement à l'échelle de l'exploitation pour le suivi de leur mise en œuvre, mais aussi des études préalables afin d'assurer une cohérence globale à l'échelle du bassin versant.

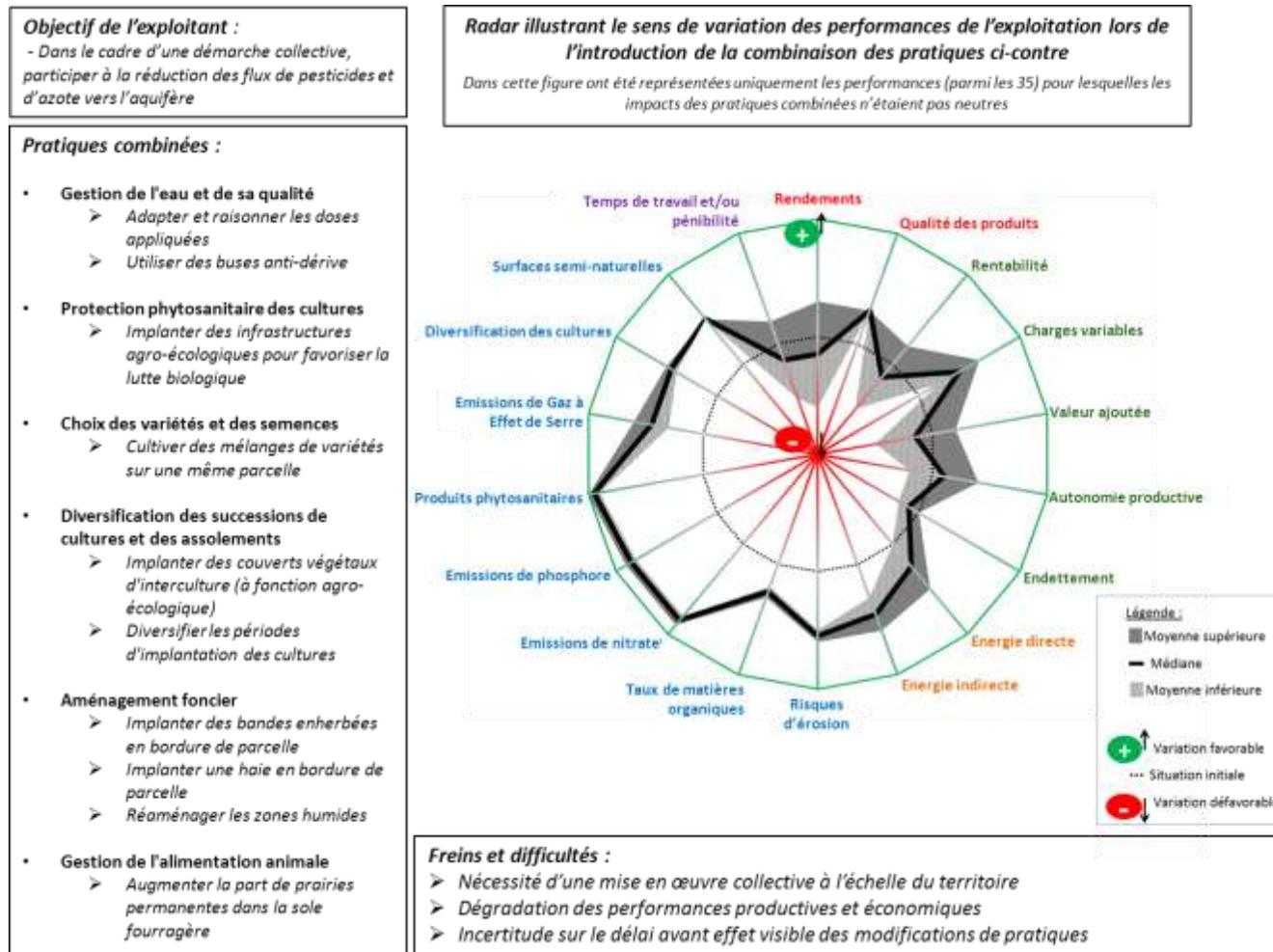


Figure 3 : utilisation de l'outil via une entrée par une performance : cas illustratif d'une exploitation située dans un bassin d'alimentation de captage ayant pour objectif premier de réduire les risques de transferts d'éléments polluants vers l'aquifère ; le sens de variation des performances est représenté sur le radar ci-dessus³⁶.

³⁶ A des fins de représentation graphique sous la forme d'un radar, la notation qualitative de chaque performance a été transformée en une variable quantitative bornée en utilisant la fonction de transformation suivante : « + » en +1 ; « =/+ » en [0 ; +1] ; « = » en 0 ; « =/- » en [-1 ; 0] ; « - » en -1 ; et « +/- » en [-1 ; +1] ; cette dernière quantification génère donc un « intervalle de confiance » sur le radar. Le cercle en pointillés représente les niveaux des performances avant mise en œuvre des pratiques sélectionnées. Les impacts de ces pratiques sur les performances de l'exploitation sont donc positifs si la médiane est à l'extérieur de ce cercle.

C1.3 - Entrée par une production : exemple d'une exploitation spécialisée de bovins laitiers en zone de plaine

L'outil a également été utilisé pour représenter les principaux leviers techniques actionnables par les agriculteurs classés en fonction de leur principale production. Pour chaque orientation productive majeure, plusieurs études de cas ont donc été réalisées en mettant en avant les principales voies de progrès, ainsi que les freins à la diffusion des pratiques à hautes performances dans les exploitations concernées. A titre d'exemple, le cas d'une exploitation de bovins laitiers en zone de plaine est présenté ci-dessous (Figure 4).

L'exploitation laitière considérée possède un troupeau de vaches laitières de race Holstein. Elle cherche à réduire significativement les intrants achetés à l'extérieur et à accroître l'autonomie alimentaire du troupeau, notamment en matières protéiques, ceci afin de limiter les charges variables et de réduire les impacts négatifs sur l'environnement. Elle cherche aussi à réduire la charge de travail tout en essayant de préserver la productivité du troupeau. Située en zone d'élevage intensif, elle ne peut pas mobiliser des échanges éventuels de matières avec les exploitations voisines. En revanche, les conditions de sol et de climat, et les possibilités d'adaptation du parcellaire, permettent de modifier les parts respectives du maïs et de l'herbe dans la surface fourragère de l'exploitation.

Les pratiques retenues et combinées pour remplir ces objectifs multiples consistent à (i) évoluer vers un système plus herbager par accroissement de la part des prairies dans la sole fourragère (au détriment de l'ensilage de maïs) et augmentation du pâturage (ce qui nécessite d'aménager le foncier en augmentant les surfaces accessibles depuis la salle de traite) ; (ii) accroître la productivité des surfaces en herbe par l'utilisation de prairies multi-spécifiques à base de légumineuses ; (iii) optimiser le fonctionnement du troupeau en recourant à des systèmes de monitoring (pour mieux gérer la reproduction), en avançant l'âge à la première mise bas, en augmentant le nombre de cycles de production des vaches et en ayant recours au croisement dit « industriel » qui permet de produire des veaux mieux conformés ; et enfin (iv) adopter une gestion plus conservatrice de l'azote des effluents en couvrant les fosses à lisier et les fumières, et en utilisant un pendillard lors de l'épandage sur les champs.

L'introduction de ces pratiques devrait avoir des effets positifs sur les performances productives, sur le plan quantitatif et qualitatif, ainsi que sur les performances économiques du fait de la forte réduction des charges variables et de l'accroissement global du chiffre d'affaires (le produit viande notamment). La qualité du lait est améliorée, notamment sa teneur en oméga-3, au travers de l'augmentation du recours au pâturage et de l'utilisation du croisement industriel conduit à des veaux mieux conformés que ceux de race Holstein. La maximisation du pâturage contribue positivement au bien-être des animaux, et à la réduction du temps de travail et/ou sa pénibilité pour l'éleveur en limitant les opérations de récolte et de distribution des fourrages conservés.

Les effets sont également positifs en termes de réduction des utilisations de ressources fossiles et de préservation de l'environnement. Les consommations directe et indirecte d'énergie fossile sont très sensiblement diminuées au travers du pâturage, du recours aux légumineuses, de la meilleure valorisation des effluents et de la diminution du nombre de génisses à élever. Les émissions d'ammoniac et de GES sont également sensiblement réduites du fait d'une moindre présence des animaux en bâtiment, de la gestion optimisée des effluents et de la réduction du nombre de génisses.

Le principal inconvénient du système ici illustré est son impact négatif sur l'endettement du fait d'un accroissement des annuités d'emprunt (pour la couverture des fosses et l'équipement de monitoring), investissements néanmoins relativement modérés sauf si la mise en œuvre d'un tel système requiert l'acquisition de surfaces additionnelles importantes. Les impacts sur la biodiversité peuvent être négatifs si le regroupement des parcelles est possible et nécessaire pour optimiser l'organisation du travail de l'éleveur.

Le succès d'un tel système repose aussi sur l'acceptabilité par l'éleveur d'une évolution qui va à l'encontre de la vision trop souvent véhiculée du progrès, image qui se résume à « plus de lait par vache et plus de machines ».

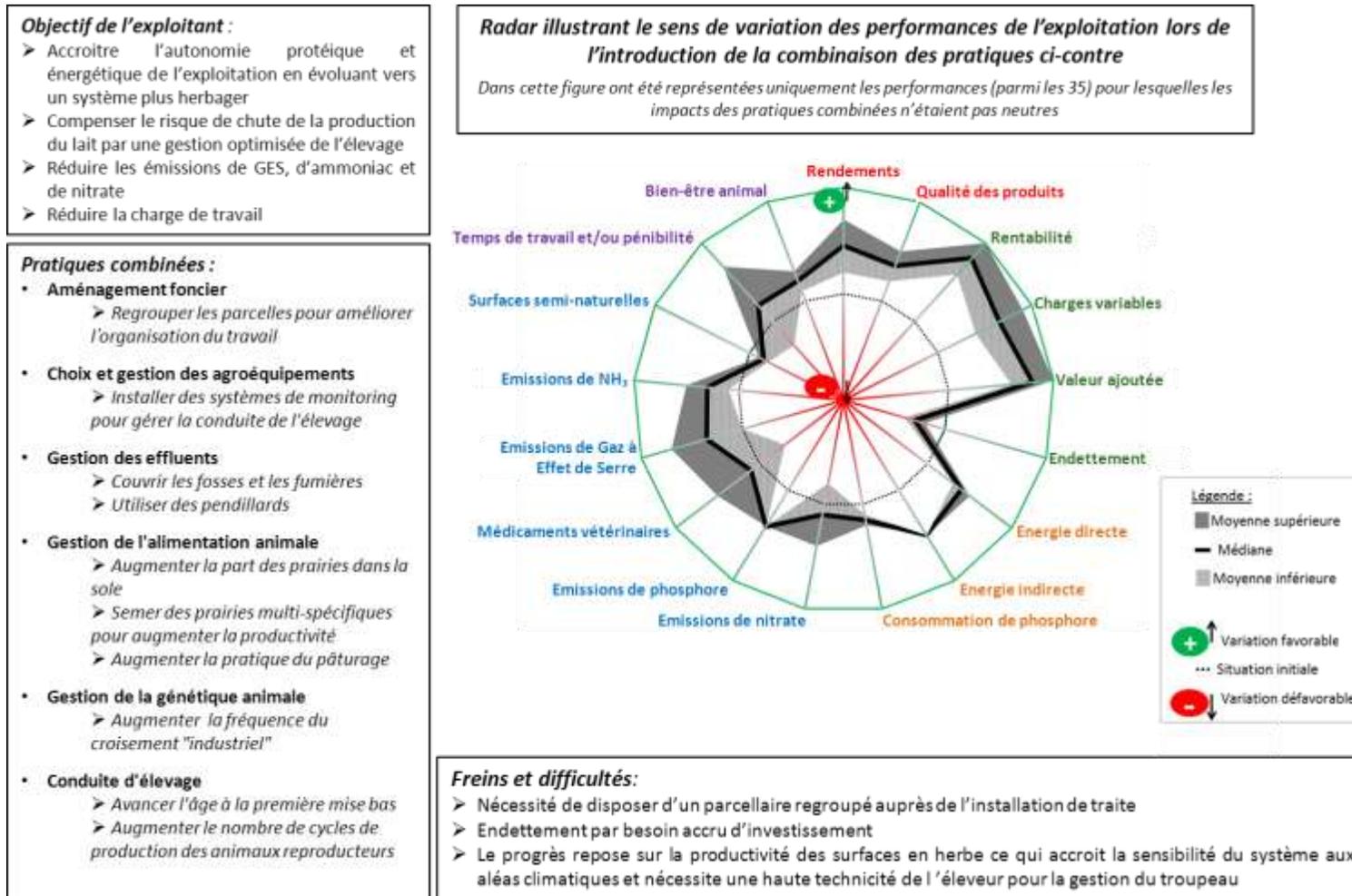


Figure 4 : utilisation de l'outil via une entrée par production : cas illustratif d'une exploitation spécialisée de bovins laitiers en zone de plaine ; le sens de variation des performances est représenté sur le radar ci-dessus³⁷.

³⁷ A des fins de représentation graphique sous la forme d'un radar, la notation qualitative de chaque performance a été transformée en une variable quantitative bornée en utilisant la fonction de transformation suivante : « + » en +1 ; « =/+ » en [0 ; +1] ; « = » en 0 ; « =/- » en [-1 ; 0] ; « - » en -1 ; et « +/- » en [-1 ; +1] ; cette dernière quantification génère donc un « intervalle de confiance » sur le radar. Le cercle en pointillés représente les niveaux des performances avant mise en œuvre des pratiques sélectionnées. Les impacts de ces pratiques sur les performances de l'exploitation sont donc positifs si la médiane est à l'extérieur de ce cercle.

C2 - Quatre familles de leviers d'action et deux catégories de freins techniques et/ou organisationnels

De l'analyse des performances productives, économiques, environnementales et sociales de plus de 200 pratiques élémentaires et de différentes combinaisons de pratiques mises en œuvre selon différentes entrées (par pratique, performance ou production), complétée par le travail parallèle des GF, il ressort que 4 familles de leviers techniques et/ou organisationnels devraient être mobilisées de façon prioritaire pour faciliter la transition vers des agricultures multi-performantes :

- ***Une première famille dédiée à la préservation et à la gestion optimisée des ressources naturelles*** que sont l'énergie (en termes de consommations directe et indirecte), l'eau (sur les plans quantitatif et qualitatif), le sol (considéré du double point de vue de ses fonctions environnementales - épuration, stockage, etc. – et productives - fertilité, aptitudes culturales, etc.), et l'air (en visant notamment la réduction des émissions de GES et d'ammoniac). Cette famille de leviers correspond à un vaste ensemble de pratiques élémentaires réparties dans un grand nombre des 15 classes précédemment identifiées (cf. section B2. ci-dessus). Etant identifiées par leur pouvoir améliorateur vis-à-vis des performances environnementales ciblées, ces pratiques ne constituent pas *a priori* et d'emblée des ensembles agronomiques cohérents. C'est bien pourquoi leur sélection et leur recommandation au titre d'une amélioration de la composante environnementale de la durabilité impliquent un filtrage préalable, consistant à vérifier leur compatibilité mutuelle, et l'absence d'impacts excessivement négatifs sur les autres performances ;
- ***Une deuxième famille consistant à diversifier les successions de cultures et les assolements***, de façon à rompre le cycle des bioagresseurs et ainsi éviter une spécialisation et un développement incontrôlable de ces derniers, ***et plus généralement à introduire dans le système de culture tous les leviers d'action qui se rattachent à la nature, aux propriétés et au fonctionnement des couverts végétaux***. Cette diversification pourra être réalisée *via* l'introduction de légumineuses en tant que cultures de rente, de cultures intermédiaires ou de plantes de service³⁸. Le criblage d'espèces nouvelles pour utilisation en plantes de service sur la base de leurs traits fonctionnels, l'amélioration génétique de ces espèces, le développement d'itinéraires techniques incluant des espèces de diversification et l'innovation en aval de la production pour les valoriser (consommation par les animaux et les hommes, usages non alimentaires) doivent être mobilisés pour généraliser une telle diversification. On insistera ici sur le fait que la diversification des cultures ne suffit pas en tant que telle à garantir l'atteinte des objectifs visés par ce biais car au sein d'une exploitation donnée, cette diversification peut très bien se réaliser par « juxtaposition de monocultures ». La diversification souhaitée ici implique à la fois un accroissement du nombre d'espèces végétales se succédant au sein d'une même parcelle, et des restrictions concernant les délais de retour de certaines espèces³⁹.
- ***Une troisième famille consistant à adapter les systèmes de production animale*** en jouant sur les leviers suivants : accroître l'autonomie productive des élevages de ruminants en augmentant la part de l'herbe et des légumineuses dans l'alimentation des animaux ; mieux gérer les effluents d'élevage *via* la maîtrise des rejets des animaux en jouant sur leur alimentation (en particulier chez les monogastriques), en limitant les pertes et en valorisant les effluents émis ; recourir à des animaux et races plus robustes, y compris par utilisation de races mixtes chez les bovins, et investir dans la sélection génomique aujourd'hui limitée aux seules vaches laitières (pour des

³⁸ Les légumineuses présentent la capacité de fixer l'azote de l'air et n'ont donc pas besoin d'une fertilisation azotée externe ; une culture est dite de rente quand elle est commercialisée sur des marchés ; une culture intermédiaire est une culture mise en place entre deux cultures de rente, i.e., pendant l'interculture ; et une plante de service est une espèce cultivée dans la même parcelle que la culture de rente et qui rend différents services tels que la maîtrise des adventices (mauvaises herbes), la protection contre les maladies et les ravageurs, une utilisation plus efficace des ressources minérales ou organiques, etc.

³⁹ A cet égard, la simple notion « d'allongement des rotations » reste trop vague car une « rotation longue » (dont le motif de répétition porte sur un grand nombre d'années) peut très bien comporter un segment où une même espèce se succède à elle-même, avec éventuellement des conséquences phytosanitaires néfastes.

résultats à un horizon plus éloigné) ; et enfin poursuivre les efforts en matière de gestion et de maîtrise de la santé animale ;

- **Enfin une quatrième famille visant à développer des solidarités agricoles renouvelées dans les territoires** ruraux à travers trois canaux principaux : gérer les effluents d'élevage à l'échelle des territoires et remplacer les engrais minéraux de synthèse par des engrais organiques ; gérer les infrastructures agro-écologiques à cette même échelle des territoires ; et maîtriser collectivement les charges de mécanisation et de travail.

Si la mise en œuvre de pratiques correspondant à ces quatre familles de leviers permet souvent d'améliorer les performances environnementales (moindre consommation de ressources naturelles et préservation augmentée de l'environnement) sans dégrader les performances productives et économiques, parfois même en les améliorant, c'est au prix, le plus souvent, (i) d'une augmentation des besoins en capital et donc potentiellement de la charge d'endettement des exploitations et (ii) d'un accroissement de la charge de travail, de sa technicité, complexité, voire pénibilité (frein majeur dans les exploitations de cultures spécialisées et dans les élevages, moins prégnant en grande culture où il ne doit cependant pas être négligé). **De façon générale, il apparaît ainsi que performances environnementales, productives et économiques (au sens restreint, i.e., la marge ou la valeur ajoutée par hectare, animal, exploitation) ne sont pas obligatoirement, ni même le plus souvent, antagonistes, et que les performances élémentaires dégradées suite à la mise en œuvre de pratiques plus respectueuses de l'environnement portent d'abord sur le capital et le travail.**

D - Faciliter la transition vers des agricultures à hautes performances

On entend souvent dire que « *si les agriculteurs font ce qu'ils font, c'est qu'ils ont de bonnes raisons de le faire* » ; ils ont aussi de bonnes raisons de ne pas changer ce qu'ils font aujourd'hui. Nombreuses en effet sont les logiques qui concourent à la substitution du travail et de la terre par des consommations intermédiaires, des matériels et des bâtiments, à la spécialisation des exploitations agricoles sur un nombre de plus en plus réduit de productions, et en particulier à la dissociation des productions végétales et animales, à la simplification des pratiques et des systèmes de production ou encore à l'agrandissement de la taille des exploitations agricoles : efficacité productive et facilité d'utilisation des engrais, des produits phytosanitaires et des aliments concentrés ; prix relatifs favorables à leur utilisation en substitution de ce qui est rare (terre) ou onéreux (travail) ; prix des produits agricoles incitant à la spécialisation sur quelques productions seulement ; recherche d'économies d'échelle par agrandissement de la taille des parcelles et de la dimension des exploitations, économies d'échelle par ailleurs favorisées par la mécanisation et la spécialisation, de même que par la concentration de l'amont et de l'aval ; etc. Ces facteurs qui jouent directement sur les décisions des agriculteurs sont entretenus par des politiques publiques favorables à de telles évolutions : un dispositif de recherche-développement-formation-conseil trop longtemps focalisé sur les performances productives ; un progrès génétique ciblé sur quelques espèces et races, et trop longtemps axé lui aussi sur les performances productives ; des équipementiers dont les capacités innovatrices ont privilégié l'accroissement des débits de chantiers relativement à la diversification des options techniques mises à disposition des agriculteurs⁴⁰ ; un aval qui, pour des raisons de coûts, exige des produits agricoles toujours plus homogènes, des volumes toujours plus importants et disponibles toute l'année ; etc. Certes, ces déterminants externes évoluent : intégration croissante d'objectifs environnementaux et territoriaux dans les politiques publiques et en particulier dans la PAC,

⁴⁰ A quelques exceptions notables près, comme la rapidité à laquelle se perfectionnent actuellement les matériels de désherbage mécanique qui démontrent précisément la capacité d'adaptation des équipementiers et le levier majeur qu'ils constituent pour la transition vers la multi-performance.

dans les missions et programmes des organismes de recherche, de recherche-développement et de développement, de même qu'au niveau de la formation, initiale et continue, et du conseil agricole, prise en compte progressive de critères autres que productifs dans les objectifs de d'amélioration génétique végétale et animale, développement de filières de transformation de productions agricoles de diversification, notamment sous l'impulsion des coopératives, etc. Il ne s'agit pas de sous-estimer ces évolutions positives. Force est cependant de constater qu'à ce jour, elles n'ont pas été suffisantes pour réduire significativement les consommations d'énergie fossile et améliorer substantiellement l'état de l'environnement des écosystèmes agricoles ; elles n'ont pas non plus permis de freiner l'exode agricole, d'inverser la tendance à l'agrandissement agricole ou encore d'éviter la récurrence des crises des revenus en agriculture.

D'aucuns parlent de « verrouillage » pour décrire une telle situation où plusieurs facteurs, à différentes échelles (parcelle, exploitation, filière, territoire) et relevant de différents déterminismes (choix des agriculteurs, politiques publiques incitatives et réglementaires, dispositif d'accompagnement de l'agriculture, stratégies des acteurs en amont et en aval des exploitations) se renforcent mutuellement autour d'un « modèle », ici le « modèle » d'une innovation productiviste et industrielle polarisée par l'accroissement des productivités partielles de la terre et du travail, et basée sur un recours sans cesse accru aux intrants industriels. Sortir de ce « verrouillage » requiert de définir un environnement favorable à la mise au point, à l'adoption et à la diffusion de pratiques et de systèmes multi-performants en inversant les sens d'influence des facteurs résumés ci-dessus. A cette fin, il ne suffit pas de corriger les effets contraires, notamment environnementaux, en oubliant que la fonction première de l'agriculture est la production de biens alimentaires et non-alimentaires et que les producteurs agriculteurs ont légitimement le droit de tirer de leur activité des revenus décents et équivalents à ceux des autres catégories socio-professionnelles, et qu'ils sont source de richesses et d'emplois, en d'autres termes en oubliant les fonctions productive et économique de l'agriculture. Cette logique correctrice a montré ses limites (cf. *supra*). Elle doit être remplacée par une approche qui d'emblée cherche à conjuguer les performances productive, économique, environnementale et sociale. Les initiatives de terrain d'agricultures plus respectueuses de l'environnement sont autant de niches qui peuvent servir d'exemples. Elles ne suffiront pas à elles seules à assurer le déploiement de pratiques et de systèmes à hautes performances sur l'ensemble du territoire. Celui-ci ne pourra se réaliser sans réorientation et rénovation de l'environnement scientifique, technique, économique et politique qui a conduit à la situation de « verrouillage » décrite au début de cette section. Ce changement nécessite de développer un contexte favorable en jouant sur 6 leviers principaux qui visent, de façon générale, à mettre en place un contexte de rendements croissants d'adoption de pratiques et de systèmes à hautes performances :

- **L'information** sur les pratiques et systèmes multi-performants, leur certification et leur mise à disposition des acteurs ;
- **La diffusion de cette information** par des conseillers dûment formés et reconnus ;
- **L'utilisation de cette information** par les agriculteurs qui sera favorisée par sa mise à l'épreuve dans des sites pilotes et des exploitations agricoles réelles (apprentissage par l'usage) ;
- **La formation, initiale et continue, des agriculteurs et de leur environnement** (conseillers, fournisseurs, acheteurs). Au-delà de l'acquisition de savoirs, les acteurs issus d'une même formation auront une capacité augmentée à interagir et favoriseront ainsi la diffusion d'une technologie, d'une pratique ou d'un ensemble de pratiques ;
- **Un équilibre harmonieux entre économies d'échelle et économies de gamme** (les premières incitent à l'agrandissement et les secondes à la diversification) **de façon à ce que l'exploitation des premières ne conduise pas une spécialisation excessive des pratiques, des systèmes, des exploitations et des territoires.** Dans cette perspective, une meilleure prise en compte de l'ensemble des prix et des coûts, marchands et non marchands, doit guider l'évolution des politiques publiques de l'agriculture ;
- **L'exploitation des externalités directes et indirectes de réseau.** Une externalité directe de réseau correspond à une situation où l'utilité de l'utilisateur d'une technologie ou d'une pratique augmente avec le nombre d'utilisateurs : dans le cas de l'agriculture, **il s'agit notamment de favoriser de nouvelles solidarités entre agriculteurs** pour, par exemple, optimiser la gestion de la fertilisation et

des effluents, promouvoir l'autoguidage des matériels agricoles *via* l'installation d'antennes collectives RTK⁴¹ ou encore optimiser le déploiement spatial des infrastructures écologiques favorables à la préservation de la biodiversité à une échelle supérieure à celle de l'exploitation ; cette solidarité doit être étendue aux autres acteurs des filières (développement de filières de diversification, par exemple) et des territoires (promotion du « manger local », par exemple), et encouragée par des politiques publiques incitatives. Une externalité indirecte de réseau correspond à une situation où l'utilisateur d'une technologie ou d'une pratique bénéficie d'avantages du simple fait que le nombre d'utilisateurs augmente : ***le nombre de prescripteurs, d'installateurs et de conseillers orientés sur la multi-performance sera d'autant plus élevé que les pratiques et systèmes visant cette multi-performance seront adoptés à une large échelle.***

Cette grille d'analyse nous conduit à formuler un certain nombre de recommandations pour faciliter la transition vers des agricultures à hautes performances. Ces recommandations sont présentées dans la section suivante.

E - Recommandations

Sur la base de l'analyse des transitions vers la multi-performance, des leviers à mobiliser et des freins à lever à cette fin, il est possible de formuler un certain nombre de recommandations qu'il convient de mettre en œuvre conjointement dans la mesure où elles constituent un tout cohérent.

E1 - Recommandation 1

Fixer le cap : définir des objectifs globaux réalistes mais néanmoins ambitieux qui traduiront la volonté de la transition vers des agricultures à hautes performances

Fixer des objectifs nationaux est essentiel pour partager les ambitions et assurer la visibilité requise aux acteurs du monde agricole, non seulement les agriculteurs, mais aussi les acteurs de la recherche, du développement, de la formation, du conseil, de l'amont et de l'aval des exploitations, ainsi que les consommateurs, les contribuables, les associations non gouvernementales, etc. L'exemple du plan Ecophyto 2018 lancé en 2008 avec un objectif de réduction des utilisations de produits phytosanitaires de 50 % en 10 ans témoigne d'une ambition forte et louable. Son application à toutes les exploitations agricoles dans le laps de temps imparti semble toutefois délicate, sauf à accepter une dégradation excessive de performances autres que la performance environnementale. En d'autres termes, l'horizon temporel de cet objectif global doit être plus éloigné avec, en contrepartie, fixation de jalons à court terme déclinés pour chaque contexte de production en fonction des pratiques mobilisables aujourd'hui. Ces jalons pourront correspondre à des exigences croissantes au fur et à mesure que la mise en œuvre des autres recommandations proposées *infra* permettront de viser des objectifs de réduction plus élevés ; en contrepartie aussi d'un schéma de pénalisation réellement dissuasif.

Les objectifs finaux et jalons intermédiaires ainsi fixés ne doivent pas se limiter à la seule dimension environnementale, mais couvrir de façon cohérente l'intégralité des performances productive, économique, environnementale et sociale. Ils devraient être fixés sur une base collégiale en associant tous les acteurs des filières agro-alimentaires et des territoires ruraux, sous l'autorité des pouvoirs publics

⁴¹ Le RTK (Real Time Kinematic) est une technique de correction du positionnement GPS permettant d'atteindre une précision supérieure.

nationaux (les différents ministères concernés) et des collectivités territoriales (dans la mesure où ils seront déclinés localement). Ils feraient l'objet d'un suivi au minimum annuel.

E2 - Recommandation 2

Développer le système d'information : collecter, structurer et mettre à disposition les savoirs et savoir-faire sur les pratiques et systèmes à hautes performances

Collecter, structurer et mettre à disposition les informations sur les pratiques et systèmes à hautes performances est une priorité. Il s'agit de disposer d'un Système d'Information (SI) exhaustif et partagé sur les performances productive, économique, environnementale et sociale des pratiques, ensembles de pratiques et systèmes de production agricole, en valorisant en particulier les possibilités offertes par les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC). Un tel SI devra être alimenté à l'aide de corpus de références dûment validés, ayant fait l'objet d'une certification indépendante, distinguant ce qui est générique (extrapolable) de ce qui relève du contexte local (dépendant des conditions des milieux, des filières, des marchés). Il devra être alimenté conjointement par les opérateurs de la recherche, de la recherche-développement et du développement, mais aussi par les opérateurs coopératifs et privés de l'amont et de l'aval, ainsi que par les expériences développées par les agriculteurs eux même (exploitation des savoir-faire). A travers une telle initiative, la mise en commun de l'information serait rendue obligatoire, l'information étant dans le cas présent un bien public. Cette mise à disposition obligatoire de l'information posera plus de difficultés pour les acteurs privés de l'amont et de l'aval que pour les opérateurs publics et les agriculteurs qui bénéficient de subsides publics (l'obligation étant alors la première contrepartie de l'octroi de ces subsides) ; on cherchera à surmonter cette difficulté par la concertation et la contractualisation.

E3 - Recommandation 3

Nourrir le système d'information - I : développer un effort de recherche et développement à la hauteur de l'enjeu

Le chantier « agro-écologie » de l'Inra conduit en 2012 avait pour objectif premier de définir les priorités de recherche en ce domaine⁴². Cinq priorités ont ainsi été identifiées : (i) l'analyse des interactions biotiques dans les agro-écosystèmes, (ii) l'agro-écologie du paysage, (iii) la méthodologie d'évaluation multi-critères, (iv) la gestion durable de la multifonctionnalité des sols et des eaux, et (v) la conception de nouveaux systèmes agricoles et l'analyse des transitions vers ceux-ci.

La transition vers des agricultures à hautes performances ne pourra se faire sans adhésion des filières (amont et aval des exploitations), des acteurs de la distribution et des consommateurs. De ce constat découlent deux autres priorités de recherche. Il s'agit d'abord d'identifier les innovations à promouvoir dans les secteurs en amont et en aval des exploitations qui faciliteront la transition vers des pratiques et systèmes multi-performants (innovations techniques, organisationnelles, structurelles, etc.). Le secteur de l'agroéquipement en particulier, trop souvent négligé et/ou perçu, à tort, comme renforçant la seule performance productive, peut constituer un levier majeur du changement souhaité en apportant des solutions techniques originales, en offrant des possibilités de mieux caractériser les états des agro-écosystèmes et en enrichissant les outils d'aide à la décision. L'innovation en aval des exploitations agricoles est tout aussi essentielle, notamment pour valoriser au mieux des productions agricoles plus diversifiées et plus hétérogènes. Il convient que cette innovation en aval soit conçue de façon concertée

⁴² Inra, 2013, Synthèse du chantier agro-écologie. <http://presse.inra.fr/Ressources/Communiqués-de-presse/Agro-ecologie>.

avec les maillons de la production d'une part, de la distribution et de la consommation d'autre part. L'effort à promouvoir à cette fin doit donc faire appel à une large palette de disciplines et de compétences, y compris les sciences économiques et sociales qui seront mobilisées à plusieurs titres : mécanismes de coordination des acteurs, développement d'un environnement réglementaire et économique favorable, analyse des attentes des consommateurs et de leurs consentements à payer pour tel ou tel produit de la diversification, etc. Il doit s'accompagner d'une intensification du processus de décloisonnement et de coopération entre les différents acteurs du système de recherche et développement (recherche publique, instituts techniques, chambres d'agriculture, autres réseaux) mis en œuvre depuis quelques années *via* les projets financés par le CASDAR (Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural), les UMT et RMT (Unités Mixtes Technologiques et Réseaux Mixtes Technologiques), les GIS (Groupements d'Intérêt Scientifique) sectoriels, etc., conformément aux orientations esquissées dans la loi d'orientation agricole de 2006 et explicitées de façon détaillée dans le rapport récemment élaboré par l'Inra à la demande des responsables professionnels agricoles membres de son conseil d'administration⁴³.

E4 - Recommandation 4

Nourrir le système d'information - II : développer un effort d'expérimentation en situations réelles à la hauteur de l'enjeu

Nourrir le SI défini ci-dessus suppose de développer un effort d'expérimentation à la hauteur de l'enjeu. Il n'existe en effet pas une solution unique et universelle à la multi-performance, mais un ensemble de solutions en fonction des objectifs prioritaires à atteindre, des conditions du milieu, du contexte économique et social, etc. Il s'agit donc de solliciter et d'encourager le génie combinatoire de chaque acteur ou groupe d'acteurs dans le cadre d'un processus d'innovation qui doit être disséminé et adapté aux particularités locales. Ce vaste effort d'expérimentation doit inclure le test de pratiques et de systèmes risqués dans une perspective dynamique où les expériences ainsi testées au sein de sites pilote pourront ensuite être étendues à des exploitations agricoles réelles. Il doit être à la hauteur de l'enjeu en s'assurant de la pérennité sur le long terme, pérennité indispensable car les processus en jeu peuvent nécessiter un pas de temps de plusieurs années, voire de plusieurs dizaines d'années, avant d'en mesurer tous les effets. De plus, les expérimentations gagneront en pertinence si elles sont coordonnées au sein d'une filière et/ou d'un territoire en mettant en jeu non seulement un ensemble d'agriculteurs, mais aussi tous les acteurs concernés des filières et des territoires, qui seront encouragés à œuvrer de concert par des mesures incitatives de compensation des réductions possibles de flux financiers et de la prise initiale de risques.

E5 - Recommandation 5

Se former à utiliser le système d'information : développer des outils d'aide à la décision et la formation, initiale et continue, des acteurs

L'information sur les agricultures à hautes performances étant acquise, régulièrement mise à jour et augmentée, structurée et mise à disposition, il faut favoriser son utilisation à large échelle. Les outils d'Aide À la Décision (OAD) sont des leviers essentiels pour favoriser l'adoption d'innovations, de pratiques et de systèmes à hautes performances et notamment réduire l'aversion au risque en suivant l'exemple des « pionniers ». De tels OAD renseignant l'ensemble des performances restent largement à définir, ici

⁴³ L'Inra et le monde agricole : des partenariats pour l'innovation. H. Guyomard (sous la direction de), Inra, Paris, 2011, 85 pages + annexes.

aussi dans une perspective dynamique (enrichissement au fur et mesure que la recherche et l'expérimentation délivreront de nouveaux résultats).

Ces OAD, plus largement l'ensemble des documents et outils permettant la diffusion des savoirs et savoir-faire, doivent être utilisés pour la formation initiale et continue des agriculteurs, et des autres acteurs des filières et des territoires. De façon plus générale, il convient de redéfinir les contenus et les référentiels des cursus de formation initiale et continue en ciblant principalement (i) la prise en compte simultanée de toutes les performances, (ii) une approche systémique ou holistique du fonctionnement de l'exploitation agricole, (iii) l'insertion de cette dernière dans les filières et les territoires, et (iv) les temporalités des processus.

E6 - Recommandation 6

Renouveler le conseil en agriculture et s'assurer que cette offre renouvelée du conseil rencontre sa demande

L'information étant acquise et mise à disposition, les outils nécessaires à son utilisation mis au point et les agriculteurs formés à ces derniers et aux principes qui les sous-tendent, il convient maintenant de mettre en place les conditions qui garantiront que les pratiques et systèmes visant la multi-performance seront effectivement prescrits et adoptés. Les aspects de prescription requièrent un renouvellement du conseil en agriculture guidé par deux principes, d'une part, une dissociation plus grande des activités de prescription de celles de vente de solutions et d'innovations, et, d'autre part, un conseil plus systémique et prenant en compte simultanément et conjointement les dimensions productive, économique, environnementale et sociale. Ces conseillers prescripteurs de la multi-performance pourraient bénéficier d'une certification indépendante par les pouvoirs publics de façon à s'assurer de leurs connaissances, de l'actualisation de ces dernières au fur et à mesure des progrès des connaissances, de façon aussi à rassurer les agriculteurs sur la qualité du conseil ainsi dispensé.

Il convient ensuite que cette offre de conseil rencontre sa demande, i.e., que les acteurs aient effectivement recours à cette offre renouvelée du conseil au risque sinon de limiter la transition vers la haute performance à quelques niches seulement. Les exemples ne manquent pas, dans l'histoire de l'agriculture française, de bonnes idées qui ne se sont pas développées au-delà d'un premier cercle de pionniers et/ou d'initiés faute de mécanismes permettant d'enclencher un cercle vertueux d'adoption et de diffusion. Deux leviers, non exclusifs, peuvent être mobilisés à cette fin, l'obligation et/ou l'incitation. On recommandera d'utiliser ces deux leviers de façon conjointe en différenciant dans le temps le recours à chaque approche : le recours aux conseillers-prescripteurs de la multi-performance sera donc dans un premier temps encouragé par des mesures incitatives sous la forme d'aides directes ou de dispositions fiscales conditionnées à la mise en œuvre de pratiques et de systèmes multi-performants, ces aides directes ou ces dispositions fiscales n'étant progressivement plus octroyées qu'en contrepartie de performances plus ambitieuses au fur et à mesure que les niveaux minima de performances sont intégrés dans la réglementation⁴⁴. Les producteurs agricoles ont l'expérience de l'association de mesures réglementaires et incitatives dans le cadre de la PAC *via* la conditionnalité d'octroi des aides directes du premier pilier au respect d'exigences réglementaires minimales et à l'emploi de bonnes pratiques, et la compensation des efforts réalisés au-delà de ces exigences minimales par des aides directes ciblées du deuxième pilier.

⁴⁴ On ne sous-estimera pas la difficulté de mesures basées sur l'obligation de résultats. On pourra donc préférer à cet idéal une approche plus pragmatique toujours assise sur l'obligation de moyens en maintenant toutefois l'intérêt premier à poursuivre les travaux permettant de lier moyens et résultats en tenant compte des conditions locales d'application desdits moyens. Un des principaux intérêts de l'étude est précisément de proposer des pratiques et des combinaisons de pratiques qui permettraient plausiblement de viser la multi-performance, en quelque sorte à mi-chemin entre obligation de moyens et obligation de résultats.

E7 - Recommandation 7

Inciter à la transition vers des agricultures à hautes performances par des politiques publiques fortes et renouvelées

Les six premières recommandations sont nécessaires. Elles ne seront pas suffisantes. Comme nous l'avons déjà dit (cf. section D), le contexte macro-économique, industriel, institutionnel et politique a en effet tendance à favoriser la spécialisation, la concentration et l'agrandissement des exploitations agricoles, la simplification des systèmes de production agricole et la spécialisation des territoires ; il tend également à favoriser la séparation entre les productions végétales et animales, et la transformation progressive de nombreuses régions de polyculture - élevage en des zones spécialisées dans les seules productions végétales ou, inversement, dans les seules productions animales. Conjuguer les performances productive, économique, environnementale et sociale des agricultures exige des politiques publiques fortes, mais renouvelées. Assurer la transition vers des agricultures à hautes performances nécessite une révision profonde des politiques publiques, en premier lieu de la PAC.

La conditionnalité d'octroi des aides directes du premier pilier de la PAC au respect d'exigences minimales en matière de santé des hommes, des animaux et des plantes, de bien-être des animaux, de protection de l'environnement et de maintien des terres dans de Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales (BCAE), le verdissement de ces mêmes aides au titre de la PAC qui se dessine pour l'après-2015⁴⁵ et les mesures agri-environnementales (MAE) du second pilier de la PAC permettent de mieux prendre en compte l'objectif d'une protection augmentée de l'environnement. Ces mesures sont un pas dans la bonne direction, mais un pas insuffisant dans une perspective de moyen et long terme. Elles doivent être renforcées et complétées.

Renforcées par la prise en compte d'un socle de pratiques multi-performantes étendu, notamment les pratiques et ensembles de pratiques identifiés dans ce rapport comme étant essentiels pour assurer la transition vers des agricultures à hautes performances. C'est ainsi qu'il convient, par exemple, d'enrichir les critères de verdissement correspondant à la diversification des cultures *via* la mise en œuvre d'une diversification augmentée non seulement des assolements mais aussi des rotations, la présence de légumineuses, de cultures intermédiaires et/ou de plantes de service, etc. Ce socle de pratiques de verdissement sera défini sur la base des pratiques d'ores et déjà disponibles et applicables à l'ensemble des exploitations agricoles, éventuellement dans le cadre d'un menu à options ; il sera progressivement augmenté au fur et à mesure des progrès scientifiques et techniques que permettra la mise en œuvre des recommandations 2 à 6. Et les MAE du second pilier doivent être réservées pour les efforts additionnels qui vont au-delà des niveaux minima de la conditionnalité et du verdissement, pour compenser la prise de risques, pour inciter à des initiatives collectives au sein des filières et/ou des territoires, etc.

Mesures renforcées mais également complétées car assurer la protection souhaitée et souhaitable de l'environnement sur la seule base de mesures à la charge du contribuable ne suffira pas dans un contexte budgétaire contraignant. La PAC doit également être mobilisée pour favoriser la création de marchés environnementaux et territoriaux et de Paiements pour Services Environnementaux (PSE) de sorte à partager la charge du soutien entre contribuables et consommateurs (des services environnementaux et territoriaux).

Les objectifs visés par l'intermédiaire des aides directes du premier pilier de la PAC doivent être revus, tout en gardant à l'esprit que celles-ci sont indispensables à la viabilité de très nombreuses

⁴⁵ Le verdissement conditionne l'octroi de 30 % des aides directes du premier pilier de la PAC au respect de trois critères relatifs à une diversification minimale des cultures, au maintien des surfaces de prairies permanentes et à un pourcentage minimal de surfaces d'intérêt écologique (jachères faunistique et mellifère, bandes enherbées, haies, etc.). Ces trois critères s'appliquent au niveau de chaque exploitation.

exploitations. Plutôt que soutenir les revenus agricoles au sens strict, les aides directes du premier pilier doivent être rendues contra-cycliques (ajustement à la baisse des montants accordés quand la conjoncture économique est favorable, ajustement à la hausse quand cette conjoncture est défavorable) ; elles doivent aussi être réorientées pour faire face aux aléas, favoriser la prise de risques et inciter à innover. Une telle réorientation aidera à mieux légitimer le premier pilier de la PAC.

Enfin, au niveau du premier comme du second pilier, il est temps de reconnaître que la transition vers la multi-performance ne se fera pas si les mesures de la PAC restent focalisées sur le seul niveau de l'exploitation agricole. Réduire les coûts de la transition, et en particulier les coûts en matière de travail et d'investissement/d'endettement, exige des solidarités renouvelées entre agriculteurs, au sein des filières et dans les territoires. Ces solidarités doivent être encouragées *via* l'octroi de soutiens budgétaires ciblés sur des ensembles de producteurs qui se coordonnent au niveau d'un territoire au titre d'objectifs environnementaux, d'une distribution spatiale optimisée des infrastructures écologiques ou encore d'une association retrouvée des productions végétales et animales (utilisation des effluents d'élevage pour la fertilisation des cultures et valorisation des cultures de diversification dans l'alimentation du bétail) ; *via* aussi le versement de soutiens budgétaires à des filières existantes au titre d'une valorisation augmentée de productions majeures et/ou à la création de filières nouvelles de valorisation des productions issues de la diversification.

F - Conclusion : enclencher un processus fédérateur qui s'inscrit dans la durée

Les différentes recommandations proposées ci-dessus visent à favoriser l'enclenchement d'un cercle vertueux, à le développer et à l'entretenir. Dans cette perspective, il convient de se doter d'un dispositif de suivi des progrès. On voit bien à quel point cette dimension du suivi est un élément crucial du pilotage dans le cadre du plan Ecophyto de réduction des utilisations de produits phytosanitaires, les discussions sur les indicateurs de suivi et de mesure des progrès étant trop souvent la traduction des enjeux des différentes parties en présence. Il faut aussi prévoir un mécanisme de pénalisation si les résultats sont insuffisants au regard des objectifs. Un mécanisme de certificats sur les engrais de synthèse, les produits phytosanitaires et/ou les antibiotiques utilisés en élevage qui instaure un principe de malus en cas de résultats non atteints est une piste, parmi d'autres, intéressante à explorer ; elle est sans doute plus intéressante que d'autres possibles qui cibleraient trop exclusivement le maillon final (les agriculteurs) parce qu'elle engendre des solidarités entre les agriculteurs et leur environnement technico-économique (dans le cas présent, les fournisseurs d'engrais, de produits phytosanitaires et d'antibiotiques). De façon générale, que les mesures soient incitatives ou contraignantes, c'est en rendant solidaires les acteurs des filières et des territoires qu'il sera possible d'évoluer vers des agricultures, des filières et des territoires à hautes performances.

La transition à grande échelle vers des agricultures à hautes performances exige des changements majeurs. Au-delà des recommandations formulées ci-dessus, un volontarisme fort sera nécessaire pour dépasser les freins aux changements et répondre à une limite majeure identifiée dans l'étude, celle du temps :

- les pas de temps d'expression des différentes performances n'étant pas identiques, il ne faut pas privilégier à l'excès pratiques, systèmes et performances à réponse rapide au détriment des changements qui requièrent un temps plus long de mise en œuvre et/ou d'expression ;
- les variations interannuelles peuvent masquer les évolutions « de fond » ;
- les évolutions de la formation et du conseil, la recherche et les expérimentations nécessiteront plusieurs années avant de se traduire au niveau des exploitations, des filières et des territoires ;

- enfin, la transition exige des innovations organisationnelles qui elles aussi requièrent du temps.

L'ampleur de l'enjeu – la définition de pratiques et systèmes agricoles multi-performants – justifie pleinement d'inscrire, de façon résolue, les orientations à mettre en œuvre dans des pas de temps longs, de l'ordre d'une dizaine d'années. Il convient donc de s'assurer que les évolutions et innovations vertueuses concernent les pratiques et systèmes – auquel cas, l'irréversibilité du cercle vertueux ne serait pas garantie - et s'inscrivent plus profondément et plus en amont au niveau des déterminants qui définissent les objectifs, les orientations et les modalités de l'innovation. Le caractère partagé et mutualisé de cette réorientation est à l'évidence un des points les plus cruciaux pour inscrire les évolutions souhaitées dans la durée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARROW K.** 1962. The economic implications of learning by doing. *Review of Economics Studies*, vol. 29, Réédition in ARROW K. 1985, *Collected essays, vol. 5, Production and capital*, Blackwell, Oxford
- ARTHUR B.** 1988. Competing technologies: an overview. In : DOSI G. *et al.* (Eds), *Technical change and economic theory*, Pinter Publishers, 590-630
- ARTHUR W.** 1989. Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *Economic Journal*, 99, 116-31
- ARTHUR W.** 1994. *Increasing returns and path dependence in the economy*. Ann Arbor (Michigan): University of Michigan Press
- BASTIAN M., HEYMAN S., JACOMY M.** 2009. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media
- BERGERET P., DUFUMIER M.** 2009. Analyser la diversité des exploitations agricoles. In CIRAD, GRET, France-MAE. 2002. *Mémento de l'agronome*. Montpellier (France). Editions Quae, 1691 p.
- BINSWANGER H.P., RUTTAN V.W.** 1978. *Induced innovation: technology, institutions, and development*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press
- BOS A.P., GROOT KOERKAMP P.W.G., GOSSELINK J.M.J., BOKMA S.J.** 2009. Reflexive Interactive Design and its application in a project on sustainable dairy husbandry systems. *Outlook on Agriculture*, 38, 137-145
- CHAMBAUT H., BORDENAVE P., DURAND P., LAURENT F., FOURRIE L.** 2008. Modélisation des flux d'azote dans le bassin versant laitier de la Fontaine-du-Theil. *Fourrages*, 193, 35-50
- CHARDON X., RIGOLOTT C., BARATTE C., ESPAGNOL S., RAISON C., MARTIN-CLOUAIRE R., RELIER J-P., LE GALL A., DOURMAD J-Y., PIQUEMAL B., LETERME P., PAILLAT J-M, DELABY L., GARCIA F., PEYRAUD J-L., POUPA J-C., MORVAN T., FAVERDIN P.** 2012. MELODIE: a whole-farm model to study the dynamics of nutrients in dairy and pig farms with crops. *Animal*, 6, 1711-1721
- CHAUVAT S., SEEGER J., N'GUYEN THE B., CLEMENT B.**, 2003. Le travail d'astreinte en élevage bovin laitier. Synthèse nationale d'enquêtes "Bilan Travail". In : Institut de l'Elevage (Ed.). 1-50
- CHEVASSUS-AU-LOUIS B., SALLES J.M., BIELSA S., RICHARD D., MARTIN G., PUJOL J.L.** 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique. Centre d'analyse stratégique. *La documentation française*, 376 p.
- COWAN R.** 1990. Nuclear power reactors: A study in technological lock-in. *The Journal of Economic History*, 50, 541-67
- COWAN R., GUNBY P.** 1996. Sprayed to death: Path dependence, lock-in and pest control strategies. *The Economic Journal*, 106, 521-42

- CRAHEIX D., ANGEVIN F., BERGEZ J.E., BOCKSTALLER C., COLOMB B., GUICHARD L., REAU R., DORE T.** 2012. MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques*, 20, 35-48
- CREDOC.** 2009. Etude exploratoire pour une évaluation des services rendus par les écosystèmes en France. Application du Millenium Ecosystem Assessment à la France. Synthèse du rapport d'étude, MEEDDM, 30 p.
- DAVID P.** 1985. Clio and the economics of QWERTY. *American Economic Review*, 75, 332-7
- DEFFONTAINES J.P, BROSSIER J.** (dir.) 1997. Agriculture et qualité de l'eau : l'exemple de Vitte. *Dossier de l'environnement de l'Inra*, 14, 78 p.
- DOSI G.** 1982. Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy*, 11, 147-162
- DUMAS M., MORAIN M., REAU R., PETIT M-S.** 2012. FERME 2010 : Produire des ressources pour l'action à partir de l'analyse de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires mis au point par les agriculteurs dans leurs exploitations, Tome 1 : Méthode et Résultats. FERME 2010 – ECOPHYTO, 154 p.
- FARES M., MAGRINI M.B, TRIBOULET P.** 2012. Transition agro-écologique, innovation et effets de verrouillage : le rôle de la structure organisationnelle des filières. *Cahiers Agriculture*, 21(1), 34-45
- FORTUN-LAMOTHE L., COURTADON H., CROISIER A., GIDENNE T., COMBES S., LE BOUQUIN S., CHAUVIN C.** 2011. L'index de fréquence des traitements par les antibiotiques (IFTA©) : un indicateur de durabilité des ateliers d'élevage. 14èmes Journées de la Recherche Cunicole, 22-23/11/2011, Le Mans (France)
- FREIBAUER A., MATHIJS E., BRUNORI G., DAMINANOVA Z., GIRONA I., GOMIS J., O'BRIEN L., TREYER S.** 2011. Sustainable food consumption and production in a resource constrained world. SCAR. http://ec.europa.eu/research/agriculture/scar/pdf/scar_feg3_final_report_01_02_2011.pdf
- FRUCHTERMAN T.M.J., REINGOLD E.M.** 1991. Graph Drawing by Force-Directed Placement. *Software: Practice and Experience*, 21 (11)
- GEELS F.** 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi- level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31, 1257-1274
- GEELS F.** 2005. Technological transitions and system innovations: A co-evolutionary and sociotechnical analysis. Cheltenham: Edward Elgar
- GIS SOL.** 2011. L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 188 p.
- GUILLOU M., MATHERON G.** 2011. 9 milliards d'hommes à nourrir. Un défi pour demain. François Bourin (Ed), 421 p.
- HAUDRICOURT A.G.** 1987. La technologie, science humaine. Recherches d'histoire et d'ethnologie des techniques. Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, 344 p.
- HAYAMI Y., RUTTAN V.W.** 1971. Agricultural development: an international perspective. Baltimore, MD: Johns Hopkins Press, 367 p.
- HILL S.B., MACRAE R.J.** 1996. Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 7 (1), 81-87

- IAD.** 2013. « IndiciADes, mode d'emploi. Des indicateurs pour s'évaluer et progresser » [en ligne]. (page visitée le 10/10/2012) http://www.indiciades.fr/html/indiciADes_mode_emploi.pdf
- JEANNEQUIN B., DOSBA F., PLENET D., PITRAT M., CHAUVIN J.E.** 2011. Vers des cultures fruitières et légumières à hautes performances environnementales. *Innovations Agronomiques*, 12, 73-85
- KIRMAN A.** 1993. Ants, rationality, and recruitment. *Quarterly Journal of Economics*, 108, 137-56
- LE BISSONNAIS Y., THORETTE J., BARDET C., DAROUSSIN J.** 2002. L'érosion hydrique des sols en France. Ifen - Inra (Ed), 106 p.
- LIEBOWITZ S.J., MARGOLIS S.E.** 1995. Path dependence, lock-in, and history. *Journal of Law, Economics and Organisation*, 11, 205-26
- LE ROHELLEC C., FALAISE D., MOUCHET C., BOUTIN M., THIEBOT J.,** 2009. Analyse de l'efficacité environnementale et énergétique de la mesure agri-environnementale « SFEI » à partir de l'analyse de pratiques de 44 signataires en 2006-07. *Rencontres Recherches Ruminants*. Paris, France, 109-112
- MEEDDM-MNHN.** 2008. Projet de caractérisation des fonctions écologiques des milieux en France. *Études & documents*, 20, 74 p.
- MEDDE.** « Mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau. Pour un bon état des eaux en 2015 » [en ligne]. (page visitée le 10/10/2012) http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Brochure-DCE_DEF_27-06-12.pdf
- MEIFFREN I., POINTEREAU P.** 2009. Munich : le « bio » pour une eau non traitée. <http://www.partagedeseaux.info/article48.html>
- MENESGUEN A.** 2003. Les « marées vertes » en Bretagne, la responsabilité du nitrate. Ifremer (Ed), 11 p.
- MEYNARD J.M., DEDIEU B., BOS A.P.** 2012. Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices. In: *Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic*. Ika Darnhofer, David Gibon, Benoît Dedieu (Editeurs), Springer, 407-432
- MEYNARD J.M., ROLLAND B., LOYCE C., FELIX I., LONNET P.** 2009. Quelles combinaisons variétés / conduites pour améliorer les performances économiques et environnementales de la culture de blé tendre ? *Innovations Agronomiques*, 7, 29-47
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT.** 2003. Ecosystems and Human Well-Being. A Framework For Assessment, *Island Press*. Washington D.C. (Etats-Unis), 212 p.
- MUNSELL J.F., GERMAIN R.H.** 2007. Measuring best management practices knowledge and implementation among Catskill/Delaware watershed nonindustrial private forest landowners. In : MINER C., JACOBS R., DYKSTRA D., BITTNER B. General Technical Report – Pacific Northwest Research Station, USDA Forest Service PNG-GTR-726, 183-191
- PEYRAUD J.L., CELLIER P.** (coord.). 2012. Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 527 p.
- RAD-CIVAM.** 2010. « Diagnostic de Durabilité du Réseau Agriculture Durable. Guide de l'utilisateur » [en ligne]. (page visitée le 10/10/2012) <http://www.agriculture-durable.org/wp-content/uploads/2010/10/Guide-utilisateur-20101.pdf>

- RANJARD L.** 2012. L'apport des techniques de la biologie moléculaire à la connaissance de la biodiversité microbienne dans les sols et de ses fonctions. *Innovations Agronomiques*, 21, 31-43
- REAU R., DUMAS M., MORAINÉ M., OMON B., PETIT M.-S.** 2011. Produire des références contribuant à réduire l'usage des pesticides : le réseau de fermes de références et de démonstration d'Ecophyto 2018, Colloque Ecologisation des politiques et des pratiques agricoles, 16-18/03/2011, Avignon (France)
- REID W.A.** (Ed.) 2005. Living beyond our means. Natural assets and human well-being. Millennium Ecosystem Assessment, 28 p. <http://www.maweb.org/documents/document.429.aspx.pdf>.
- ROSENBERG N.** 1982. Inside the black box. Cambridge University Press.
- SOLAGRO, OREADE BRECHE, ISL.** 2012. Agriculture et Facteur 4. Synthèse du rapport d'étude, ADEME et MAAF, 16 p.
- TAILLANT P.** 2005. L'analyse évolutionniste des innovations technologiques : l'exemple des énergies solaire photovoltaïque et éolienne. Thèse de l'université de Montpellier I, 431 p.
- TEEB.** 2010. The economics of ecosystems and biodiversity. Synthèse du rapport d'étude, Earthscan, London.
- THOMAS A.** 2012. Régulation économique de la qualité de l'eau : efficacité et acceptabilité. *Innovations Agronomiques*, 23, 69-84
- VANLOQUEREN G., BARET P.V.** 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agro-ecological innovations. *Research Policy*, 38, 971-83
- VAYSSIÈRES J.** 2008. Modélisation participative et intégration des pratiques décisionnelles d'éleveurs dans un modèle global d'exploitation. Thèse de doctorat, Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques (SUPAGRO), Montpellier (France)
- VELTHOF G.I., OUDENDAG D.A., OENEMA O.** 2007. Development and application of the integrated nitrogen model MITERRA EUROPE - Task 1: Service contract "Integrated measures in agriculture to reduce ammonia emissions". Wageningen (Pays-Bas), 100 p.
- VILAIN L., BOISSET K., GIRARDIN P., GUILLAUMIN A., MOUCHET C., VIAUX P., ZAHM F.** 2008. La méthode IDEA. Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles. Guide d'utilisation. Educagri (Ed), 184 p.
- WASTNEY M.E., PALLISER C.C., LILE J.A., MCDONALD K.A., PENNO J.W., BRIGHT K.P.** 2002. A whole-farm model applied to a dairy system. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production, 62, 120-123
- WEZEL A., BELLON S., DORE T., FRANCIS C., VALLOD D., DAVID C.** 2009. Agroecology as a science, a movement or a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 503-515

ANNEXES

Annexe 1

Correspondances entre performances et indicateurs

Cinq classes de performances	Meta-performances	Performances élémentaires	Intitulé de l'indicateur		Méthode de calcul	Sens de variation de l'indicateur	
			Idéal	Proxy			
C1_Production	Production	Augmenter le rendement			t/ha, L/VL, etc.	+	
		Améliorer la qualité de la production			qualitatif	+	
C2_Economie	Rentabilité	Augmenter la rentabilité			Valeur ajoutée / Chiffre d'affaires	+	
	Soldes de gestion	Diminuer les charges variables				+	
		Augmenter la Valeur ajoutée			VA totale par ha et par UTA	+	
		Augmenter l'Excédent brut d'exploitation			EBE/UTA	+	
		Augmenter le Résultat courant avant impôt			RCA/UTA	+	
	Robustesse	Augmenter l'Autonomie productive			Intrants / Chiffre d'affaires hors primes	+	
		Diminuer la dépendance aux aides			Aides / EBE ou Aides / RCAI	-	
		Diversifier les productions			Nb de productions	+	
Transmissibilité	Améliorer la Transmissibilité			Annuités / EBE	-		
C3_Ressources naturelles	Energie	Réduire la consommation d'énergie directe totale (hors électricité)			en EQF par ha et par 1000 € de VA	-	
		Réduire la consommation d'énergie indirecte (hors électricité)			en EQF par ha et par 1000 € de VA	-	
	Quantité d'eau	Réduire la consommation d'eau (irrigation, bâtiments)			en m ³ /ha irrigué et en m ³ /t produite (de lait, de viande...)	-	
	Phosphore	Réduire la consommation de P (fertilisation, alimentation)			en kg P2O5 /ha et par 1000 € VA	-	
C4_Environnement	Sol	Limiter le Compactage		Pourcentage de cultures récoltées en conditions défavorables	Pourcentage de cultures récoltées tardivement (ha/SCOP)	-	
		Diminuer l'Erosion	Couverture du sol en période à risque	Couverture du sol en hiver et au printemps	% sol suffisamment couvert en hiver et au printemps en fonction des cultures (et travail sol si info disponible) (ha/SCOP)	+	
		Augmenter le taux de MO	Bilan Humique		Quantité Norg/teneur (N effluent) pour fumier, compost	optimum	
		Limiter les ETM	Variation de la teneur en cuivre et en zinc du sol			-	
	Qualité d'eau	Diminuer les nitrates	Bilan azoté		Part de prairies dans la SAU	% de prairies temporaires et permanentes dans la SAU	+
			Couverture du sol en période de drainage		Couverture hivernale des sols	% sols suffisamment couverts en hiver en fonction des cultures (culture de printemps sans CIPAN avant + céréales à paille	+
		Diminuer les produits Phytosanitaires	I-Phy	IFT	IFT total	-	
		Diminuer le phosphore	Bilan P		IFT-herbicides	-	
		Diminuer les médicaments vétérinaires	Utilisation des médicaments en élevage		Frais vétérinaires hors honoraires / 1000 € de produits	-	
		Air	Diminuer les émissions de GES	Émissions brutes de GES			En CO2 équiv. par ha et par 1000€ de produit
	Stockage de carbone						+
	Diminuer les émissions d'odeurs					-	
	Diminuer les rejets de polluants organiques					-	
	Biodiversité	Augmenter les surfaces semi-naturelles	Infrastructures agroécologiques	En m linéaire / ha de SAU		En % de la SAU par la méthode Idéa	+
				En % de la SAU			+
		Part de prairies permanentes extensives			% de la SAU avec prairies < 30 kg N/ha, fauches tardives, chargement faible < 1 UGB/ha	+	
		Augmenter la diversité des cultures	Diversité des cultures		Indice de diversité (Simpson réciproque) pour les couverts >5% >50% prairies permanentes =>3, enherbement culture pérenne =>1	+	
		Diversifier la mosaïque paysagère	Taille îlot		Somme taille îlot* fact taille/SAU: c = 0 si < 5ha c entre 0 et 1 si 5 < > 25 ha c = 1 si > 25 ha	+	
		Réduire les perturbations de l'écosystème				-	
	C5_Social	Travail	Diminuer le temps de travail et/ou sa pénibilité			UTH/ha ou nb d'h/n ou h/1000€ produit	optimum
Santé		Diminuer l'exposition aux risques de santé				-	
Bien-être animal		Améliorer le bien-être-animal			Surface disponible par animal ou temps de pâturage par an pour les ruminants	+	

Annexe 2

Matrice des corrélations des performances à partir des données issues des pratiques végétales

	PROD_Rendement	PROD_Quantité	Rendabilité	SOLD_Charges var	SOLD_Valeur ajoutée	SOLD_EBC	SOLD_RCAI	ROBUS_Autonomie	ROBUS_Dependance aides	ROBUS_Diversifier les prod	ROBUS_Endettement	Transmissibilité
PROD_Rendement	1,00	0,26	0,52	-0,06	0,51	0,53	0,39	0,31	0,35	-0,02	-0,02	0,08
PROD_Quantité	0,26	1,00	0,39	0,13	0,59	0,61	0,37	0,24	0,19	0,04	-0,07	-0,07
Rendabilité	0,52	0,39	1,00	0,47	0,97	0,97	0,71	0,67	0,67	-0,05	-0,15	-0,02
SOLD_Charges var	-0,06	0,13	0,47	1,00	0,47	0,47	0,39	0,59	0,26	0,04	-0,01	-0,06
SOLD_Valeur ajoutée	0,51	0,38	0,97	0,47	1,00	0,97	0,72	0,73	0,67	-0,04	-0,14	-0,02
SOLD_EBC	0,53	0,35	0,97	0,47	0,97	1,00	0,74	0,72	0,67	-0,02	-0,13	-0,02
SOLD_RCAI	0,39	0,37	0,71	0,39	0,72	0,74	1,00	0,64	0,73	0,00	0,27	0,10
ROBUS_Autonomie	0,31	0,24	0,71	0,59	0,73	0,72	0,64	1,00	0,54	0,05	-0,01	-0,02
ROBUS_Dependance aides	0,35	0,19	0,67	0,26	0,67	0,67	0,73	0,54	1,00	-0,11	0,10	-0,16
ROBUS_Diversifier les prod	-0,02	0,04	-0,05	0,04	-0,04	-0,02	0,00	0,05	-0,11	1,00	0,11	-0,03
ROBUS_Endettement	-0,02	-0,03	-0,15	-0,01	-0,14	-0,13	0,27	-0,01	0,10	0,11	1,00	0,21
Transmissibilité	0,08	-0,07	-0,02	-0,06	-0,02	-0,02	0,10	-0,02	0,16	-0,03	0,21	1,00
NRI_Energie directe	0,05	0,07	0,13	0,30	0,16	0,16	0,13	0,26	0,11	0,14	0,26	-0,07
NRI_Energie indirecte	0,20	0,27	0,32	0,21	0,36	0,35	0,26	0,36	0,20	0,11	-0,04	-0,02
Eau	0,10	0,05	0,09	0,18	0,10	0,11	0,12	0,10	0,14	-0,01	0,06	0,02
Phosphore	0,27	0,08	0,17	0,04	0,18	0,18	0,15	0,18	0,16	-0,03	0,13	0,03
SOL_Compactage	0,07	0,08	-0,07	-0,01	-0,06	-0,07	-0,03	0,02	-0,03	0,02	-0,07	-0,06
SOL_Erosion	-0,11	-0,08	-0,21	0,03	-0,22	-0,22	-0,11	-0,07	-0,14	0,25	0,13	0,05
SOL_Taux MD	0,03	0,03	-0,02	0,12	-0,02	-0,02	0,09	0,13	0,02	0,31	0,18	0,08
SOL_FTM	0,10	0,06	-0,02	0,04	0,02	0,02	0,00	0,08	0,01	-0,04	-0,01	0,00
QUAL_EAU_Nitrate	0,08	0,03	-0,09	0,08	-0,06	-0,07	0,01	0,04	-0,02	0,09	0,09	-0,01
QUAL_EAU_PJT	-0,22	0,14	-0,27	0,06	-0,27	-0,27	-0,10	-0,12	-0,18	0,12	0,05	-0,04
QUAL_EAU_Produits vétérinaires	-0,15	-0,08	-0,06	0,03	-0,08	-0,08	-0,04	-0,04	-0,04	-0,13	0,15	-0,00
QUAL_EAU_Phosphore	-0,09	0,21	0,17	0,17	0,16	0,12	0,02	0,14	0,04	-0,09	-0,13	-0,14
QUAL_EAU_GES	0,30	0,17	0,22	0,14	0,22	0,22	0,12	0,28	0,08	0,16	-0,01	0,05
AIR_Emissions de NH3	0,21	0,06	0,10	0,07	0,11	0,11	0,06	0,13	0,07	0,08	-0,14	0,00
AIR_Emissions d'autres gaz	0,09	-0,06	0,03	-0,22	0,03	0,03	-0,14	0,01	-0,01	-0,03	-0,27	0,06
AIR_Reges de polluants atmosphériques	-0,14	0,03	-0,02	0,04	-0,01	-0,03	0,02	0,01	0,02	-0,09	-0,01	0,01
BIODIV_Surfaces semi-naturelles	-0,28	-0,04	-0,27	0,06	-0,27	-0,27	-0,16	-0,07	-0,21	0,19	0,08	0,03
BIODIV_Surfaces agricoles	-0,07	0,06	-0,18	0,08	-0,08	-0,08	-0,04	-0,08	-0,08	0,03	0,15	-0,00
BIODIV_Perturbation de l'écosystème	-0,09	-0,03	-0,26	-0,01	-0,26	-0,26	-0,18	-0,06	-0,21	0,41	0,13	0,02
Tempo de travail et/ou sa répartition	-0,29	-0,11	-0,27	0,08	-0,26	-0,28	-0,21	-0,12	-0,28	0,10	0,12	0,00
Exposition aux risques	0,18	-0,08	0,15	0,22	0,16	0,19	0,11	0,17	0,13	-0,04	-0,06	-0,06
BEA	-0,04	0,00	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,10	0,05	-0,09	0,03	-0,17	-0,01
Atlas	0,02	0,20	0,07	0,02	0,06	0,04	0,05	0,05	0,13	-0,06	-0,01	0,06
Atlas	0,23	0,24	0,31	0,19	0,31	0,31	0,22	0,25	0,23	0,13	-0,08	-0,01

	NRI_Energie directe	NRI_Energie indirecte	Eau	Phosphore	SOL_Compactage	SOL_Erosion	SOL_Taux MD	SOL_FTM	QUAL_EAU_Nitrate	QUAL_EAU_PJT	QUAL_EAU_Phosphore	QUAL_EAU_Produits vétérinaires
PROD_Rendement	0,05	0,20	0,10	0,27	0,07	-0,11	0,03	0,10	0,08	-0,22	0,15	-0,09
PROD_Quantité	0,07	0,27	0,05	-0,02	0,08	-0,08	0,03	0,06	0,03	0,14	-0,08	0,21
Rendabilité	0,13	0,32	0,09	0,17	-0,07	-0,21	-0,02	-0,02	-0,09	-0,27	-0,06	0,17
SOLD_Charges var	0,30	0,21	0,18	0,04	-0,01	0,03	0,12	0,04	0,08	0,06	0,03	0,17
SOLD_Valeur ajoutée	0,16	0,36	0,10	0,18	-0,06	-0,22	-0,02	0,02	-0,06	-0,27	-0,05	0,16
SOLD_EBC	0,16	0,35	0,11	0,18	-0,07	-0,22	-0,02	0,02	-0,07	-0,27	-0,04	0,12
SOLD_RCAI	0,13	0,26	0,12	0,15	-0,03	-0,11	0,09	0,00	0,01	-0,10	-0,04	0,02
ROBUS_Autonomie	0,26	0,36	0,10	0,18	0,02	-0,07	0,13	0,08	0,04	-0,12	-0,02	0,14
ROBUS_Dependance aides	0,11	0,20	0,14	0,16	-0,03	-0,14	0,02	0,01	-0,02	-0,18	-0,04	-0,04
ROBUS_Diversifier les prod	0,14	0,11	-0,01	-0,03	0,02	0,25	0,31	-0,04	0,09	0,12	0,13	-0,09
ROBUS_Endettement	0,26	-0,04	0,06	0,02	-0,07	0,13	0,18	-0,01	0,09	0,05	0,03	-0,13
Transmissibilité	-0,07	-0,02	0,02	0,03	-0,06	0,05	0,08	0,00	-0,01	-0,04	0,07	-0,14
NRI_Energie directe	1,00	0,17	0,23	0,09	0,08	0,16	0,13	0,04	0,09	-0,04	0,13	-0,16
NRI_Energie indirecte	0,17	1,00	0,04	0,39	-0,07	0,01	-0,23	-0,04	0,28	0,00	0,15	-0,03
Eau	0,23	0,04	1,00	0,12	0,03	0,05	0,01	-0,02	0,19	0,02	0,16	-0,23
Phosphore	0,09	0,39	0,12	1,00	0,00	-0,11	0,12	-0,12	0,39	-0,11	0,39	-0,20
SOL_Compactage	0,08	-0,07	0,03	0,00	1,00	0,30	0,11	0,23	0,14	0,19	0,26	-0,15
SOL_Erosion	0,16	0,01	0,05	-0,11	0,30	1,00	0,59	-0,03	0,32	0,02	0,48	-0,11
SOL_Taux MD	0,13	0,23	0,01	0,12	0,11	0,59	1,00	-0,13	0,31	-0,04	0,25	-0,12
SOL_FTM	0,04	-0,02	-0,02	-0,12	0,23	-0,03	-0,13	1,00	0,03	0,25	0,05	-0,11
QUAL_EAU_Nitrate	0,09	0,28	0,19	0,08	-0,07	0,14	0,21	0,00	1,00	0,12	0,62	-0,22
QUAL_EAU_PJT	-0,04	0,00	0,02	-0,11	0,19	0,02	-0,04	0,25	0,12	1,00	0,09	-0,14
QUAL_EAU_Phosphore	0,13	0,15	0,16	0,39	0,26	0,48	0,25	0,05	0,62	0,09	1,00	-0,25
QUAL_EAU_Produits vétérinaires	-0,16	-0,03	-0,23	-0,20	-0,15	-0,11	-0,12	-0,11	-0,22	-0,14	-0,25	1,00
AIR_Emissions de GES	0,53	0,40	0,16	0,18	0,15	0,14	0,12	0,03	0,27	-0,04	0,28	-0,19
AIR_Emissions de NH3	0,07	0,35	0,12	0,17	0,17	-0,04	0,05	0,10	0,29	0,04	0,19	-0,16
AIR_Emissions d'autres gaz	-0,16	-0,03	-0,04	-0,11	0,08	-0,01	0,04	0,16	-0,08	-0,13	-0,07	-0,02
AIR_Reges de polluants atmosphériques	-0,05	-0,13	-0,09	-0,17	0,05	-0,12	-0,20	0,44	-0,10	0,25	-0,11	0,17
BIODIV_Surfaces semi-naturelles	0,04	0,04	-0,08	-0,11	-0,05	0,33	0,12	-0,02	0,23	0,22	0,17	0,01
BIODIV_Surfaces agricoles	0,14	0,18	-0,02	-0,10	0,12	0,38	0,39	-0,06	0,20	0,21	0,19	-0,09
BIODIV_Perturbation de l'écosystème	0,05	0,03	0,02	-0,03	0,02	0,34	0,12	-0,03	0,24	0,30	0,29	-0,07
Tempo de travail et/ou sa répartition	0,10	-0,10	0,00	-0,12	0,10	0,44	0,16	0,21	0,11	0,22	0,27	0,09
Exposition aux risques	0,29	0,15	0,12	0,20	0,08	-0,07	-0,01	0,16	0,17	-0,15	0,19	-0,06
BEA	-0,06	0,08	-0,13	-0,01	-0,03	-0,07	-0,07	0,26	-0,06	0,18	0,02	0,00
Atlas	-0,12	0,04	-0,11	-0,23	0,02	0,09	0,05	-0,11	-0,12	-0,06	-0,11	0,48
Atlas	0,15	0,04	-0,09	-0,08	-0,02	0,06	-0,12	0,08	0,02	-0,13	0,04	0,17

	AIR_Emissions de GES	AIR_Emissions de NH3	AIR_Emissions d'autres gaz	AIR_Reges de polluants atmosphériques	BIODIV_Surfaces semi-naturelles	BIODIV_Surfaces agricoles	BIODIV_Perturbation de l'écosystème	Tempo de travail et/ou sa répartition	Exposition aux risques	BEA	Atlas	
PROD_Rendement	0,30	0,21	0,09	-0,14	-0,28	-0,07	-0,09	-0,29	0,18	-0,04	0,02	0,23
PROD_Quantité	0,17	0,06	-0,06	0,03	-0,04	0,06	-0,11	-0,08	0,00	0,20	0,24	0,06
Rendabilité	0,22	0,10	0,03	-0,02	-0,18	0,01	-0,26	-0,15	0,01	-0,17	0,31	0,01
SOLD_Charges var	0,14	0,07	-0,22	0,04	0,06	0,08	-0,01	0,08	0,22	-0,02	0,02	0,19
SOLD_Valeur ajoutée	0,22	0,11	0,03	-0,01	-0,27	-0,18	-0,26	-0,26	0,16	0,00	0,06	0,31
SOLD_EBC	0,22	0,11	0,03	-0,03	-0,27	-0,16	-0,26	-0,28	0,19	0,00	0,04	0,31
SOLD_RCAI	0,12	0,06	-0,14	0,02	-0,16	-0,08	-0,18	-0,21	0,11	-0,10	0,05	0,22
ROBUS_Autonomie	0,28	0,13	0,01	0,01	-0,07	-0,04	-0,06	-0,12	0,17	0,05	0,05	0,25
ROBUS_Dependance aides	0,08	0,07	-0,01	0,02	-0,21	-0,08	-0,21	-0,28	0,13	-0,09	0,13	0,23
ROBUS_Diversifier les prod	0,16	0,08	-0,03	-0,09	0,19	0,63	0,41	0,10	-0,04	0,03	-0,06	0,13
ROBUS_Endettement	-0,01	-0,11	-0,27	-0,01	0,08	0,15	0,13	0,12	0,06	-0,17	-0,01	-0,08
Transmissibilité	0,05	0,00	0,06	0,01	0,03	0,00	0,02	0,00	-0,06	-0,01	0,06	-0,01
NRI_Energie directe	0,53	0,07	-0,16	-0,05	0,04	0,14	0,05	0,10	0,29	-0,06	-0,12	0,15
NRI_Energie indirecte	0,40	0,35	-0,03	-0,13	0,04	0,18	0,03	-0,10	0,15	0,08	0,04	0,04
Eau	0,16	0,12	-0,04	-0,09	-0,08	-0,02	0,02	0,00	0,12	-0,13	-0,11	-0,09
Phosphore	0,18	0,17	-0,11	-0,17	-0,11	-0,10	-0,03	-0,12	0,20	-0,01	-0,23	-0,08
SOL_Compactage	0,15	0,17	0,08	0,05	-0,05	0,12	0,02	0,10	0,08	-0,03	0,02	-0,02
SOL_Erosion	0,14	-0,04	-0,01	-0,12	0,33	0,38	0,34	0,44	-0,07	-0,07	0,09	0,05
SOL_Taux MD	0,12	0,05	0,04	-0,20	0,12	0,38	0,12	0,16	-0,01	-0,07	0,05	-0,12
SOL_FTM	0,03	0,10	0,16	0,44	-0,02	-0,06	-0,03	0,21	0,16	0,26	-0,11	0,08
QUAL_EAU_Nitrate	0,27	0,29	-0,08	-0,10	0,23	0,20	0,24	0,11	0,17	-0,06	-0,12	0,02
QUAL_EAU_PJT	-0,04	0,04	-0,13	0,25	0,22	0,21	0,30	0,22	-0,15	0,18	-0,06	-0,13
QUAL_EAU_Phosphore	0,28	0,19	-0,07	-0,11	0,17	0,19	0,29	0,27	0,19	0,02	-0,11	0,04

Annexe 3

Matrice des corrélations des performances à partir des données issues des pratiques animales

	PRMO_Rendement	PRMO_Qualité	Resilience	SOL_Compactage	SOL_Erosion	SOL_Taux MO	SOL_ETM	QUAL_EAU_Nitratés	QUAL_EAU_FT	QUAL_EAU_Phosph	QUAL_EAU_Produits vétérinaires	
PRMO_Rendement	1,00	-0,01	0,41	-0,18	0,42	0,45	0,28	0,35	0,37	-0,11	0,11	0,09
PRMO_Qualité	-0,01	1,00	0,24	0,13	0,21	0,22	0,28	0,09	0,12	0,03	0,19	-0,07
Resilience	0,41	0,24	1,00	0,45	0,97	0,97	0,62	0,92	0,68	0,07	-0,03	-0,04
MO_Compactage	-0,18	0,13	0,45	1,00	0,45	0,42	0,23	0,51	0,24	0,05	-0,01	-0,13
MO_Erosion	0,42	0,21	0,97	0,45	1,00	0,98	0,64	0,95	0,68	0,06	-0,01	-0,04
MO_Taux MO	0,45	0,22	0,97	0,42	0,98	1,00	0,64	0,93	0,70	0,07	0,00	-0,04
MO_ETM	0,28	0,28	0,62	0,23	0,64	0,64	1,00	0,59	0,75	-0,02	0,52	0,21
MO_Rendement	0,35	0,09	0,92	0,51	0,95	0,93	0,59	1,00	0,63	0,09	-0,02	-0,01
MO_Rendement direct	0,37	0,12	0,68	0,24	0,68	0,70	0,75	0,63	1,00	-0,10	0,29	0,18
MO_Rendement indirect	-0,11	0,03	0,07	0,05	0,06	0,07	-0,02	0,09	-0,10	1,00	-0,12	-0,09
MO_Rendement total	0,11	0,19	-0,03	-0,01	-0,01	0,00	0,52	-0,02	0,29	-0,12	1,00	0,37
Resilience total	0,09	-0,07	-0,04	-0,13	-0,04	-0,04	0,21	-0,01	0,18	-0,09	0,37	1,00
MO_Rendement direct	0,06	0,08	0,11	0,30	0,13	0,18	0,06	0,13	0,00	0,00	0,28	0,10
MO_Rendement indirect	0,26	0,22	0,41	0,12	0,45	0,45	0,35	0,44	0,30	0,17	0,06	-0,06
Eau	0,11	-0,13	0,04	0,14	0,06	0,07	0,00	0,05	0,15	0,09	0,14	-0,07
Phosphore	0,35	-0,22	0,09	-0,06	0,11	0,12	0,08	0,10	0,14	0,05	0,14	0,14
SOL_Compactage	-0,05	-0,10	-0,29	-0,31	-0,30	-0,30	-0,20	-0,12	0,08	0,21	0,14	0,14
SOL_Erosion	-0,22	0,07	-0,24	-0,05	-0,26	-0,25	-0,12	-0,25	-0,08	0,24	0,17	0,03
SOL_Taux MO	0,03	0,04	-0,05	-0,04	-0,07	-0,06	0,10	-0,06	0,11	0,16	0,26	0,24
SOL_ETM	0,20	-0,21	-0,08	-0,20	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,02	-0,03	-0,05	0,04
QUAL_EAU_Nitratés	0,16	-0,17	-0,12	-0,02	-0,07	-0,09	-0,05	-0,07	0,03	0,08	0,14	0,03
QUAL_EAU_FT	-0,29	0,37	-0,11	0,22	-0,12	-0,12	-0,12	-0,09	0,18	0,10	-0,03	-0,03
QUAL_EAU_Phosphore	0,28	-0,11	0,02	0,00	0,05	0,06	-0,04	0,05	0,09	0,00	0,05	0,02
QUAL_EAU_Produits vétérinaires	-0,17	0,34	0,15	0,33	0,12	0,07	0,05	0,18	-0,12	-0,12	-0,04	-0,17
AIR_Emissions de GES	0,46	0,07	0,26	-0,09	0,27	0,30	0,09	0,23	0,04	0,13	-0,05	0,04
AIR_Emissions de NH3	0,21	-0,13	0,01	0,00	0,04	0,05	-0,02	0,04	-0,01	-0,11	0,01	0,01
AIR_Emissions d'odeurs	0,10	-0,14	-0,02	-0,26	-0,04	-0,03	-0,18	-0,03	-0,10	0,01	-0,24	0,11
AIR_Rejets de polluants organiques	-0,22	-0,14	-0,17	0,00	-0,19	-0,24	-0,10	-0,07	-0,19	-0,06	0,02	0,13
BIODIV_Surfaces semi-naturelles	-0,27	0,26	-0,12	0,24	-0,12	-0,12	-0,05	-0,09	-0,09	0,13	0,05	0,00
BIODIV_Diversifier les cultures	-0,21	0,14	-0,08	0,10	-0,09	-0,08	-0,02	-0,09	-0,07	0,54	-0,02	-0,11
BIODIV_Perturbation de l'écosystème	-0,27	-0,05	-0,31	-0,03	-0,34	-0,37	-0,26	-0,26	-0,31	0,03	0,04	0,00
Temps de travail et/ou sa pénibilité	0,21	-0,15	0,08	0,13	0,13	0,14	-0,03	0,11	0,09	-0,12	0,06	-0,08
Exposition aux risques	0,09	-0,05	0,06	-0,09	0,05	0,05	-0,15	0,05	-0,16	-0,06	-0,30	0,05
BEA	-0,05	0,36	0,03	0,12	-0,01	-0,02	0,06	-0,01	0,04	-0,10	0,15	0,03
Aléas	0,01	0,12	0,31	0,25	0,30	0,29	0,12	0,28	0,10	0,21	-0,19	-0,15

	NRJ_Energie directe	NRJ_Energie indirecte	Eau	Phosphore	SOL_Compactage	SOL_Erosion	SOL_Taux MO	SOL_ETM	QUAL_EAU_Nitratés	QUAL_EAU_FT	QUAL_EAU_Phosph	QUAL_EAU_Produits vétérinaires
PRMO_Rendement	0,06	0,26	0,11	0,35	-0,05	-0,22	0,03	0,20	0,16	-0,29	0,28	-0,17
PRMO_Qualité	0,08	0,22	-0,13	-0,22	-0,10	0,07	0,04	-0,21	-0,17	0,37	-0,11	0,34
Resilience	0,11	0,41	0,04	0,09	-0,29	-0,24	-0,05	-0,08	-0,12	-0,11	0,02	0,15
MO_Compactage	0,10	0,12	0,14	-0,06	-0,31	-0,05	-0,04	-0,20	-0,02	0,22	0,00	0,33
MO_Erosion	0,13	0,45	0,06	0,11	-0,30	-0,26	-0,07	0,00	-0,07	-0,12	0,05	0,12
MO_Taux MO	0,18	0,45	0,07	0,12	-0,30	-0,25	-0,06	0,00	-0,09	-0,12	0,06	0,07
MO_ETM	0,06	0,35	0,00	0,08	-0,20	-0,12	0,10	-0,03	-0,05	-0,02	-0,04	0,05
MO_Rendement	0,13	0,44	0,05	0,10	-0,30	-0,25	-0,06	0,02	-0,12	0,05	0,18	0,18
MO_Rendement direct	0,00	0,30	0,15	0,14	-0,12	-0,08	0,11	0,02	0,03	-0,09	0,09	-0,12
MO_Rendement indirect	0,00	0,17	0,09	0,05	0,08	0,24	0,16	-0,03	0,08	0,18	0,00	-0,12
MO_Rendement total	0,28	0,06	0,14	0,14	0,21	0,37	0,26	-0,05	0,14	0,10	0,05	-0,04
NRJ_Energie directe	0,10	-0,06	-0,07	0,14	0,14	0,03	0,24	0,04	-0,03	0,02	-0,17	-0,17
NRJ_Energie indirecte	1,00	0,14	0,30	0,24	-0,04	-0,05	0,00	0,09	0,30	0,23	-0,19	-0,19
Eau	0,14	1,00	0,11	0,27	-0,08	-0,03	0,13	0,15	0,20	0,18	0,29	-0,13
Phosphore	0,30	0,11	1,00	0,26	0,24	0,17	0,05	0,07	0,43	0,21	0,38	-0,34
SOL_Compactage	0,24	0,27	0,26	1,00	0,07	-0,10	0,15	0,23	0,56	-0,07	0,66	-0,31
SOL_Erosion	-0,04	-0,08	0,24	0,07	1,00	0,69	0,50	0,17	0,22	0,22	0,22	-0,24
SOL_Taux MO	-0,05	-0,03	0,17	-0,10	0,69	1,00	0,70	0,13	0,21	0,40	0,15	-0,13
SOL_ETM	0,00	0,13	0,05	0,15	0,50	0,70	1,00	0,23	0,22	0,38	0,23	-0,17
QUAL_EAU_Nitratés	0,09	0,20	0,43	0,56	0,24	0,21	0,22	0,41	1,00	0,04	0,63	-0,28
QUAL_EAU_FT	0,30	0,18	0,21	-0,07	0,22	0,40	0,38	-0,03	0,04	1,00	0,32	0,00
QUAL_EAU_Phosphore	0,23	0,29	0,38	0,66	0,22	0,15	0,23	0,45	0,63	0,32	1,00	-0,33
QUAL_EAU_Produits vétérinaires	-0,19	-0,13	-0,34	-0,31	-0,24	-0,13	-0,17	-0,29	-0,13	0,00	-0,33	1,00
AIR_Emissions de GES	0,38	0,42	0,38	0,24	-0,08	-0,21	-0,15	0,20	0,21	0,00	0,31	-0,31
AIR_Emissions de NH3	0,25	0,26	0,37	0,06	0,04	0,03	0,18	0,30	0,25	0,31	0,31	-0,28
AIR_Emissions d'odeurs	-0,20	-0,11	-0,05	-0,15	0,17	0,09	0,17	0,29	-0,12	-0,09	-0,08	-0,13
AIR_Rejets de polluants organiques	-0,11	-0,21	-0,07	-0,09	-0,04	-0,07	-0,08	-0,04	-0,10	-0,06	-0,11	0,38
BIODIV_Surfaces semi-naturelles	0,23	0,24	0,03	-0,18	0,06	0,39	0,44	-0,01	-0,04	0,56	0,06	0,12
BIODIV_Diversifier les cultures	0,00	0,31	0,27	-0,04	0,29	0,44	0,30	-0,02	0,23	0,40	0,11	-0,02
BIODIV_Perturbation de l'écosystème	-0,10	-0,23	0,11	-0,14	0,45	0,58	0,35	0,07	0,01	0,27	0,04	0,23
Temps de travail et/ou sa pénibilité	0,27	0,24	0,14	0,43	-0,16	-0,29	-0,14	0,20	0,36	0,04	0,41	-0,12
Exposition aux risques	-0,07	0,05	-0,15	-0,01	-0,06	-0,09	-0,12	0,22	-0,06	0,06	0,05	0,01
BEA	-0,11	-0,03	-0,20	-0,35	0,21	0,23	0,14	-0,28	-0,20	0,30	-0,17	0,45
Aléas	-0,07	0,01	-0,38	-0,15	-0,29	-0,13	-0,12	-0,18	-0,22	-0,17	-0,28	0,33

	AIR_Emissions de GES	AIR_Emissions de NH3	AIR_Emissions d'odeurs	AIR_Rejets de polluants organiques	BIODIV_Surfaces semi-naturelles	BIODIV_Diversifier les cultures	BIODIV_Perturbation de l'écosystème	Temps de travail et/ou sa pénibilité	Exposition aux risques	BEA	Aléas
PRMO_Rendement	0,46	0,21	0,10	-0,22	-0,27	-0,21	-0,27	0,21	0,09	-0,05	0,01
PRMO_Qualité	0,07	-0,13	-0,14	-0,14	0,16	0,14	-0,05	-0,15	-0,05	0,36	0,12
Resilience	0,26	0,01	-0,02	-0,17	-0,12	-0,08	-0,31	0,08	0,06	0,03	0,31
MO_Compactage	-0,09	0,00	-0,26	0,00	0,24	0,10	-0,03	0,13	-0,09	0,12	0,25
MO_Erosion	0,27	0,04	-0,04	-0,19	-0,12	-0,09	-0,34	0,13	0,05	-0,01	0,30
MO_Taux MO	0,30	0,05	-0,03	-0,24	-0,12	-0,08	-0,37	0,14	0,05	-0,02	0,29
MO_ETM	0,09	-0,02	-0,18	-0,10	-0,05	-0,02	-0,26	-0,03	-0,15	0,06	0,12
MO_Rendement	0,23	0,04	-0,03	-0,07	-0,09	-0,09	-0,26	0,11	0,05	-0,01	0,28
MO_Rendement direct	0,04	-0,01	-0,10	-0,19	-0,09	-0,07	-0,31	0,09	-0,16	0,04	0,10
MO_Rendement indirect	0,13	-0,01	0,01	-0,06	0,13	0,54	0,03	-0,12	-0,06	-0,10	0,21
MO_Rendement total	-0,05	0,01	-0,24	0,05	-0,02	0,04	0,06	-0,30	0,15	-0,19	-0,19
Resilience	0,04	0,01	0,11	0,13	0,00	-0,11	0,00	-0,08	0,05	0,03	-0,15
NRJ_Energie directe	0,38	0,25	-0,20	-0,11	0,23	0,00	-0,10	0,27	-0,07	-0,11	-0,07
NRJ_Energie indirecte	0,42	0,26	-0,11	-0,21	0,24	0,31	-0,23	0,24	0,05	-0,03	0,01
Eau	0,38	0,37	-0,05	-0,07	0,03	0,27	0,11	0,14	-0,15	-0,20	-0,38
Phosphore	0,24	0,17	-0,15	-0,09	-0,18	-0,14	-0,12	0,43	-0,15	-0,35	-0,15
SOL_Compactage	-0,08	0,06	0,17	-0,04	0,06	0,29	0,45	-0,16	-0,06	0,17	-0,29
SOL_Erosion	-0,21	-0,04	0,09	-0,07	0,39	0,44	0,58	-0,29	-0,09	0,23	-0,13
SOL_Taux MO	-0,15	0,03	0,17	-0,08	0,44	0,30	0,35	-0,14	-0,12	0,14	-0,12
SOL_ETM	0,20	0,18	0,29	-0,04	-0,02	0,07	0,20	0,22	0,20	0,22	-0,18
QUAL_EAU_Nitratés	0,21	0,30	-0,12	-0,10	-0,04	0,23	0,01	0,36	-0,06	-0,20	-0,22
QUAL_EAU_FT	0,00	0,25	-0,09	-0,06	0,56	0,40	0,27	0,04	-0,06	0,30	-0,17
QUAL_EAU_Phosphore	0,31	0,31	-0,08	-0,11	0,06	0,11	0,04	0,41	0,05	-0,17	-0,28
QUAL_EAU_Produits vétérinaires	-0,31	-0,28	-0,13	0,38	0,12	-0,02	0,23	-0,12	0,01	0,45	0,33
AIR_Emissions de GES	1,00	0,48	0,08	-0,21	-0,08	0,09	-0,27	0,20	0,01	-0,27	-0,09
AIR_Emissions de NH3	0,48	1,00	0,05	-0,13	0,07	0,12	-0,12	0,26	0,12	-0,12	-0,28
AIR_Emissions d'odeurs	0,08	0,05	1,00	-0,12	-0,04	-0,06	-0,01	-0,16	0,42	0,04	-0,10
AIR_Rejets de polluants organiques	-0,21	-0,13	-0,12</								

Annexe 4

**Tableau de corrélation des performances sur les cinq premiers axes de l'ACP
sur les pratiques végétales**

Performances élémentaires	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
PROD_Rendement	0,63	0,12	-0,05	-0,09	0,13
PROD_Qualité	0,51	0,22	0,21	-0,29	0,21
Rentabilité	0,95	-0,02	-0,03	0,05	0,15
SOLD_Charges.var	0,56	0,27	0,06	0,22	-0,08
SOLD_Valeur.ajoutée	0,95	0,01	-0,01	0,07	0,14
SOLD_EBE	0,95	0,00	-0,01	0,09	0,14
SOLD_RCAI	0,91	0,03	-0,08	0,13	0,21
ROBUS_Autonomie	0,73	0,29	0,01	0,05	0,02
ROBUS_Dépendance.aides	0,81	-0,05	-0,04	0,18	0,18
ROBUS_Diversifier.les.prod	-0,18	0,47	-0,07	-0,03	0,03
ROBUS_Endettement	-0,27	0,03	-0,24	0,35	-0,06
Transmissibilité	-0,04	0,07	-0,15	0,31	0,32
NRJ_Energie.directe	0,15	0,39	0,05	0,43	-0,51
NRJ_Energie.indirecte	0,27	0,50	-0,07	-0,50	-0,05
Eau	0,17	-0,08	-0,07	0,28	-0,04
Phosphore	0,35	0,11	-0,32	-0,44	0,10
SOL_Compactage	0,12	0,27	0,34	-0,13	-0,36
SOL_Erosion	-0,28	0,66	-0,15	0,26	-0,09
SOL_Taux.MO	-0,02	0,57	-0,37	-0,08	-0,21
SOL_ETM	0,08	-0,02	0,76	0,18	-0,02
QUAL_EAU_Nitrates	-0,03	0,64	-0,05	-0,21	0,15
QUAL_EAU_IFT	-0,30	0,06	0,49	-0,32	0,29
QUAL_EAU_Phosphore	-0,17	0,68	-0,04	0,11	0,14
AIR_Emissions.de.GES	0,23	0,64	0,07	0,01	-0,42
AIR_Emissions.de.NH3	0,27	0,42	0,28	-0,54	-0,15
AIR_Emissions.d.odeurs	0,02	0,11	0,62	-0,06	-0,14
AIR_Rejets.de.polluants.organiques	0,08	-0,10	0,82	0,11	0,14
BIODIV_Surfaces.semi.naturelles	-0,47	0,36	0,00	0,16	0,49
BIODIV_Diversifier.les.cultures	-0,25	0,60	-0,08	-0,16	-0,08
BIODIV_Taille.des.parcelles.en.cultures.homogènes	-0,45	0,53	0,01	0,04	0,38
BIODIV_Perturbation.de.l.écosystème	-0,34	0,36	0,35	0,41	0,16
Temps.de.travail.et.ou.sa.pénibilité	0,23	0,16	0,15	0,25	-0,51
Exposition.aux.risques	-0,08	0,03	0,60	-0,09	0,09
BEA	-0,13	0,45	-0,04	0,16	0,47
Aléas	0,36	0,34	0,13	0,36	0,10

Annexe 5

**Tableau de corrélation des performances sur les cinq premiers axes de l'ACP
sur les pratiques animales**

Performances élémentaires	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
PROD_Rendement	0,59	0,22	-0,31	-0,20	0,26
PROD_Qualité	0,22	-0,28	0,43	0,09	-0,03
Rentabilité	0,89	-0,21	0,15	0,09	0,14
SOLD_Charges.var	0,47	-0,19	0,40	0,23	-0,34
SOLD_Valeur.ajoutée	0,91	-0,18	0,13	0,09	0,12
SOLD_EBE	0,92	-0,15	0,11	0,09	0,13
SOLD_RCAI	0,68	-0,07	0,28	-0,46	0,04
ROBUS_Autonomie	0,81	-0,17	0,17	-0,03	0,17
ROBUS_Dépendance.aides	0,66	-0,02	0,19	-0,43	0,11
ROBUS_Diversifier.les.prod	0,09	0,16	0,45	0,35	-0,04
ROBUS_Endettement	0,19	0,12	0,19	-0,75	-0,15
Transmissibilité	0,11	0,14	0,03	-0,47	0,16
NRJ_Energie.directe	0,40	0,26	0,07	0,07	-0,39
NRJ_Energie.indirecte	0,58	0,23	0,14	0,24	0,00
Eau	0,22	0,54	0,16	0,05	-0,28
Phosphore	0,31	0,59	-0,24	-0,17	-0,21
SOL_Compactage	-0,32	0,43	0,25	-0,25	0,32
SOL_Erosion	-0,30	0,37	0,74	0,02	0,23
SOL_Taux.MO	-0,03	0,39	0,60	-0,22	0,30
SOL_ETM	0,04	0,53	-0,17	0,02	0,36
QUAL_EAU_Nitrates	0,12	0,71	-0,05	-0,02	-0,17
QUAL_EAU_IFT	-0,11	0,33	0,64	0,26	-0,11
QUAL_EAU_Phosphore	0,20	0,76	-0,07	0,02	-0,09
QUAL_EAU_Produits.vétérinaires	-0,01	-0,69	0,18	0,00	-0,04
AIR_Emissions.de.GES	0,47	0,35	-0,26	0,28	-0,03
AIR_Emissions.de.NH3	0,21	0,44	-0,24	0,25	0,21
AIR_Emissions.d.odeurs	-0,07	0,10	-0,14	0,21	0,80
AIR_Rejets.de.polluants.organiques	-0,30	-0,15	0,07	-0,22	-0,16
BIODIV_Surfaces.semi.naturelles	-0,10	0,06	0,48	0,21	-0,04
BIODIV_Diversifier.les.cultures	-0,05	0,20	0,62	0,32	-0,12
BIODIV_Perturbation.de.l.écosystème	-0,46	0,14	0,50	-0,08	0,08
Temps.de.travail.et.ou.sa.pénibilité	0,32	0,33	-0,39	0,09	-0,25
Exposition.aux.risques	0,02	0,01	-0,21	0,34	0,53
BEA	-0,01	-0,37	0,38	-0,12	0,25
Aléas	0,31	-0,53	-0,04	0,19	-0,05

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	3
SOMMAIRE	5
RÉSUMÉ	7
INTRODUCTION GÉNÉRALE	9
PARTIE I ANALYSE DES PRATIQUES ET DES PERFORMANCES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE....	15
CHAPITRE 1 INVENTAIRE ET ANALYSE DES PERFORMANCES DE L'EXPLOITATION AGRICOLE...	17
A - Une diversité d'objectifs environnementaux assignés à l'agriculture	19
A1 - Gestion de la ressource en eau	19
A1.1 - Atteindre le bon état qualitatif et quantitatif des masses d'eau d'ici 2015 – Directive Cadre sur l'eau (DCE)	19
A1.2 - Réduire l'utilisation des produits phytosanitaires – Plan Ecophyto	19
A1.3 - Réduire l'utilisation des antibiotiques vétérinaires – Plan EcoAntibio 2017	19
A1.4 - Maîtriser la gestion des effluents d'élevages – Directive Nitrate	20
A1.5 - Réduire les prélèvements d'eau pour l'agriculture – LEMA 2006, PNACC	20
A2 - Qualité des sols	20
A3 - Lutte contre le changement climatique et énergie.....	21
A3.1 - Diviser par quatre les émissions de GES de la France entre 1990 et 2050 – Loi POPE 2005.	21
A3.2 - Réduire de 14 % les émissions de GES hors secteurs SCEQE, entre 2005 et 2020 – Plan climat ...	21
A3.3 - Atteindre 23 % d'énergie renouvelable (EnR) dans la consommation finale d'énergie d'ici 2020 – Plan climat	21
A3.4 - Encourager l'efficacité énergétique des exploitations agricoles – Loi Grenelle 1	21
A4 - Qualité de l'air : Réduire les émissions d'ammoniac et de particules – Protocole de Göteborg, Plan particules	21
A5 - Préservation de la biodiversité.....	22
A5.1 - Favoriser une structure des paysages adaptée à la biodiversité – Trame verte et bleue, Verdissement.....	22
A5.2 - Maintenir les prairies permanentes – Conditionnalité, Verdissement	22
A5.3 - Préserver les espèces et habitats remarquables – Natura 2000, MAE T	22
A5.4 - Freiner l'artificialisation des terres agricoles – SNDD, Conférence environnementale	22
A6 - Objectifs transversaux (agriculture biologique, légumineuses).....	22

A6.1 - Développer la production en agriculture biologique – Plan agriculture biologique, Grenelle	22
A6.2 - Développer la production de légumineuses – Plan protéines végétales, Grenelle	23
B - Inventaire des performances de l’exploitation agricole.....	23
B1 - Présentation du cadre général de l’analyse	23
B2 - Présentation des différentes performances élémentaires retenues	24
B2.1 - Production	25
B2.2 - Economie.....	25
B2.3 - Ressources naturelles.....	28
B2.4 - Environnement.....	29
B2.5 - Social	29
C - Variabilité et caractère conditionnel des performances	29
C1 - Modulation des impacts par le milieu biophysique	30
C2 - Dépendance au milieu socio-économique : la filière	30
C3 - Comportement des performances dans le temps.....	31
C4 - Sensibilité des performances face aux aléas.....	32
CHAPITRE 2 REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DU FONCTIONNEMENT D’UNE EXPLOITATION	
AGRICOLE	33
A - Représentation du fonctionnement interne d’une exploitation agricole.....	34
A1 - Le système de décision.....	35
A2 - Le système biotechnique	35
B - Facteurs de production et produits de l’exploitation.....	36
B1 - Facteurs de production	36
B2 - Produits de l’exploitation	37
C - Insertion de l’exploitation agricole dans son environnement : filière et territoire	37
D - A l’interface des systèmes décisionnel et biotechnique : les pratiques (méta-pratiques,	
pratiques et pratiques élémentaires)	39
D1 - Travail du sol et gestion de l’état de surface	41
D2 - Gestion de l’eau et de sa qualité.....	42
D3 - Gestion des éléments minéraux et du statut organique du sol.....	42
D4 - Choix des variétés et des semences.....	43
D5 - La protection phytosanitaire des cultures	44
D6 - Choix des successions de cultures et des assolements.....	44
D7 - Conduite des plantes et des peuplements végétaux	45
D8 - Aménagement foncier	45
D9 - Choix et gestion des agroéquipements.....	46
D10 - Gestion des bâtiments d’élevage.....	47
D11 - Gestion des effluents d’élevage.....	47
D12 - Gestion de la santé et du bien-être animal.....	48
D13 - Gestion de l’alimentation animale.....	49
D14 - Gestion de la génétique animale	50
D15 - Conduite d’élevage	50
CHAPITRE 3 ANALYSE DES PRATIQUES ÉLÉMENTAIRES	51
A - Etude statistique des relations pratiques - performances	52
A1 - Transformation quantitative des données initiales	52
A2 - Analyse multivariée de la matrice pratiques x performances	54
A2.1 - Analyse de la distribution générale des données.....	54

A2.2 - Analyse de la matrice de corrélations entre les performances.....	54
A2.3 - Analyse en composantes principales (ACP).....	55
A2.4 - Identification des pratiques ayant les meilleurs profils d'impact sur les performances.....	57
A3 - Conclusion partielle.....	58
B - Synthèse relative aux méta-pratiques, pratiques et pratiques élémentaires.....	59
B1 - Préserver et gérer les ressources : régulation de la ressource en eau, protection des sols et limitation des émissions de gaz à effet de serre	60
B1.1 - La gestion qualitative de l'eau.....	60
B1.2 - La gestion quantitative de l'eau	60
B1.3 - La protection du sol.....	61
B1.4 - La réduction des émissions de GES	62
B2 - Diversifier les rotations et les assolements.....	62
B2.1 - Diversifier <i>via</i> des légumineuses	64
B2.2 - Diversifier <i>via</i> des cultures intermédiaires et des plantes de service	65
B2.3 - Le rôle clef de l'amélioration des plantes	65
B3 - Adapter les systèmes de production animale	66
B3.1 - Accroître l'autonomie productive des exploitations en augmentant la part de l'herbe dans l'alimentation animale	66
B3.2 - Mieux maîtriser les rejets grâce à l'alimentation	66
B3.3 - Privilégier des races mixtes : le rôle de la sélection génomique	67
B3.4 - Maîtriser la santé animale : des efforts à poursuivre.....	67
B4 - Développer de nouvelles solidarités agricoles dans les territoires ruraux	67
B4.1 - Gérer les effluents d'élevage à l'échelle des territoires et remplacer des engrais minéraux de synthèse par des engrais organiques	68
B4.2 - Les infrastructures agro-écologiques constituent un autre enjeu qui requiert ces nouvelles solidarités.....	69
B4.3 - La maîtrise des charges de mécanisation et de travail constitue la troisième cible de ces solidarités renouvelées.....	71
B5 - Conclusion partielle.....	71
PARTIE II ANALYSE DES VOIES D'ÉVOLUTION VERS DES SYSTÈMES INNOVANTS ET PERFORMANTS EN AGRICULTURE CONVENTIONNELLE	73
CHAPITRE 1 MÉTHODE GÉNÉRALE	75
A - Présentation de la démarche	76
B - Matériel et méthode (rappels)	77
B1 - Matrice pratiques x performances.....	77
B2 - Analyse des relations entre pratiques élémentaires.....	77
B3 - Appréciation du caractère stratégique des pratiques élémentaires	78
B4 - Identification des principaux leviers techniques par grande orientation productive.....	78
B5 - Conception d'un outil d'agrégation des pratiques pour l'élaboration de systèmes innovants ...	79
C - Analyse de la compatibilité entre les pratiques élémentaires.....	79
C1 - Présentation de la démarche	79
C1.1 - Objectifs	79
C1.2 - Analyse descriptive succincte de la matrice carrée.....	79

C2 - Classification ascendante hiérarchique (CAH) de la matrice des relations entre pratiques élémentaires.....	80
C2.1 - Méthode.....	80
C2.2 - Résultats.....	80
C3 - Représentation des formes de relations entre les pratiques élémentaires sous le logiciel Gephi	80
C3.1 - L'outil Gephi	80
C3.2 - Méthode.....	81
C3.3 - Résultats.....	81
C3.4 - Limites	82
C4 - Conclusion partielle.....	82
D - Méthode d'agrégation de pratiques pour améliorer les systèmes de production.....	83
CHAPITRE 2 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS PAR ORIENTATION PRODUCTIVE ET ILLUSTRATION PAR QUELQUES ÉTUDES DE CAS.....	85
A - Exploitations agricoles de grandes cultures annuelles.....	86
A1 - Éléments de contexte.....	86
A2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation, de la filière et des territoires	87
A3 - Etudes de cas.....	90
A3.1 - Etude de cas d'une exploitation spécialisée en grandes cultures annuelles (sans irrigation) dans un territoire lui aussi spécialisé en grandes cultures annuelles (cf. Matrice A3.1 et Radar A3.1) ...	90
A3.2 - Etude de cas d'une exploitation spécialisée en grandes cultures annuelles (avec irrigation) dans un territoire de polyculture - élevage (cf. Matrice A3.2 et Radar A3.2)	90
B - Exploitations agricoles en fruits, légumes et pommes de terre.....	95
B1 - Éléments de contexte.....	95
B2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation et de la filière	96
B3 - Etude de cas d'une exploitation spécialisée en arboriculture (cf. Matrice B3.1 et Radar B3.1) ..	97
C - Exploitations agricoles en viticulture	100
C1 - Éléments de contexte.....	100
C2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation et de la filière	101
C3 - Etude de cas d'une exploitation spécialisée en vigne (cf. Matrice C3.1 et Radar C3.1)	102
D - Exploitations d'élevage de ruminants laitiers et allaitants	105
D1 - Éléments de contexte	105
D1.1 - Filières laitières	105
D1.2 - Filières allaitantes	106
D2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation et de la filière.....	108
D3 - Etudes de cas.....	110
D3.1 - Etude de cas d'une exploitation spécialisée de bovins laitiers en zone de plaine (cf. Matrice D3.1 et Radar D3.1).....	110
D3.2 - Cas d'une exploitation spécialisée en bovins viande de type naisseur, à bas niveaux intrants, en zone de montagne humide (cf. Matrice D3.2 et Radar D3.2)	114
E - L'élevage porcin.....	118
E1 - Éléments de contexte.....	118
E2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation et de la filière	119
E3 - Etudes de cas d'une exploitation porcine intensive de type naisseur-engraisseur avec peu de surfaces (cf. Matrice E3.1 et Radar E3.1).....	120
F - L'élevage de volailles de chair	124
F1 - Éléments de contexte	124

F2 - Leviers à l'échelle de l'exploitation et de la filière	125
F3 - Etudes de cas	128
F3.1 - Cas d'une exploitation spécialisée en poulet standard « lourd » (cf. Matrice F3.1 et Radar F3.1)	128
F3.2 - Cas d'un atelier de poulet « alternatif » à croissance lente dans une exploitation de polyculture -élevage (cf. Matrice F3.2 et Radar F3.2)	132
G - Conclusion	137
CHAPITRE 3 SYSTÈMES AMÉLIORÉS OU CONSTRUITS PAR APPROCHES VIRTUELLES	139
A - L'entrée par système existant	140
A1 - Cas d'une exploitation de grande culture en Agroforesterie.....	140
A2 - Cas d'une exploitation agricole mettant en place un système « Porc sur paille »	144
A3 - Système d'élevage spécialisé en bovins-lait herbager en région de plaine et qui souhaite se conformer avec la MAE SFEI	148
B - L'entrée par pratique.....	152
B1 - Construction d'un système autour de la pratique-pivot « Introduire de la luzerne dans sa rotation ».....	153
B2 - Exploitation en production laitière intensive fortement automatisée et développant l'élevage de précision	156
C - L'entrée par performance	160
C1 - Limiter l'érosion en protégeant la surface du sol et en maîtrisant le ruissellement	161
C2 - Protéger les Bassins d'Alimentation de Captage (réduire les émissions de nitrate et l'utilisation de produits phytosanitaires)	165
D - Limites, potentiels et perspectives du système expert	169
D1 - Limites	169
D2 - Potentiels et développements possibles	171
D3 - Perspectives et utilisations	172
PARTIE III FACILITER LES TRANSITIONS VERS DES SYSTÈMES À HAUTES PERFORMANCES.....	175
A - La théorie du verrouillage.....	176
A1 - La théorie du verrouillage en un clin d'œil	177
A2 - La théorie du verrouillage en agriculture : appliquer et compléter.....	178
A2.1 - Application de la théorie du verrouillage à l'agriculture.....	178
A2.2 - Compléter par d'autres approches théoriques.....	179
B - L'agro-écologie : un nouveau paradigme qui pourrait permettre l'émergence et le développement de systèmes agricoles à hautes performances.....	180
B1 - L'agro-écologie comme nouveau paradigme.....	180
B2 - Des conditions à satisfaire pour une transition vers l'agro-écologie	182
B3 - Recommandations.....	182
C - Volontarisme et réalisme pour le développement de systèmes agricoles à hautes performances ..	184
C1 - Un contexte extérieur qui peut être prégnant.....	184
C2 - Des différences entre secteurs de production	185
C3 - Une diversité intra qu'il faut mieux connaître	186
C4 - Le temps	186
C5 - Les outils.....	187

CONCLUSION GÉNÉRALE SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS	189
Introduction.....	190
A - Le contexte : des enjeux agricoles, alimentaires, énergétiques, environnementaux et sociaux...190	
B - L'étude de l'Inra : élaboration d'une méthodologie pour identifier et évaluer les pratiques et combinaisons de pratiques agricoles multi-performantes.....	192
B1 - Cinq classes de performances	192
B2 - Plus de 200 pratiques agricoles évaluées.....	194
B3 - Un outil d'aide à la conception de systèmes de production à hautes performances.....	195
B4 - Une analyse complémentaire par filière de production	196
B5 - Freins et leviers à l'adoption de systèmes de production à hautes performances	197
C - Principaux résultats : à quoi ressemblent des agricultures à hautes performances ?	197
C1 - Trois utilisations de l'outil d'aide à la conception de systèmes de production agricole à hautes performances.....	197
C1.1 - Entrée par une pratique : introduction de la luzerne dans une exploitation de cultures annuelles	197
C1.2 - Entrée par une performance : exemple d'une exploitation qui cherche prioritairement à protéger un bassin d'alimentation en eau.....	200
C1.3 - Entrée par une production : exemple d'une exploitation spécialisée de bovins laitiers en zone de plaine.....	202
C2 - Quatre familles de leviers d'action et deux catégories de freins techniques et/ou organisationnels	204
D - Faciliter la transition vers des agricultures à hautes performances.....	205
E - Recommandations.....	207
E1 - <i>Recommandation 1.</i> Fixer le cap : définir des objectifs globaux réalistes mais néanmoins ambitieux qui traduiront la volonté de la transition vers des agricultures à hautes performances..	207
E2 - <i>Recommandation 2.</i> Développer le système d'information : collecter, structurer et mettre à disposition les savoirs et savoir-faire sur les pratiques et systèmes à hautes performances.....	208
E3 - <i>Recommandation 3.</i> Nourrir le système d'information - I : développer un effort de recherche et développement à la hauteur de l'enjeu.....	208
E4 - <i>Recommandation 4.</i> Nourrir le système d'information - II : développer un effort d'expérimentation en situations réelles à la hauteur de l'enjeu	209
E5 - <i>Recommandation 5.</i> Se former à utiliser le système d'information : développer des outils d'aide à la décision et la formation, initiale et continue, des acteurs	209
E6 - <i>Recommandation 6.</i> Renouveler le conseil en agriculture et s'assurer que cette offre renouvelée du conseil rencontre sa demande.....	210
E7 - <i>Recommandation 7.</i> Inciter à la transition vers des agricultures à hautes performances par des politiques publiques fortes et renouvelées	211
F - Conclusion : enclencher un processus fédérateur qui s'inscrit dans la durée	212
 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	215
 ANNEXES	221
 TABLE DES MATIÈRES.....	227

Les Études du Commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP) sont des travaux de recherche commandés par le CGSP à un organisme extérieur. Elles n'engagent que leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les positions du CGSP. L'objet de leur diffusion est de susciter le débat et d'appeler commentaires et critiques.

Directeur de la publication : Hervé Guyomard
Inra - 147, rue de l'Université - 75338 Paris cedex
07 - France

ISBN 13 : 978-2-7380-1339-2
Dépôt légal – Septembre 2013



147, rue de l'Université
75338 Paris Cedex 07
France

Tél. : + 33 1 42 75 90 00
www.inra.fr

