

Méthodologie d'aide à la conception et à l'évaluation de systèmes de production multiperformants : application à l'élevage de bovins laitiers et à la production de poulets de chair

B. COUDURIER¹, J.-L. PEYRAUD^{2,1}, E. BLESBOIS^{3,4,5,6}, F. JEULAND¹, N. URRUTY¹,
C. HUYGHE¹, H. GUYOMARD¹

¹ INRA, Direction Scientifique Agriculture, 147 rue de l'Université, F-75338 Paris, France

² INRA, UMP1348 PEGEASE, F-35190 Saint-Gilles, France

³ INRA, UMR85 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, F-37380 Nouzilly, France

⁴ CNRS, UMR7247, F-37380 Nouzilly, France

⁵ Université François Rabelais de Tours, F-37000 Tours, France

⁶ IFCE, F-37380 Nouzilly, France

Courriel : bernard.coudurier@tours.inra.fr

La conception de systèmes de production multiperformants implique de concilier avantages et inconvénients inhérents à chacune des pratiques élémentaires qui composent ces systèmes. La méthodologie de simulation élaborée par l'INRA dans le cadre de l'étude commanditée par le Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective est à même de faciliter ce travail d'investigation par les fonctionnalités qu'elle propose.

L'approche multifonctionnelle de l'agriculture, c'est-à-dire sa capacité à produire simultanément plusieurs biens et services, 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 ou non renouvelables, maîtrise des impacts négatifs sur l'environnement, intégration des coûts sociaux (charge et pénibilité du travail, bien-être animal...), gestion des paysages, etc.

Au cours des dernières années, la nécessaire prise en compte de cette multifonctionnalité a entraîné l'essor de nombreuses méthodes d'évaluation multicritères, en particulier de celles prenant en compte simultanément les trois piliers de la durabilité : économique, social et environnemental. Les niveaux auxquels sont réalisées les évaluations diffèrent toutefois selon les méthodes : il va du système de cultures (MASC, Craheix *et al* 2012 ; DEXiPM, Pelzer *et al* 2012) ou de l'atelier d'élevage (lapins et palmipèdes gras : DIAMOND, Fortun-Lamothe *et al* 2010, Litt *et al* 2014) jusqu'à la filière dans son ensemble (poulets de chair : OVALI, Méda *et al* 2014), en passant par l'exploitation agricole. Dans ce dernier cas,

certaines méthodes sont utilisables dans des contextes d'orientations productives diversifiées (IDEA, Vilain *et al* 2008, Zahm *et al* 2008 ; IndiciADes, IAD 2015) alors que d'autres sont partiellement voire totalement adaptées à des filières spécifiques (production laitière : Diagnostic de durabilité du RAD, Féret 2004, RAD-CIVAM 2010 ; pisciculture : Idacqua, Gueneuc *et al* 2010). Toutefois, la majorité de ces méthodes, dont l'inventaire qui précède n'est pas exhaustif, restent axées sur l'évaluation de la durabilité globale de systèmes de production existants. Seules quelques-unes d'entre elles incluent des démarches itératives *ex post* et des évaluations *ex ante* permettant la conception de nouveaux systèmes (DEXiPM) ou l'amélioration de systèmes préexistants (MASC et OVALI).

Constatant, comme de nombreux experts (voir, par exemple, Guillou et Matheron 2011), que la question des rendements est toujours centrale mais qu'il sera nécessaire de rechercher simultanément des pratiques et des systèmes de production plus respectueux de l'environnement, le Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective (CGSP) a lancé en 2012 un appel d'offre pour la réalisation d'une étude portant sur le thème des « Systèmes de production

agricole conciliant durabilité et productivité ». Cet appel d'offre s'articulait autour de deux axes complémentaires :

- axe 1 « Comment rendre l'agriculture biologique plus productive ? » ;

- axe 2 « Comment organiser la transition de l'agriculture conventionnelle vers une agriculture plus durable ? ».

Au travers de cette étude, le CGSP souhaitait obtenir une analyse des marges de progrès offertes, d'une part, par les systèmes de production biologiques et, d'autre part, par les évolutions des systèmes de production « conventionnels » combinant productivité élevée et faible impact sur les écosystèmes, en termes de productivité, de compétitivité et de respect des écosystèmes. Il s'agissait également de mieux connaître les différents leviers possibles permettant d'orienter une exploitation vers l'un ou l'autre de ces systèmes de production agricoles.

« Conjuguer les performances économiques, sociales et environnementales de l'agriculture » constitue l'une des priorités scientifiques du Document d'orientation de l'INRA pour la période 2010-2020. D'importants travaux relevant des différentes facettes de cette thématique avaient

déjà été engagés, tant en interne INRA (recherches, études, expertises scientifiques et prospectives) qu'en externe (organismes de recherche étrangers, partenaires de la recherche et du développement). De nombreux résultats plus ou moins fragmentaires, du moins à l'échelle de la priorité scientifique dans son ensemble, se trouvaient disponibles dans la littérature académique et « grise ». En complément, nombre d'experts étaient mobilisables tant en interne INRA qu'au niveau de ses partenaires de la recherche et du développement. Répondre à l'appel d'offre du CGSP offrait donc l'occasion d'établir collectivement une synthèse de cet existant. S'agissant plus spécifiquement de l'axe 2, il convenait de réaliser un état des lieux du degré de fourniture des biens, services ou « dys-services » par les différents systèmes de production agricoles dans leur diversité d'orientations productives, de proposer des orientations pour les systèmes existants afin qu'ils concilient davantage la pluralité des enjeux désormais assignés à l'agriculture, ainsi que de formuler des recommandations pour faciliter la transition vers de tels systèmes plus vertueux.

Même s'il est d'usage de catégoriser différents modes de production agricole conventionnels mais considérés comme combinant productivité élevée et faible impact sur les écosystèmes (agriculture de conservation ou agriculture écologiquement intensive, par exemple), cette seule structuration ne permet pas de capter l'ensemble de la variabilité existante puisqu'il existe une très grande hétérogénéité de pratiques et de performances économiques, sociales et environnementales au sein de chacun d'entre eux. Plutôt que de chercher à décrire ces combinaisons de pratiques plus ou moins diversifiées et spécifiques en vue de repro-

duire un système hypothétiquement idéal, le choix s'est donc porté sur une démarche sans *a priori*. Elle consiste à construire et évaluer *de novo* des systèmes de production en rupture par rapport aux systèmes existants. Une telle approche d'aide à la conception repose sur l'hypothèse réaliste qu'un système multiperformant 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 et du milieu économique (Bos *et al* 2009, Meynard *et al* 2012).

Compte tenu des spécifications de l'appel d'offre, certaines des bases sur lesquelles la méthodologie a été élaborée diffèrent de celles qui sous-tendent tout ou partie des méthodes d'évaluation multicritères citées précédemment :

- la fonctionnalité d'aide à la conception/évaluation pas à pas de systèmes innovants a été privilégiée, la fonctionnalité d'évaluation étant par ailleurs applicable à un système existant ou conçu *de novo* à dire d'expert ;

- les indicateurs de degré de fourniture des différentes performances des systèmes (*i.e.* les biens, services ou « dys-services ») n'ont pas été évalués sur une échelle absolue mais en termes d'évolution relativement à une situation de départ observée dans les systèmes préexistants qu'il convient d'améliorer ;

- les différentes performances n'ont pas été pondérées puis agrégées par grandes catégories, car l'objectif était de concevoir des systèmes aussi multiperformants que possible et non d'apprécier leur durabilité globale, outre que les performances à améliorer de façon

privilegiée diffèrent selon les porteurs d'enjeux ; de surcroît, cette absence de pondération joue un rôle lors de certaines démarches itératives lorsque l'objectif fixé au départ est de corriger la performance la plus dégradée (cf. *infra*) ;

- le périmètre des systèmes a été fixé au niveau des exploitations agricoles, même si les potentialités ou contraintes du milieu biophysique (territoire) ou du milieu économique (filières) doivent être prises en compte dans les pratiques à préconiser ;

- enfin, un panel très large a été retenu en termes d'orientations productives.

L'objet du présent article est de présenter la méthodologie d'aide à la conception et à l'évaluation de systèmes élaborée dans le cadre de la réponse à l'appel d'offre du CGSP, ainsi que d'en illustrer les intérêts et les limites au travers de deux études de cas portant sur des filières animales très différentes : les bovins laitiers et les poulets de chair. Ces études de cas permettent également de rendre compte de l'ampleur et de la diversité des données compilées au travers des différents volumes produits au titre de l'axe 2 de l'appel d'offre (cf. encadré 1), facilitant ainsi leur appropriation par les lecteurs intéressés.

1 / Présentation de la méthodologie élaborée dans le cadre de l'appel d'offre du CGSP

1.1 / Modalités de réalisation de l'étude

L'étude s'est déroulée sur une période de plus d'un an, de 2012 à 2013. Sa coordination était assurée par une équipe projet incluant deux chargés de mission

Encadré 1. Rapports produits en réponse à l'axe 2 de l'appel d'offre du CGSP « Comment organiser la transition de l'agriculture conventionnelle vers une agriculture plus durable ? »¹.

Volume	Volume 2	Volume 3	Volume 4
Titre	Conception et évaluation de systèmes innovants en agriculture conventionnelle	Évaluation des performances de pratiques innovantes en agriculture conventionnelle	Analyse des voies de progrès en agriculture conventionnelle par orientation productive
Contenu	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 multiperformance	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 dites méta-pratiques	Propose une analyse des freins et leviers à la multiperformance pour les principales filières agricoles, végétales et animales, de l'agriculture française
URL	http://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/243145-16164-resource-rapport-vers-des-agricultures-a-hautes-performances-volume-2.html	http://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/243146-43433-resource-rapport-vers-des-agricultures-a-hautes-performances-volume-3.html	http://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/243147-17aa8-resource-rapport-vers-des-agricultures-a-hautes-performances-volume-4.html

¹ Le volume 1 porte sur l'analyse des performances de l'agriculture biologique qui ne fait pas l'objet du présent article.

recrutés spécifiquement, sous l'impulsion et le suivi du Directeur scientifique Agriculture de l'INRA et de son Adjoint. Au titre de l'axe 2, plus de quarante intervenants ont été mobilisés, selon une double démarche :

- Elaboration d'une méthodologie spécifique, suivie d'une application à des cas-types tant en productions végétales qu'animales et selon trois types d'entrées (par pratique, par performance ou par système existant) tel qu'explicité plus loin : ce travail incluait le choix des performances et des pratiques, la documentation à partir de la littérature disponible des effets des pratiques sur les performances, l'établissement à dire d'expert de la matrice de compatibilité entre pratiques, ainsi que la mise au point d'un outil sous Excel facilitant la conception et l'évaluation pas à pas de systèmes de production cohérents ; ces différentes tâches ont été réalisées par les membres de l'équipe projet, des représentants des GIS dits de filières¹ ainsi que des Groupes Filières (GF) de l'INRA², des experts de l'INRA et des organismes de recherche et développement partenaires.

- Analyse de huit filières ou groupes de filières, tant en productions végétales qu'animales : cinq filières animales étaient concernées, parmi lesquelles les bovins, ovins et caprins laitiers d'une part, les volailles d'autre part ; ce travail, réalisé par les Groupes Filières³ de l'INRA, a été conduit selon une même grille d'analyse permettant d'identifier des voies de progrès ainsi que les freins et leviers à la multiperformance dans chacun des systèmes, à l'échelle des exploitations mais également des filières, des territoires et des politiques publiques.

La combinaison de ces deux types de travaux, menés conjointement mais de manière complémentaire, a permis de confronter les résultats des analyses par filière avec ceux issus de l'application de la méthodologie à des cas-types au niveau des exploitations agricoles, en particulier selon une entrée par système de production existant.

L'ensemble de l'étude (*i.e.* axes 1 et 2) est disponible sur le site de l'INRA (www.inra.fr/rapport-agricultures-hautes-performances). Les Volumes 2, 3 et 4 du rapport produits au titre de l'axe 2 (Guyomard *et al* 2013a, Guyomard *et al* 2013b, Coudurier *et al* 2013, respectivement) sont répertoriés à l'encadré 1 qui inclut les liens de téléchargement.

1.2 / Mise en œuvre de la méthodologie

Elle repose sur une succession d'étapes majeures : définition des performances de l'exploitation agricole, schéma de fonctionnement de celle-ci, définition des pratiques et évaluation de leurs effets, combinaison de pratiques en regard de leur compatibilité et de leurs impacts sur les performances de l'exploitation.

a) Définition des performances et du sens d'évolution recherché

Pour traduire la pluralité des objectifs assignés à l'agriculture, il convenait de prendre en compte un panel aussi large que possible de performances attendues ou que peut rendre une exploitation insérée dans une filière et un territoire agricole. Un nombre fini mais significatif de 35 performances élémentaires correspondant à des biens, services ou « dys-services » a donc été identifié (tableau 1). Ces performances se structurent en cinq ensembles qui sont *i)* la production, dans ses dimensions quantité et qualité, *ii)* l'économie de l'exploitation, *iii)* l'utilisation de ressources naturelles peu ou pas renouvelables, *iv)* l'impact sur l'environnement, *v)* le social et en particulier le travail et le bien-être animal dans le cadre des filières concernées. La méthodologie ne mettant en œuvre aucune agrégation de performances par sous-ensembles, il n'a pas été procédé au regroupement usuel de ces cinq ensembles selon les trois piliers de la durabilité, encore que la correspondance aille de soi.

Comme précisé en introduction, le degré de fourniture des différentes performances n'a pas été évalué sur une échelle absolue mais en termes d'évolution par rapport à une situation de référence où l'évolution des pratiques permettant d'améliorer le système n'a pas eu lieu. Il se traduit donc par un différentiel de niveau de performance, ce qui implique *i)* de définir au préalable la situation initiale et *ii)* de préciser le sens d'évolution recherché pour le différentiel de performance : en fonction de la nature de celle-ci, une amélioration pourra en effet résulter d'un accroissement (valeur ajoutée, par exemple) ou au contraire d'une réduction (émissions de GES, par exemple) du niveau de performance, et inversement en cas de détérioration. Le sens d'évolution recherché est traduit dans le tableau 1 par un verbe exprimant

une évolution favorable : augmenter, réduire, diversifier, limiter, etc.

b) Représentation du fonctionnement de l'exploitation agricole

Cette représentation a été établie dans un souci de généricité afin de pouvoir prendre en compte des situations très variées. Le système de production considéré est ainsi décomposé en deux grands systèmes : un système de décision qui définit des stratégies de production, les met en œuvre et réalise des arbitrages pour la conduite du système biotechnique ; un système biotechnique constitué par des ressources (parcelles, sols, équipements fixes ou mobiles, animaux) organisées au sein des ateliers de l'exploitation. Ce type de couplage a été mis en œuvre dans certains travaux récents visant à modéliser le fonctionnement des systèmes d'élevage, en particulier dans le modèle de recherche MELODIE qui vise à étudier et à expérimenter les systèmes de production en élevage et qui est fondé sur cette architecture bipolaire (Chardon *et al* 2012).

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. Elles ont été regroupées au sein de 15 grandes classes, ou méta-pratiques, dont les interrelations sont représentées sur la figure 1. Ces pratiques conditionnent, selon leur degré de maîtrise, les niveaux de performances de l'exploitation agricole. Pour autant, l'identification de telle ou telle voie d'amélioration des performances au travers de pratiques identifiées comme des leviers n'est pas suffisante en soi puisqu'il faut également, pour pouvoir les mettre en œuvre, que le système biotechnique, le système décisionnel, les facteurs et moyens de production, ainsi que les déterminants externes, autorisent l'évolution en question et/ou évoluent de telle sorte que cette voie devienne praticable.

c) Définition des pratiques et évaluation de leurs effets sur les performances

Plus de 200 pratiques élémentaires ont été identifiées, sur la base de l'analyse de pratiques agricoles effectives ou de travaux expérimentaux conduits par la recherche et le développement. Nombre d'entre elles offrent des possibilités de concilier différents types de performances,

¹ GIS Grandes Cultures HP2E, GIS PIC Leg, GIS Fruits, GIS Élevages Demain.

² GF Céréales, GF Oléagineux, GF Protéagineux, GF Fruits, Légumes et Pomme de terre, GF Vigne, GF Bovine, GF Ovine Caprine, GF Porcine, GF Avicole, GF Equine.

³ Les Groupes Filières de l'INRA sont structurés par grands types d'orientations productives des domaines végétal et animal. Ils ont une mission de veille scientifique et stratégique ainsi que de partage des résultats de recherche et recherche-développement. Ces groupes rassemblent des chercheurs et ingénieurs de l'institut et des agents d'organismes professionnels de la recherche-développement et du développement.

Tableau 1. Performances de l'exploitation agricole, sens d'évolution recherché et structure des sous-échantillons de performances prises en compte dans les deux études de cas.

Classes de performances	Performances	Performances élémentaires (n = 35)	Sens d'évolution recherché	Sous-échantillons de performances prises en compte dans		
				Figures 2 et 4 ^(a) (n = 20)	Tableau 3 et Figure 3 (n = 8)	Tableaux 10 et 11 (n = 5)
Production	Production	Quantités produites	Augmenter	1	X	X
		Qualité des produits de récolte	Améliorer	2		
Economie	Rentabilité	Rentabilité	Augmenter			
		Soldes de gestion	Charges variables	Diminuer	3	X
	Valeur Ajoutée		Augmenter	4	X	
	Excédent Brut d'Exploitation		Augmenter			
	Résultat Courant avant Impôt		Augmenter			
	Robustesse	Autonomie productive	Augmenter			
		Dépendance aux aides	Diminuer			
		Diversité des productions	Diversifier			
	Endettement	Diminuer	5			
	Transmissibilité	Transmissibilité	Améliorer			
Ressources naturelles	Energie	Consommation directe d'énergie	Réduire	6	X	X
		Consommation indirecte d'énergie	Réduire	7		
	Eau (quantité)	Consommation d'eau (irrigation, bâtiments)	Réduire	8		
	Phosphore	Consommation de phosphore (fertilisation, alimentation du bétail)	Réduire	9		
Environnement	Sol	Compactage	Limiter			
		Risques d'érosion	Diminuer	10		
		Taux de matière organique	Augmenter	11		
		Accumulation d'éléments trace métalliques	Limiter			
	Eau (qualité)	Lixiviation du nitrate	Diminuer	12	X	X
		Utilisation de produits phytosanitaires	Diminuer	13	X	
		Ruissellement de phosphore	Diminuer	14		
		Utilisation de médicaments vétérinaires	Diminuer	15		
	Air	Emissions de GES	Diminuer	16	X	
		Emissions d'ammoniac	Diminuer	17		
		Emissions d'odeurs	Diminuer	18		
	Biodiversité	Emissions de polluants organiques	Diminuer			
		Surfaces semi-naturelles	Augmenter			
		Diversité des cultures	Augmenter			
Mosaïque paysagère		Diversifier				
	Perturbations de l'écosystème	Réduire				
Social	Travail	Temps de travail et/ou pénibilité de celui-ci	Diminuer	19	X	X
	Santé	Exposition aux risques pour la santé	Diminuer			
	Bien-être animal	Bien-être animal	Améliorer	20		

^(a) La numérotation de 1 à 20 correspond à celle utilisée dans les radars des figures 2 et 4 pour visualiser l'évolution des 20 performances du sous-échantillon.

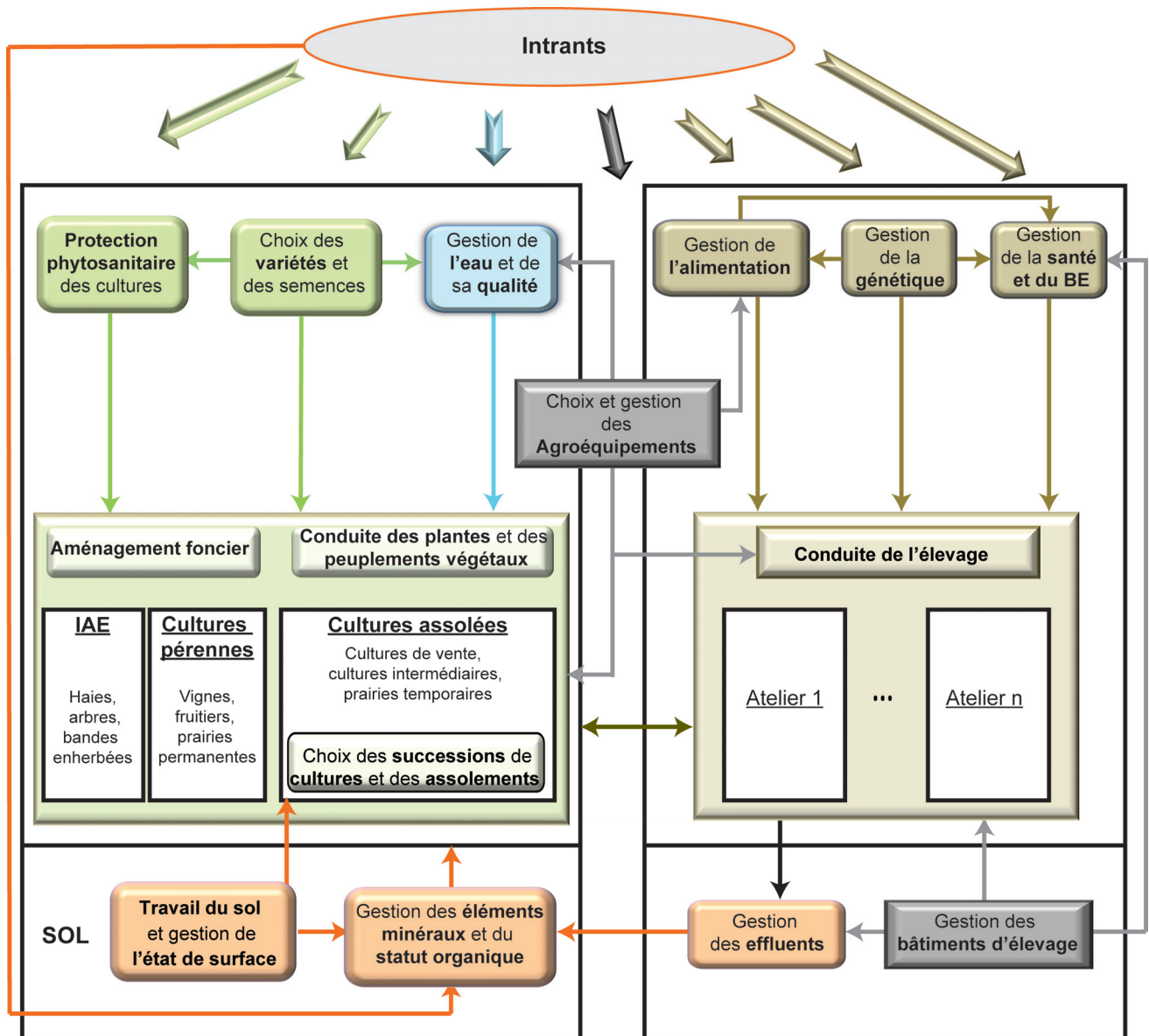
en particulier économiques et environnementales. Les pratiques élémentaires retenues couvrent une large gamme d'orientations productives, tant en productions végétales qu'animales. Elles ont été caractérisées par un verbe qui définit l'action de l'agriculteur, ce qui permet d'identifier le sens de l'évolution des pratiques (augmenter la part des pra-

ries dans la sole, par exemple) et donc d'en qualifier les conséquences sur les différentes performances.

Pour évaluer l'impact de l'introduction de nouvelles pratiques sur les systèmes de production, il convenait tout d'abord d'évaluer l'impact individuel de chacune des pratiques sur l'évolution de chaque

performance. Idéalement, il aurait fallu recourir à une approche quantitative mesurant le différentiel de niveau de performance par rapport à la situation de référence où la pratique n'est pas mise en œuvre. Toutefois, une telle approche reste conditionnée par la disponibilité des données nécessaires au calcul et ne peut dès lors s'appliquer que dans les

Figure 1. Représentation du système biotechnique d'une exploitation agricole et des 15 classes de pratiques élémentaires (dites méta-pratiques) susceptibles d'y être mises en œuvre.



rare situations où l'ensemble des effets des pratiques est quantifié. Compte tenu des objectifs fixés pour la réalisation de l'étude, en particulier la préférence donnée à la généralité des conclusions plutôt qu'à leur précision, le choix s'est porté sur une évaluation qualitative ordonnée qui caractérise l'évolution de chaque performance par un sens de variation plutôt que par un différentiel de niveau de performance.

A partir de la littérature scientifique et technique, complétée le cas échéant à dire d'expert, l'impact de la mise en œuvre de chaque pratique sur chacune des 35 performances a donc été évalué qualitativement selon le sens d'évolution attendu, soit un impact favorable (noté +), neutre (noté =) ou défavorable (noté -). Toutefois, l'évaluation de l'impact reste assortie d'une fourchette de variation à chaque fois que l'effet d'une

pratique sur une performance dépend de conditions ou de situations associées, telles que le contexte de l'exploitation ou la mise en œuvre d'autres pratiques, par exemple. L'évaluation qualitative est alors susceptible de prendre également les valeurs =/+ (impact soit neutre soit favorable), +/- (impact soit favorable soit défavorable) ou =/- (impact soit neutre soit défavorable) comme récapitulé au tableau 2. Cette évaluation qualitative des impacts a permis de produire une matrice croisant plus de 200 pratiques élémentaires en ligne avec 35 performances en colonne, dans un contexte d'orientations productives diversifiées.

A noter que l'impact des pratiques s'est parfois avéré difficile à traduire en un sens d'évolution unique pour quelques performances définies de manière très globale et qui, de ce fait, peuvent englober différentes composantes n'évoluant pas

forcément dans le même sens sous l'effet d'une même pratique. C'est le cas en particulier de la qualité des produits (sanitaire, organoleptique, nutritionnelle...) ou du travail (charge, pénibilité, complexité...). Il en va parfois de même pour les quantités produites, dès lors qu'une même pratique impacte différemment plusieurs types de produits à la fois (orientation génétique privilégiant un type de produits au détriment d'un autre, par exemple).

d) Aide à la conception pas à pas de systèmes de production

L'étape de construction et d'évaluation de systèmes de production par agrégation progressive de pratiques s'inscrit généralement dans le périmètre de l'exploitation agricole dans son ensemble, mais il peut le cas échéant être réduit à un seul de ses ateliers. Deux modalités

de départ peuvent être utilisées : soit *i*) en entrant par une pratique à effet majeur, tel qu'illustré plus loin dans la première étude de cas (bovins laitiers) ; soit *ii*) en entrant 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 : dans un contexte de réduction des risques érosifs ou de protection d'un bassin d'alimentation de captage, par exemple. Une dernière modalité, qui ne fait appel qu'à la fonctionnalité d'évaluation à postériori, consiste *iii*) en une entrée par système existant ou conçu *de novo* après identification des pratiques correspondant aux principales voies de progrès identifiées à dire d'expert, tel qu'illustré plus loin dans la seconde étude de cas (poulets de chair).

Simuler un système de production implique d'agréger des pratiques élémentaires selon des « paquets techniques » cohérents, c'est-à-dire en rassemblant préférentiellement celles qui ont intérêt à être mises en œuvre simultanément. Une matrice d'adjacence reliant les pratiques entre elles a donc été construite, chaque couple de pratiques étant qualifié au sens où les deux pratiques considérées sont complémentaires, *i.e.* ont intérêt à être mises en œuvre simultanément (noté 1), sont indépendantes (noté 0) ou sont incompatibles (noté -1). L'outil élaboré sous Excel lors de la réalisation de l'étude facilite le choix des pratiques à agréger en présentant à l'utilisateur la liste des pratiques notées comme complémentaires des pratiques déjà introduites dans le système. Parmi celles-ci, les pratiques corrigeant la ou les performances les plus dégradées (modalité *i*) ou permettant d'améliorer la performance considérée comme prioritaire (modalité *ii*) seront privilégiées. Pour autant, ce choix sera parfois réalisé parmi une liste de pratiques ayant des impacts assez proches sur les performances. On peut alors s'interroger sur les conséquences du choix d'une pratique plutôt que d'une autre sur la composition et les performances finales du « paquet technique », *i.e.* sur la dépendance au chemin de la méthodologie. Il n'a pas été possible de la tester de façon systématique, mais un travail exploratoire a permis de constater qu'elle existait, l'agrégat final n'étant pas toujours le même, mais que des sous-ensembles constants de pratiques étaient toujours obtenus.

L'impact d'un système de production sur les performances est ensuite estimé en sommant les impacts élémentaires induits par chaque pratique, après transformation de la notation qualitative (-, = ou +) en données chiffrées sur un intervalle arbitrairement fixé de -1 à 1 (-1, 0 ou 1, respectivement). Dans les

Tableau 2. Table de transformation quantitative des données qualitatives initiales.

Note qualitative initiale	Transformation quantitative		Amplitude de l'intervalle de variation
	Borne inférieure	Borne supérieure	
+	1		0
≠/+	0	1	1
+/-	-1	1	2
=	0		0
≠/-	-1	0	1
-	-1		0

situations où l'impact est assorti d'une fourchette de variation (≠/+, +/- ou ≠/-), des bornes supérieures et inférieures sont déterminées (0/1, -1/1 ou -1/0, respectivement) comme récapitulé au tableau 2. L'outil élaboré sous Excel facilite l'acceptation ou le rejet de pratiques supplémentaires en procédant, à l'issue de chaque étape d'agrégation, à la réévaluation des performances du système ainsi qu'à sa représentation graphique sous forme de radars sur un panel de performances choisi par l'utilisateur parmi les 35 disponibles. A noter que cette représentation comporte des axes, à seule fin de mieux visualiser les intervalles de variation associés aux différentes performances. En conséquence, leur surface, dépendante de l'ordre de présentation des performances, n'a pas à être prise en compte dans l'interprétation.

Le modèle additif utilisé pour estimer l'impact global des différentes pratiques sur une même performance comporte certaines limites. Il est en effet appliqué aux sens d'évolution des impacts et non à l'ampleur de ceux-ci sur une échelle quantitative. Dans certaines situations, *i.e.* en cas de compensation d'impacts de sens contraire, la prédiction du sens d'évolution de la performance (avec ou sans intervalle de variation) peut se trouver prise en défaut, dès lors que ces effets sont présumés d'ampleur très différente. En outre, dans le cas particulier de quelques performances (quantité et qualité des produits, notamment), dès lors que plusieurs orientations productives coexistent au sein d'une même exploitation et sont prises en compte simultanément dans le système en construction, l'impact global des différentes pratiques sur la performance résultera de l'addition d'impacts associés à des produits différents issus des divers ateliers (céréales de vente vs lait, par exemple), ce qui complique l'interprétation des résultats.

Une autre limite de la méthodologie est le recours à un modèle simplement additif. Quand deux pratiques (ou davantage) sont agrégées, l'impact sur chacune des performances peut ne pas correspondre uniquement à l'addition des impacts individuels, mais inclure une composante d'interaction de rang 1 (ou des composantes potentiellement de rang 1 à n).

Leur prise en compte restait toutefois hors de portée dans le cadre de l'étude. La disponibilité d'une matrice d'adjacence constitue un palliatif, mais dans une certaine mesure seulement. La complémentarité, l'indépendance ou l'incompatibilité entre deux pratiques est en effet appréciée de manière globale, et non en considérant individuellement les interactions éventuelles (de rang 1) entre impacts des pratiques au niveau de chacune des performances.

Les situations dans lesquelles certaines de ces limites apparaissent seront illustrées plus loin au travers des études de cas. Ces limites sont inhérentes au haut degré de généralité recherché lors de l'élaboration de la méthodologie, lequel constitue indéniablement un atout, en particulier en termes de variété et le cas échéant de multiplicité d'orientations productives. Par ailleurs, l'application de la méthodologie reste d'une relative simplicité dès lors qu'un outil du type de celui élaboré sous Excel lors de la réalisation de l'étude est mis en œuvre.

1.3 / Choix des études de cas et contexte de leur présentation

Les études de cas présentées ci-après permettent d'illustrer la variété des performances et des pratiques prises en compte ainsi que deux des modalités d'utilisation de la méthodologie. Le choix s'est porté sur :

- la conception pas à pas de système de production par incorporation progressive de pratiques élémentaires à partir d'une pratique d'entrée à effet majeur, pour accroître l'autonomie alimentaire en production bovine laitière en valorisant la prairie ;

- l'évaluation *a posteriori* des performances de systèmes en transcrivant sous forme de pratiques élémentaires des leviers d'action et marges de progrès identifiés à dire d'expert pour améliorer la compétitivité de la filière poulet de chair par la mise en place de deux systèmes de production très contrastés mais complémentaires.

Par souci de concision, le parti a été pris ici de ne pas justifier des impacts des pratiques sur une base bibliographique, dans la mesure où celles-ci sont

répertoriées dans le Volume 3 précité. A titre d'illustration, pour les trois méta-pratiques « Gestion de l'alimentation », « Gestion de la génétique » et « Conduite de l'élevage » dont certaines pratiques élémentaires sont mobilisées dans chacune des études de cas, le nombre de références qui s'y trouvent mentionnées est de 70, 38 et 66 respectivement, pour un nombre de pratiques élémentaires de 21, 8 et 12 respectivement, soit une moyenne de plus de 4 références par pratique. Pour les mêmes motifs, la synthèse « Volailles de chair », qui sous-tend les leviers d'action et marges de progrès ayant conduit à l'identification des deux stratégies poulet de chair considérées dans la seconde étude de cas, sera présentée succinctement dans la mesure où elle est disponible *in extenso* dans le Volume 4 précité. Enfin, parmi les 35 performances prises en compte dans l'étude, un double échantillonnage a été réalisé tel qu'explicité au tableau 1. Il permet de rendre plus lisibles les représentations graphiques d'une part (limitation à 20 performances), ainsi que d'illustrer sur des sous-échantillons retroints le contenu des matrices croisant pratiques et performances d'autre part (limitation à 8 ou 5 performances). L'échantillonnage s'est fondé sur leur représentativité au sein des classes de performances, sur leur importance en termes d'enjeu économique, environnemental ou social, ainsi que, dans une certaine mesure, sur leur sensibilité attendue aux évolutions de pratiques dans le contexte propre aux études de cas (la biodiversité, par exemple, étant peu impactée par les évolutions des systèmes laitiers ou avicoles étudiés).

2 / Première étude de cas : accroître l'autonomie alimentaire en production bovine laitière en valorisant la prairie

L'exemple étudié ici reprend et développe une simulation réalisée par Peyraud *et al* (2014). Il est relatif à la conception d'un système selon une entrée par une (ou quelques) pratique(s) élémentaire(s) ayant un impact majeur sur l'organisation et le fonctionnement de l'exploitation ainsi qu'à faible réversibilité, *i.e.* modifiant durablement le système de production. Un ensemble cohérent d'autres pratiques élémentaires sera ensuite progressivement constitué autour de ces pratiques d'entrée. Les deux fonctionnalités de la méthodologie, *i.e.* conception et évaluation de système, seront donc utilisées conjointement.

2.1 / Contexte de l'exploitation et objectifs de l'exploitant

La simulation porte sur une exploitation laitière spécialisée de plaine qui cherche

à réduire significativement les intrants achetés à l'extérieur (tourteau de soja, engrais minéraux...) par une plus grande autonomie protéique dans l'alimentation du troupeau, ceci afin de limiter les charges variables et de réduire les impacts négatifs sur l'environnement. Par rapport à la situation initiale, cet objectif conduira à réduire drastiquement la part du maïs dans la surface fourragère et, par voie de conséquence, à admettre la possibilité d'une baisse de production de lait exprimée par vache présente plutôt que par ha de surface fourragère. L'exploitant considéré cherche également à réduire la charge de travail tout en essayant de préserver la productivité globale du troupeau. Les conditions de sol et de climat permettent de modifier les parts respectives du maïs et de l'herbe dans la surface fourragère. Le parcellaire est adapté au pâturage mais la Surface Agricole Utile (SAU) n'est pas extensible.

2.2 / Construction du système par combinaison progressive de pratiques

L'objectif étant d'évoluer vers un système plus herbager et économe, *i)* l'accroissement de la part des prairies dans la sole fourragère constitue la pratique d'entrée. Toutefois, la SAU étant fixe, cette pratique d'entrée va de pair avec *ii)* la réduction des surfaces en cultures annuelles, car l'herbe remplace non seulement une partie du maïs mais aussi des céréales de vente (la part autoconsommée étant préservée). Ce premier binôme de pratiques correspond au sous-groupe noté « A » dans le tableau 3 qui présente les variations d'un sous-échantillon de 8 des 35 performances qualifiées. L'impact de ces pratiques d'entrée sur un sous-échantillon de 20 performances est visualisé (y compris les intervalles de variation) par le radar noté « Pratiques A » sur la figure 2. On voit que si certaines performances tendent à s'améliorer nettement (érosion, utilisation de produits phytosanitaires, émissions de phosphore, charges variables...), d'autres au contraire tendent à se dégrader (valeur ajoutée...), tout particulièrement la production dont le score s'établit dans la fourchette de variation la plus défavorable parmi les 35 performances prises en compte.

La suite de la démarche va consister à introduire progressivement de nouvelles pratiques permettant d'inverser le sens de variation des performances les plus dégradées tout en préservant autant que possible les variations favorables, et ce en les recherchant préférentiellement parmi celles considérées comme complémentaires (*i.e.* parmi les couples de pratiques notés 1 dans la matrice de compatibilité pratiques × pratiques). Parmi

celles-ci, plusieurs relèvent de la méta-pratique « Gestion de l'alimentation animale » et se trouvent de surcroît complémentaires entre elles. Elles seront progressivement incorporées au système, dans le cas présent par binôme, mais à seule fin de raccourcir la présentation du processus car aucune contrainte ne s'impose quant au nombre de pratiques introduites à chaque étape.

Les deux pratiques préférentiellement choisies correspondent au sous-groupe noté « B » dans le tableau 3. Le recours à *iii)* l'augmentation de la pratique du pâturage, à surface herbagère constante, contribuera notamment à réduire les charges variables, donc à améliorer la valeur ajoutée, avec un impact potentiellement favorable (marge d'incertitude) sur la production. Il sera assorti de *iv)* la réduction du chargement par ha de surface fourragère pour sécuriser les approvisionnements, l'herbe ayant des rendements en Matière Sèche (MS) souvent plus faibles que ceux de l'ensilage de maïs. Cette réduction contribuera notamment à diminuer les charges variables, du moins à éviter leur accroissement en cas de situation climatique difficile, ainsi qu'à améliorer certaines performances environnementales (consommation d'énergie, émissions de nitrate et de GES...), malgré un impact potentiellement défavorable sur la production. L'impact sur 20 performances des quatre pratiques ainsi agrégées est visualisé par le radar noté « Pratiques A + B » sur la figure 2.

Le troisième binôme de pratiques retenu relève à nouveau de la méta-pratique « Gestion de l'alimentation animale » et correspond au sous-groupe noté « C » dans le tableau 3. La première d'entre elles, *v)* semis (et valorisation) de prairies multispécifiques pour augmenter la productivité, consiste à privilégier les mélanges, en particulier à base de légumineuses, en remplacement des graminées en culture pure qui nécessitent une forte fertilisation azotée minérale. L'impact de cette pratique est favorable sur la majorité des performances, neutre dans les autres cas. En complément est introduite la pratique *vi)* amélioration de la qualité des fourrages conservés, qui passe par les choix d'espèces et de méthodes de conservation, les dates de récolte et le soin apporté à la réalisation de celles-ci. Contrairement aux précédentes, cette pratique est indépendante des pratiques d'entrée (noté 0 dans la matrice de compatibilité pratiques × pratiques), mais a néanmoins été retenue compte tenu de son intérêt intrinsèque et de sa complémentarité (noté 1) avec le semis de prairies multispécifiques et la réduction du chargement. Elle influence favorablement une partie des performances dont la production et la valeur ajoutée,

Tableau 3. Impact des 8 pratiques élémentaires prises en compte dans la simulation d'un système laitier herbager sur un sous-échantillon de 8 performances : i) notation qualitative et transformation quantitative pour chaque occurrence pratique × performance ii) diversité d'amplitude des intervalles de variation des performances selon les performances et selon les pratiques.

Ordre d'entrée	Méta-pratique	Pratique élémentaire	Performance								Amplitude de variation moyenne ⁽¹⁾
			↑ Quantités produites	↘ Charges variables	↑ Valeur ajoutée	↘ Energie directe	↘ Émiss. nitrates	↘ Phyto-sanitaires	↘ Émiss. GES	↘ Quantité travail	
A	Alimentation	Augmenter la part des prairies dans la sole	- 1/0 =/ (1)	1 + (0)	0/1 =/ (1)	0/1 =/ (1)	- 1/1 +/ (2)	1 + (0)	- 1/1 +/ (2)	- 1/1 +/ (2)	(1,125)
	Alimentation	Réduire la surface en cultures annuelles	- 1 - (0)	1 + (0)	- 1 - (0)	1 + (0)	1 + (0)	1 + (0)	1 + (0)	1 + (0)	(0)
B	Alimentation	Augmenter la pratique du pâturage	0/1 =/ (1)	1 + (0)	1 + (0)	1 + (0)	- 1/0 =/ (1)	0 = (0)	- 1/0 =/ (1)	- 1/1 +/ (2)	(0,625)
	Alimentation	Réduire le chargement par ha de surface fourragère	- 1/0 =/ (1)	1 + (0)	- 1/1 +/ (2)	0 = (0)	1 + (0)	0 = (0)	1 + (0)	0 = (0)	(0,375)
C	Alimentation	Semer des prairies multispécifiques pour augmenter la productivité	0/1 =/ (1)	1 + (0)	1 + (0)	1 + (0)	0/1 =/ (1)	0 = (0)	1 + (0)	0/1 =/ (1)	(0,375)
	Alimentation	Améliorer la qualité des fourrages conservés	1 + (0)	0/1 =/ (1)	1 + (0)	- 1/0 =/ (1)	0 = (0)	0 = (0)	1 + (0)	- 1/0 =/ (1)	(0,375)
D	Génétique	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux	0/1 =/ (1)	1 + (0)	1 + (0)	0 = (0)	0 = (0)	0 = (0)	0 = (0)	1 + (0)	(0,125)
	Conduite	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs	1 + (0)	1 + (0)	1 + (0)	1 + (0)	1 + (0)	0 = (0)	1 + (0)	- 1/1 +/ (2)	(0,25)
Amplitude de variation moyenne ⁽¹⁾			(0,625)	(0,125)	(0,375)	(0,25)	(0,50)	(0)	(0,375)	(1,00)	
Intervalle de variation moyen ⁽²⁾											
- borne minimale			- 0,125	0,875	0,375	0,375	0,125	0,25	0,375	- 0,25	
- borne maximale			0,5	1	0,75	0,625	0,625	0,25	0,75	0,75	

Conventions de présentation pour chaque occurrence pratique × performance :

- au centre : notation qualitative initiale ;
- en haut à gauche : bornes minimale et maximale après transformation quantitative ;
- en bas à droite (entre parenthèses) : amplitude de l'intervalle de variation après transformation quantitative.

⁽¹⁾ L'amplitude de l'intervalle de variation (valeur maximale de l'amplitude = 2) se lit :

- en colonnes, selon les performances (toutes pratiques prises en compte) ;
- en lignes, selon les pratiques (toutes performances prises en compte).

⁽²⁾ Les valeurs moyennes des bornes minimale et maximale (valeur extrême des bornes : minimale = - 1 ; maximale = 1) se rapportent exclusivement à chacune des performances (toutes pratiques prises en compte) puisqu'il n'est pas calculé d'indicateur synthétique agrégeant différentes performances.

avec toutefois une possible tendance à la détérioration pour d'autres, parmi lesquelles le travail. L'impact sur 20 performances des six pratiques précédentes est visualisé par le radar noté « Pratiques A + B + C » sur la figure 2.

Le choix de pratiques supplémentaires relevant de méta-pratiques autres que « Gestion de l'alimentation animale » devient ensuite d'autant plus ouvert que le lien au mode d'alimentation des animaux se distend. Pour autant, des pratiques candidates (*i.e.* notées 1) sont disponibles, comme illustré au tableau 4 dans le cas de pratiques relevant des méta-pratiques « Gestion de la génétique animale » et « Conduite d'élevage » (NB : à des fins pédagogiques, ce même tableau fait également apparaître deux contre-exemples de pratiques dont le choix serait inopportun).

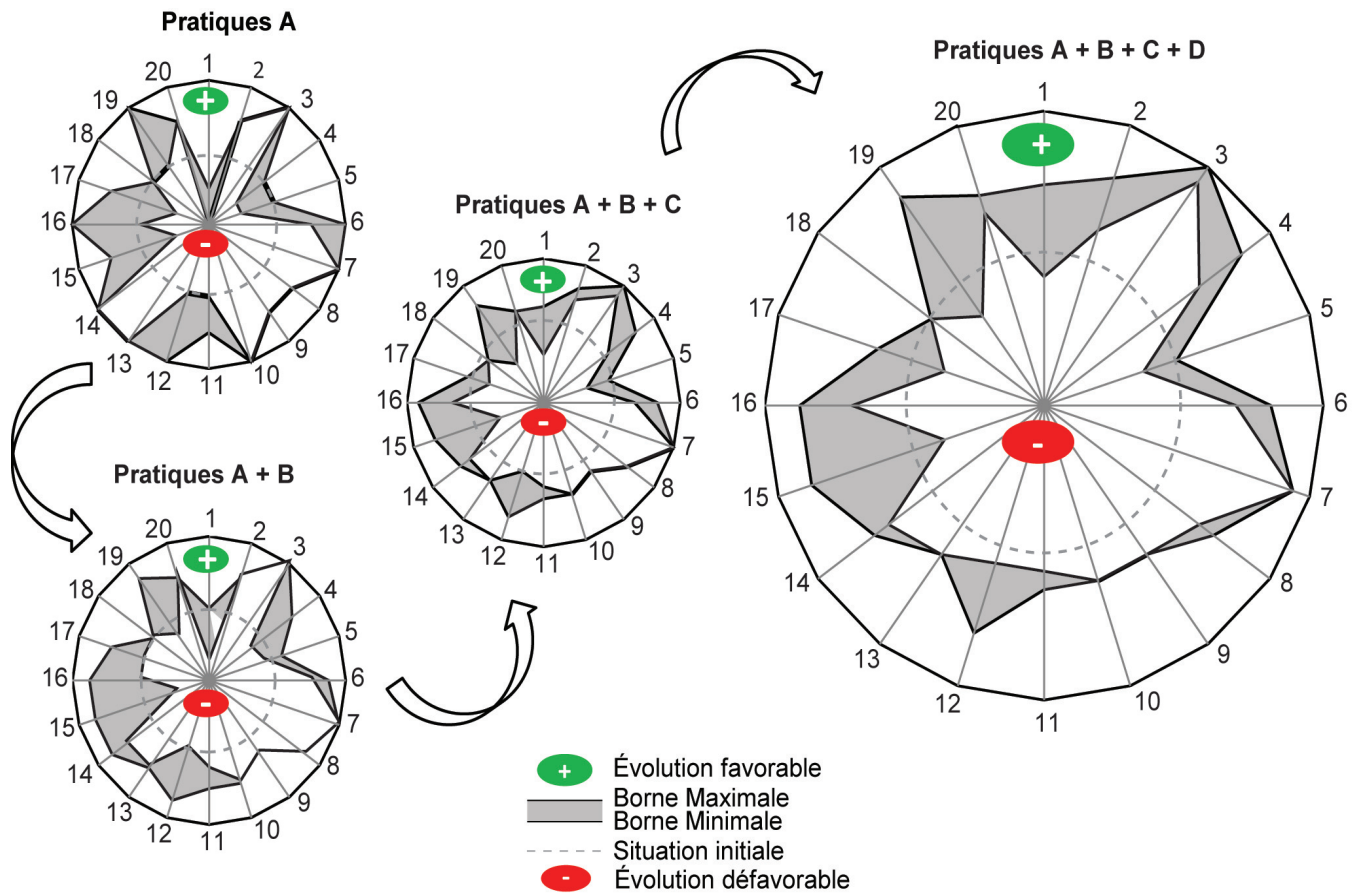
In fine, vii) le choix de la génétique pour accroître la robustesse des animaux

est préféré, l'exploitation n'étant pas considérée, dans cette simulation, comme à même de valoriser, *via* une filière sous signe de qualité, le choix d'une génétique spécifiquement dédiée à l'amélioration de la qualité des produits. En matière de conduite d'élevage, c'est *viii) l'augmentation du nombre de cycles de production des animaux reproducteurs* qui est retenue, même si l'alternative proposée au tableau 4, *i.e.* la pratique de mises-bas saisonnières, aurait pu l'être également, tout comme une association des deux. L'impact de ces deux pratiques est favorable sur la majorité des performances, neutre dans les autres cas. Ce dernier sous-groupe est noté « D » dans le tableau 3. Sur la figure 2, le radar noté « Pratiques A + B + C + D » visualise l'impact sur 20 performances des huit pratiques élémentaires retenues, tant sur la base de leur complémentarité que de celle de leur aptitude à compenser leurs effets partiels sur les performances.

Ce processus d'agrégation de pratiques constituant un système cohérent pourrait être poursuivi au-delà, y compris en faisant appel à des pratiques notées dans la matrice de compatibilité comme formellement indépendantes tant des pratiques d'entrée que de celles agrégées par la suite, mais présentant néanmoins des synergies avec celles-ci dans les conditions de la simulation présentée ici. On pourrait citer ainsi l'amélioration de la détection des chaleurs (méta-pratique « Conduite d'élevage ») pour maximiser le nombre de cycles de production des vaches, l'augmentation de la fréquence du croisement dit industriel, avec des races bouchères (méta-pratique « Gestion de la génétique animale »), de façon à tirer parti des moindres besoins de génisses de renouvellement qui en découlent, ou bien encore la suppression des traitements systématiques par des médicaments vétérinaires de synthèse (méta-pratique « Gestion de la santé et du bien-être

Figure 2. Evolution d'un sous-échantillon de 20 performances au cours du processus de construction et d'évaluation simultanée du système laitier herbager.

Les sous-ensembles de pratiques élémentaires A, B, C et D font référence à l'ordre d'entrée précisé au tableau 3.



1 Production	2 Qualité produits	3 Charges variables	4 Valeur ajoutée	5 Endettement
6 Energie directe	7 Energie directe	8 Consomm. eau	9 Consomm. phosphore	10 Erosion
11 MO du sol	12 Emiss. nitrate	13 Utilis. Prod. phyto	14 Emiss. phosphore	15 Util. Médic. Vétérin.
16 Emiss. GES	17 Emiss. NH ₃	18 Odeurs	19 Travail	20 Bien-être animal

Tableau 4. Illustration de quelques possibilités de choix ou motifs de rejet de pratiques élémentaires sur la base de leur compatibilité (ou non) telle que renseignée dans la matrice pratiques × pratiques.

Méta-pratique	Pratiques élémentaires considérées	p_prairies	s_cultures	g_robust	g_qualité	g_product	n_cycles	mb_saison	d_lactat
Alimentation (pratiques d'entrée)	Augmenter la part des prairies dans la sole (p_prairies)	-							
	Réduire la surface en cultures annuelles (s_cultures)	1	-						
Choix de la génétique	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux (g_robust)	1	1	-					
	Choisir la génétique pour améliorer la qualité des produits (g_qualité)	1	1	0	-				
	Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal (g_product)	-1	-1	-1	-1	-			
Conduite d'élevage	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs (n_cycles)	1	1	1	0	-1	-		
	Pratiquer des mises bas saisonnières (mb_saison)	1	1	1	1	-1	0	-	
	Allonger la durée de la lactation (d_lactat)	0	0	-1	0	1	-1	-1	-

En rouge : pratiques choisies ; en italiques : alternatives possibles mais non retenues ; en grisé : pratiques inappropriées.

animal ») facilitée par le recours à une orientation génétique privilégiant la robustesse.

2.3 / Evolution des performances sur l'échelle de variation au cours du processus de construction du système

La comparaison des quatre radars (figure 2) visualisant cette évolution sur l'échelle de variation pour 20 performances, au fur et à mesure de la construction du système, montre *i*) un rééquilibrage progressif de la valeur moyenne entre bornes minimales et maximales (amélioration pour certaines, maintien ou réduction pour d'autres), *ii*) assorti d'une tendance à une réduction d'amplitude des intervalles de variation, *iii*) ces intervalles se positionnant pour la plupart au-dessus du seuil de neutralité ou s'étendant peu en deçà, après intégration de 8 pratiques. A l'issue de la procédure de simulation, le système apparaît donc comme relativement équilibré en termes de multiperformance, la plupart d'entre elles évoluant par ailleurs de manière favorable par rapport à la situation de départ.

L'évolution la plus remarquable concerne la production, sur laquelle les choix de pratiques supplémentaires ont été focalisés pour permettre l'amélioration de son positionnement de départ, très dégradé par rapport à la situation initiale (*i.e.* système conventionnel faisant largement appel à l'ensilage de maïs et aux aliments concentrés à forte teneur protéique). Les pratiques choisies à cette fin ayant toutes un impact favorable ou au pire neutre sur les charges variables, il en résulte une variation toute aussi favorable de la valeur ajoutée, de même sens et de même ampleur, mais en partant d'un niveau de dégradation moins prononcé.

Parmi les autres performances du sous-échantillon figurant au tableau 3, les tendances d'évolution sont plus contrastées :

- Le positionnement sur l'échelle de variation des performances environnementales reste globalement stable (émissions de nitrate et de GES) ou se dégrade légèrement (consommation d'énergie indirecte) par rapport au niveau de départ induit par les pratiques d'entrée, mais tout en se maintenant dans une fourchette d'évolution favorable encadrant la valeur + 0,5.

- Celui de la consommation de produits phytosanitaires se réduit par effet de dilution, les deux pratiques d'entrée ayant un impact favorable tandis que les six suivantes sont neutres.

- Après un léger décrochement par rapport à son niveau de départ, le posi-

tionnement du travail évolue peu au fur et à mesure de l'introduction de pratiques supplémentaires. Toutefois, l'intervalle de variation reste particulièrement important entre bornes maximale et minimale.

Enfin, il convient de rappeler que le positionnement des performances est réalisé sur une échelle n'indiquant que le sens de leur variation suite à la mise en œuvre de telle ou telle pratique, et non l'ampleur de cette variation sur une échelle absolue. L'utilisateur doit donc se montrer vigilant sur l'interprétation des variations moyennes issues du processus d'agrégation lorsque des effets antagonistes sur les performances se conjuguent à une grande disparité d'effet entre pratiques.

2.4 / Réduction de l'amplitude des intervalles de variation

Comme illustré précédemment en situation d'agrégation progressive d'un ensemble de pratiques cohérentes, la variation des performances peut se trouver assortie d'intervalles parfois très importants, lesquels génèrent une marge d'incertitude sur les tendances issues de la simulation. Ces intervalles sont inhérents au fait que, selon les situations dans lesquelles elle est susceptible d'être mise en œuvre, une même pratique peut induire des impacts différents (parfois opposés) sur certaines des performances. A titre d'illustration, accroître l'utilisation de matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique influencera différemment la production selon le système digestif des animaux (pénalisation moindre des ruminants dont le microbiote intestinal est plus à même de valoriser les fractions celluloseuses ainsi que de synthétiser des protéines microbiennes que celui des monogastriques).

a) Diversité d'amplitude des intervalles de variation selon les performances et les pratiques

La fréquence des impacts ambivalents diffère notablement selon la nature des performances d'une part, et selon les pratiques d'autre part, comme une double lecture du tableau 3, soit en colonnes (par performance), soit en lignes (par pratique), permet de le constater :

- Toutes pratiques confondues (parmi les 8 prises en compte dans la simulation), la performance la plus sujette à des variations d'impact est le travail, suivie de la production ; à l'opposé, les charges variables y sont peu sujettes, l'utilisation de produits phytosanitaires ne l'étant pas du tout.

- Toutes performances confondues (parmi les 8 considérées dans le sous-échantillon), la pratique la plus sujette à des variations d'impact est l'augmenta-

tion de la part des prairies dans la sole, suivie de l'augmentation de la pratique du pâturage ; à l'opposé, le choix de la génétique pour accroître la robustesse des animaux y est peu sujet, la réduction de la surface en cultures annuelles ne l'étant pas du tout.

Globalement, sur l'ensemble de l'échantillon de 64 pratiques × performances présentées au tableau 3, pas moins de 20 sont ambivalentes, soit 31%.

b) Le descriptif détaillé des pratiques, une ressource pour réduire l'amplitude des intervalles de variation

Le Volume 3 précité du rapport remis au CGSP décrit les pratiques élémentaires recensées et détaille leur impact sur les différentes performances. Quand cet impact est ambivalent, *i.e.* prend deux valeurs différentes sur l'échelle de variation, les situations associées à chaque valeur sont décrites, comme illustré à l'encadré 2 relatif aux émissions de nitrate générées par la pratique « augmenter la part de prairies dans la sole » (notées +/- dans la matrice pratiques × performances). Ces indications peuvent permettre de choisir entre l'une ou l'autre des valeurs (note + ou note -, en l'occurrence), pour autant que la connaissance de situations associées autorise un tel choix. Elles peuvent être transcrites sous une forme résumée, tel qu'illustré à l'encadré 2, en vue d'une généralisation du processus. Ainsi, toujours à titre d'illustration, le tableau 5 récapitule sous cette forme les différentes situations associées à des impacts ambivalents de la pratique « augmenter la part de prairies dans la sole » pour l'ensemble des performances concernées, soit 6 sur 8 parmi celles figurant dans le sous-échantillon présenté au tableau 3.

La connaissance des situations associées à des impacts ambivalents peut permettre de lever l'incertitude dans une fraction notable des cas, dès lors que sont pris en compte le contexte de l'exploitation et plus encore les objectifs de l'exploitant, lesquels se traduisent notamment par le choix de pratiques supplémentaires introduites dans le système. Ainsi, en se référant aux indications du tableau 5 relatif à la pratique « augmenter la part des prairies dans la sole », pour deux performances seulement à titre d'illustration (production et travail), et en se plaçant dans le contexte de la présente simulation :

- L'incertitude peut être levée dans le cas de la production (=/-), car l'herbe doit être utilisée majoritairement dans la ration (impact -) et non comme simple complément à l'ensilage de maïs (impact =) ; de ce fait, l'alternative défavorable (-) est retenue et l'alternative neutre (=) rejetée.

Encadré 2. Un exemple de transcription résumée des situations associées à des impacts ambivalents d'une pratique sur une performance : les émissions de nitrate liées à l'augmentation de la part de prairies dans la sole.

Extrait du Volume 3 / Chapitre 13 Gestion de l'alimentation animale / Pratique B2.2 Augmenter la part de prairies dans la sole	Transcription résumée
Le rôle de la prairie en rotation sur les fuites d'azote est plus à nuancer [NB : que dans le cas du ruissellement du phosphore ou de la charge phytosanitaire]. Les pertes d'azote par lessivage sont faibles et même plus faibles que sous culture de maïs si le niveau de fertilisation reste inférieur à 200-250 kg/ha/an (Vertès et al 2010a). Elles tendent même vers 0 si la prairie est fauchée. En revanche, les pertes peuvent s'accroître sous les prairies utilisées de manière plus intensive à l'Ouest et ce d'autant plus que ces prairies sont conduites au sein de rotations pluriannuelles (c'est-à-dire si les prairies sont retournées trop fréquemment). En effet, la minéralisation induite par leur retournement conduit à des fuites parfois élevées si les reliquats azotés ne sont pas bien valorisés par la culture suivante (Raison et al 2008). Les risques s'accroissent aussi sensiblement dans le cas de pâturage de fin de saison, juste avant ou pendant la période de drainage.	Note + : - fertilisation azotée modérée - fauche Note - : - fertilisation azotée intensive - retournement fréquent - pâturage tardif d'automne

- Dans le cas du travail (+/-), par contre, il n'est pas possible de trancher : le fort recours au pâturage générera un gain de temps (impact +), mais l'allongement de la durée des chantiers de récolte d'excédents herbagers (en référence à celle du maïs ensilage) produira l'effet contraire (impact -) ; aussi, bien que l'option de l'affouragement en vert (impact -) puisse être écartée, l'impact global sur le travail du recours au pâturage associé à la récolte d'excédents d'herbe ne peut être formellement déterminé ; les deux alternatives (+/-) sont donc maintenues.

Ce processus *i*) de transcription sous forme résumée des indications du Volume 3 suivie *ii*) d'une étape de choix de l'alternative appropriée aux conditions associées ou au contraire de maintien des deux alternatives peut être complété *iii*) d'une transformation quantitative des données qualitatives initiales (cf. tableau 2) en vue de représentations

graphiques. Il a été étendu aux 8 pratiques mises en œuvre dans la simulation pour chacune des performances sujettes à un intervalle de variation, parmi celles figurant dans le sous-échantillon présenté au tableau 3. La réduction des intervalles entre bornes maximales et minimales (quand il y a lieu) au cours du processus de construction du système est représentée graphiquement sur la figure 3 (graphes a à h) :

- Dans le cas de la production, pour laquelle l'impact de 5 des 8 pratiques était ambivalent, l'ensemble des incertitudes ont pu être levées. Le positionnement final sur l'échelle de variation se situe approximativement à mi-chemin entre les bornes maximales et minimales initialement déterminées, les alternatives les moins favorables n'ayant pas été systématiquement rejetées (figure 3a).

- Dans le cas du travail, au contraire, pour lequel l'impact de 5 des 8 pratiques était également ambivalent, certaines incertitudes n'ont pu être levées. Le posi-

tionnement final sur l'échelle de variation conserve donc la forme d'un intervalle entre des bornes maximales et minimales, mais son amplitude est notablement réduite. Comme il s'avère par ailleurs que, dans les situations où l'incertitude était susceptible d'être levée, les alternatives les moins favorables ont toutes été rejetées, le positionnement des bornes maximales reste inchangé sur l'échelle de variation. Celui des bornes minimales, par contre, évolue favorablement en se positionnant significativement au-dessus du seuil de neutralité (figure 3h).

- Parmi les 6 autres performances considérées dans le sous-échantillon, la prise en compte du contexte de l'exploitation et des objectifs de l'exploitant conduit, pour 5 d'entre elles, d'une part à lever la totalité des incertitudes, d'autre part à rejeter la totalité des alternatives induisant les évolutions les moins favorables. Il en résulte un alignement des évolutions attendues sur la borne maximale déterminée initialement sur l'échelle de variation (figure 3b, c, d, e et g).

- Quant à la performance relative à l'utilisation de produits phytosanitaires, elle constitue un cas particulier puisque aucune des 8 pratiques n'induisait sur elle d'impact ambivalent (figure 3f).

2.5 / Autres dimensions impactant le système et son évolution

L'impact des pratiques sur les performances n'est ni immuable ni instantané, les variations des performances pouvant être affectées de manière temporaire par la survenue d'aléas, les délais d'adaptation des systèmes et/ou leur dépendance aux facteurs et conditions externes.

a) Prise en compte de la sensibilité aux aléas au cours du processus de construction du système

Pour chacune des pratiques élémentaires, la sensibilité aux aléas a fait l'objet

Tableau 5. Variation des impacts de la pratique élémentaire « augmenter la part des prairies dans la sole » sur 6 performances selon les situations associées à la mise en œuvre de cette pratique.

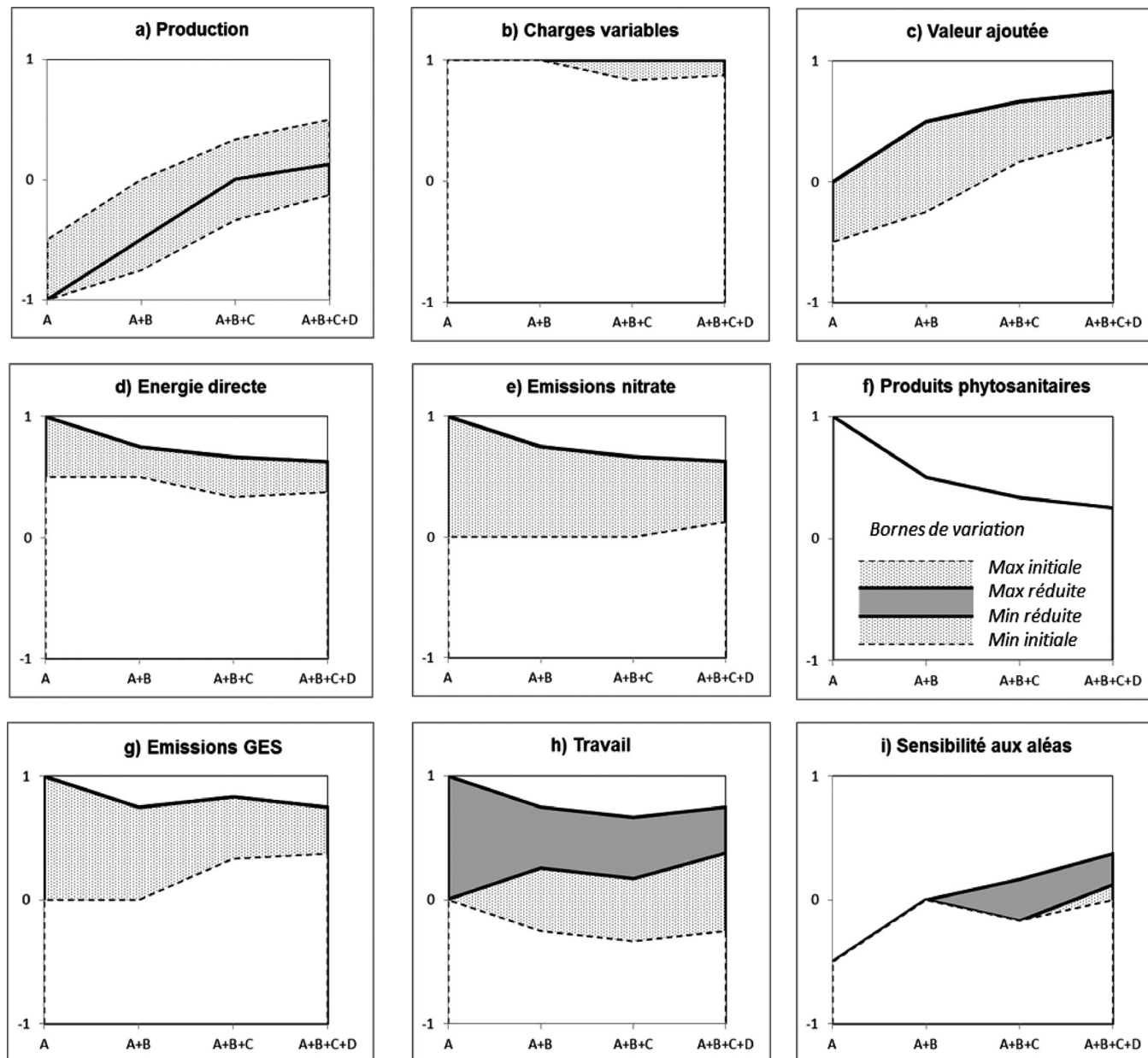
Impact de la pratique	Performance	Maxi Mini	Situations associées
=/-	Production	=	Complément à l'ensilage de maïs
		-	Herbe majoritaire dans la ration
=/+	Valeur ajoutée	+	Pâturage
		=	Modes de consommation autres que pâturage
=/+	Energie directe	+	Pâturage
		=	Graminées fortement fertilisées ; Fauche exclusive
+/-	Nitrate	+	Fertilisation azotée modérée ; Fauche
		-	Fertilisation azotée intensive ; Retournement fréquent ; Pâturage tardif d'automne
+/-	GES	+	Légumineuses ; Implantation de longue durée
		-	Fertilisation azotée minérale élevée
+/-	Travail	+	Pâturage
		-	Affouragement en vert ; Récolte de stocks fourragers

Figure 3. Plages de variation maximales et réduites de l'impact des 8 pratiques élémentaires mobilisées au cours du processus de simulation du système d'élevage laitier herbager sur un sous-échantillon de 8 performances (graphes a à h) et sur la sensibilité aux aléas (graphe i).

En abscisse : Sous-ensembles de pratiques élémentaires agrégés progressivement dans la simulation du système (A, B, C et D font référence à l'ordre d'entrée précisé au tableau 3).

En ordonnée : Variation des performances sur une échelle de variation qualitative (-1 = défavorable ; 0 = neutre ; 1 = favorable).

NB : La légende insérée dans le graphe f s'applique à l'ensemble des graphes présentés.



d'une notation sur une échelle de variation analogue à celle utilisée pour les performances (tableau 6). Lorsque le sens d'évolution de la sensibilité aux aléas dépend de conditions associées à la mise en œuvre de la pratique, l'évaluation qualitative qui en résulte est ambivalente. Elle se traduit par des bornes maximale et minimale pour lesquelles les situations associées sont également explicitées dans le Volume 3. Le processus de réduction des intervalles de variation décrit précédemment a donc été appliqué également au cas de la sensibilité aux aléas.

Bien que n'ayant pas été explicitement prise en compte dans le processus de construction du système, la sensibilité aux aléas était néanmoins susceptible de contribuer fortement au choix préférentiel de certaines pratiques :

- L'accroissement de la part des prairies dans la sole fourragère (noté -), pratique d'entrée à impact majeur sur l'organisation et le fonctionnement de l'exploitation, n'est pas sans inconvénients puisqu'elle accroît la sensibilité aux aléas climatiques du fait de la plus grande sensibilité à la sécheresse des

prairies, par rapport aux cultures annuelles.

- La réduction du chargement par ha de surface fourragère (notée +), introduite dès la seconde étape du processus de simulation, permet d'apporter des marges de sécurité en matière d'autonomie fourragère, en particulier en conditions climatiques réduisant la pousse de l'herbe.

- Le recours à des prairies multispécifiques pour augmenter la productivité (noté +/-), introduit lors de la troisième étape de simulation, peut également

Tableau 6. Impact sur la sensibilité aux aléas des 8 pratiques élémentaires prises en compte dans la simulation d'un système laitier herbager : i) notation qualitative et transformation quantitative pour chaque occurrence pratique \times aléas ii) amplitude de l'intervalle de variation toutes pratiques prises en compte.

Ordre d'entrée	Pratique élémentaire	Sensibilité aux aléas		↘ de la sensibilité aux aléas
A	Augmenter la part des prairies dans la sole	- 1	-	(0)
	Réduire la surface en cultures annuelles	0	=	(0)
B	Augmenter la pratique du pâturage	0	=	(0)
	Réduire le chargement par ha de surface fourragère	1	+	(0)
C	Semer des prairies multispécifiques pour augmenter la productivité	- 1 / 1	+/-	(2)
	Améliorer la qualité des fourrages conservés	0	=	(0)
D	Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux	1	+	(0)
	Augmenter le nombre de cycles de production des animaux reproducteurs	0 / 1	=/+	(1)
Moyenne pour 8 performances (bornes minimale / maximale et amplitude)		0/0,375		(0,375)

Les conventions de présentation au sein de chaque cellule sont les mêmes qu'au tableau 3.

permettre de pallier les inconvénients de la pratique d'entrée mentionnée ci-dessus du fait d'une meilleure productivité des légumineuses en période estivale. Toutefois, la proportion de celles-ci dans les mélanges peut se réduire sous l'effet des variations climatiques inter-annuelles. L'incertitude relative à l'effet de cette pratique sur la sensibilité aux aléas ne peut donc être levée.

- Le choix de la génétique pour accroître la robustesse des animaux (noté +) réduit leur sensibilité aux problèmes d'élevage, notamment ceux d'origine sanitaire.

- Enfin, l'augmentation du nombre de cycles de production des animaux reproducteurs (noté =/+) permettra d'assurer plus aisément le renouvellement du cheptel adulte, s'agissant ici d'un cheptel bovin pratiquant l'auto-renouvellement (choix de la notation + et rejet de l'alternative neutre correspondant à des cheptels ne le pratiquant pas, monogastriques essentiellement).

L'évolution du positionnement de la sensibilité aux aléas sur l'échelle de variation est visualisée sur la figure 3 (graphe i). En conséquence des choix de

pratiques explicités ci-dessus, le positionnement initial, très dégradé, s'améliore au cours du processus de simulation pour repasser au-delà du seuil de neutralité, l'amplitude de l'intervalle entre bornes maximales et minimales restant par ailleurs modérée.

b) Délais de mise en place des pratiques et de production des impacts attendus

La méthodologie de simulation repose sur une hypothèse implicite forte, *i.e.* le fait que le système recomposé est parvenu à un état d'équilibre. Cette hypothèse sous-tend à la fois les valeurs de la notation qualitative des impacts figurant dans la matrice pratiques \times performances et celles relatives à la compatibilité entre pratiques figurant dans la matrice pratiques \times pratiques.

Dans les faits, l'évolution d'un système de production s'étale généralement sur plusieurs années, tant au niveau de la mise en place de certaines pratiques que de la production des impacts attendus de celles-ci. A titre d'illustration :

- La réduction des surfaces en cultures annuelles ou son corollaire, à SAU cons-

tante, l'augmentation de la part des prairies dans la sole, se raisonnent à l'échelle du cycle cultural, l'extension de la pratique du pâturage pouvant même s'envisager en cours de saison. L'augmentation du nombre de cycles de production des animaux, en revanche, s'étale sur plusieurs années, et plus encore le changement d'orientation génétique, sauf à recourir à un remplacement intégral du cheptel de vaches laitières et, le cas échéant, d'élèves, généralement pénalisant en termes de production laitière et donc de chiffre d'affaires.

- La diminution de la consommation d'énergie indirecte faisant suite à la réduction des surfaces en cultures annuelles, ou celle du temps de travail induite par l'extension du pâturage, ont des impacts au niveau du cycle annuel ou infra-annuel de production. La réduction de la consommation de médicaments vétérinaires associée au choix d'une orientation génétique privilégiant la robustesse se manifesterait plus progressivement, avec l'avancement du rang de lactation des animaux. Quant à la réduction des émissions de GES liées à l'augmentation des prairies dans la sole, elle ne se manifesterait pleinement qu'au-delà d'une durée d'implantation minimale d'au moins cinq ans, en lien avec le stockage de carbone par l'appareil racinaire (Sous-sana *et al* 2010).

L'évaluation qualitative de la compatibilité entre pratiques peut de même se trouver mise en défaut dès lors que des pratiques complémentaires ne peuvent être mises en place de manière totalement concomitante ou, si elles le sont, lorsque leurs impacts sur les performances se produisent à des pas de temps différents. A titre d'illustration, l'accroissement du nombre de cycles de production sera favorisé par la mise en production effective d'animaux génétiquement plus robustes et plus fertiles, ce qui peut prendre beaucoup de temps à partir de la décision de réorientation génétique initiale.

Plus généralement, un système fourrager basé sur l'herbe pâturée sera plus long à mettre en place (implantation progressive des couverts prairiaux, notamment), plus complexe à gérer (rotation des parcelles conditionnant qualité et quantité d'herbe) et davantage sujet aux aléas climatiques (sécheresses estivales) qu'un système conventionnel majoritairement basé sur des cultures annuelles de type maïs ensilage, ce qui nécessitera une adaptation progressive de l'exploitant. Un différé dans le temps d'au moins une partie des impacts escomptés est donc à prévoir pour tenir compte de l'acquisition progressive de la technicité nécessaire à la conduite du système recomposé.

Le paramétrage des matrices pratiques \times performances et pratiques \times pratiques

en fonction du temps peut apparaître comme une solution pour prendre en compte les délais de production d'effets et par voie de conséquence de compatibilité entre pratiques. Toutefois, prendre simultanément en compte les délais induits par la mise en œuvre progressive des pratiques nécessiterait de modéliser à un niveau beaucoup plus fin l'évolution du système de production, en particulier en considérant individuellement l'évolution de chacune des parcelles de la SAU (accroissement progressif de la sole d'herbe, par exemple) ou celle de chacune des classes d'âge du cheptel (modification progressive de l'orientation génétique et de la conduite des reproductrices, par exemple). Une telle approche nécessairement quantitative deviendrait difficilement conciliable avec le mode d'évaluation qualitative des impacts induits par les pratiques. De surcroît, en contrepartie d'un gain de précision durant les années de transition, elle rendrait la simulation beaucoup plus dépendante du contexte propre à chaque exploitation. Le choix de fonder la méthodologie sur l'évolution des performances de systèmes parvenus à l'équilibre permet de s'affranchir de cette contrainte et de conserver un haut niveau de généralité associé à une relative simplicité de mise en œuvre.

c) Dépendances au contexte socio-économique et au milieu

La variation des performances peut également être affectée par celle de facteurs externes à l'exploitation, qu'il s'agisse du contexte socio-économique qui influencera surtout les performances économiques, ou du milieu, lequel agira plus particulièrement mais non exclusivement, sur les performances environnementales. A titre d'illustration :

- L'impact sur la valeur ajoutée de pratiques maximisant l'utilisation de l'herbe, en particulier sous forme pâturée, peut être significativement modifié en fonction des variations de prix des produits agricoles (lait, et dans une moindre mesure, viande) et des intrants (aliments concentrés, engrais minéraux, fuel...).

- Celui de ces mêmes pratiques sur les émissions de nitrate sera conditionné par les conditions climatiques de la campagne, en particulier en tout début ou fin de période de pâturage.

Si les fluctuations du contexte socio-économique ou des conditions de milieu ne sont pas prédictibles, sauf à relativement court terme et pour partie seulement, il n'en va pas de même de leur amplitude maximale qui peut être estimée à partir de séries chronologiques. Le recours à des fourchettes de variation de leurs impacts sur les performances des

pratiques peut donc apparaître comme une solution pour prendre en compte l'ampleur de la volatilité des prix ou des fluctuations climatiques en particulier. Toutefois, cette approche conduirait le plus souvent à des intervalles de variation extrêmes pour de nombreuses performances. Le potentiel de prédiction de la méthodologie s'en trouverait profondément altéré, puisque des intervalles trop importants en regard de l'étendue de l'échelle de variation ne sont plus informatifs. Le choix de fonder la méthodologie sur l'évolution des performances de systèmes produisant dans un contexte socio-économique et pour des conditions de milieu tendanciels constitue donc un compromis plus robuste à échéance de laps de temps moyens ou longs.

2.6 / Description des performances du système issu de la simulation

Dans les conditions spécifiées pour la production et l'exploitation de l'herbe, l'orientation génétique des animaux et la conduite du troupeau (dans les situations de notation ambivalente des impacts) et sous l'hypothèse d'un système d'exploitation parvenu à un état d'équilibre, le diagramme final obtenu à l'issue du processus de simulation permet de dresser une description des impacts de l'ensemble des pratiques mises en œuvre sur les différentes performances. Il convient toutefois de noter que ce diagramme n'intègre pas la réduction des intervalles de variation tel qu'illustré à la figure 3, car cette réduction n'a été pratiquée que sur un sous-échantillon de 8 performances seulement sur un total de 20. Pour autant, cette réduction d'amplitude sera implicitement prise en compte dans la description qui suit. Le numéro attribué à chacune des 20 performances figurant sur le radar y est mentionné entre crochets.

L'impact est neutre sur la production [1] du troupeau, la moindre production laitière par vache (malgré la présence de légumineuses dans les mélanges et l'amélioration de la qualité des stocks d'herbe conservée) étant compensée par une plus forte proportion de vaches en production dans le cheptel total d'une part, et par une valorisation supérieure des coproduits viande (vaches de réforme et veaux de boucherie) du fait de l'orientation génétique choisie pour les animaux d'autre part. La qualité des produits [2] tend à s'améliorer car la réduction de la teneur en protéines du lait (induite par la substitution herbe / maïs, malgré l'amélioration de la qualité des stocks d'herbe conservée) est contrebalancée par l'accroissement des teneurs en oméga-3 du lait et de la viande et par l'acquisition de propriétés organoleptiques intéressantes. Toutefois, ces critères de qualité ne sont pas monétarisés à ce jour, contrairement

à la teneur en protéines qui contribue à l'aptitude à la transformation fromagère du lait. La valeur ajoutée [4] s'accroît néanmoins sous l'effet d'une réduction très marquée des charges variables [3]. En revanche, le niveau d'endettement [5] est susceptible de se dégrader si l'amélioration de la qualité des fourrages conservés passe par un changement des méthodes de conservation, donc des investissements, plutôt que par un simple ajustement de celles déjà mises en œuvre sur l'exploitation.

Ce système influence favorablement l'utilisation de ressources naturelles, fossiles ou difficilement renouvelables, ainsi que la préservation de l'environnement. Les consommations directe [6] et indirecte [7] d'énergie fossile se réduisent fortement sous les influences conjointes de la réduction des cultures annuelles, de l'extension du pâturage et du recours aux légumineuses. Il en va de même de la consommation d'eau [8] de boisson par les animaux puisque l'herbe est un fourrage aqueux. L'importance des surfaces en prairie dans la SAU permet d'accroître la teneur en matière organique des sols [11] et de les protéger contre l'érosion [10] grâce à la présence d'un couvert permanent qui contribue également à limiter le ruissellement du phosphore [14]. Les fuites de nitrate [12] sont réduites par la moindre utilisation d'engrais minéral et par le recyclage d'azote permis par les surfaces en prairie. L'utilisation de produits phytosanitaires [13] est également réduite, en proportion de celle des surfaces en cultures. Celle des médicaments vétérinaires [15] reste sujette à davantage d'incertitude, même si la prise en compte des situations associées à la mise en œuvre des pratiques permettrait de réduire de moitié l'amplitude de l'intervalle de variation. En fait, l'utilisation de médicaments vétérinaires tend plutôt à se réduire, le choix d'une génétique qui privilégie la robustesse des animaux contrebalançant, par son impact favorable sur leur santé, le surcroît d'utilisation de traitements antiparasitaires lié à l'extension du pâturage. Les émissions d'ammoniac [17] et de GES [16] sont sensiblement réduites du fait d'une moindre présence des animaux en bâtiments, et donc de la baisse des émissions dues aux effluents stockés, ainsi que de la réduction de la fertilisation azotée et des émissions de protoxyde d'azote associées. En outre, en stockant du carbone, la prairie réduit les émissions nettes de GES de l'exploitation.

Le temps de travail et/ou sa pénibilité [19] tendent à diminuer sous l'effet de la réduction des travaux culturels, de l'important recours au pâturage limitant les temps de récolte et de distribution des fourrages conservés, ainsi que d'une gestion moins intensive du cheptel.

Enfin, le pâturage contribue positivement au bien-être des animaux [20] du fait de l'accroissement de la surface disponible par animal pour permettre l'expression des comportements naturels.

2.7 / Confrontation des résultats issus de la simulation à des données réelles

De nombreuses revues de synthèse ont été consacrées aux systèmes fourragers valorisant la prairie (voir par exemple Peyraud *et al* 2010, Delaby et Fiorelli 2014, Peyraud *et al* 2014). Toutefois, comparer les évolutions de performances issues de la précédente simulation à des résultats de terrain suppose de disposer *i*) d'une description des caractéristiques des systèmes comparés pour s'assurer qu'une proportion raisonnable des mêmes pratiques y sont mises en œuvre et *ii*) d'indicateurs plus ou moins représentatifs des performances considérées dans la simulation, ce qui est rarement le cas dans les revues précitées. Il en va de même dans certaines publications portant spécifiquement sur des comparaisons de systèmes laitiers herbagers à des témoins (Brunschiwig *et al* 2001, Caillaud

et al 2013). Dans d'autres publications du même type où certaines des caractéristiques majeures des systèmes sont précisées, les indicateurs de performances disponibles peuvent ne concerner que certaines classes de performances (ressources naturelles et impact environnemental : Le Gall *et al* 2009, par exemple) voire quelques performances seulement au sein de ces classes (émissions de nitrate et de GES : Dollé *et al* 2013 ; énergie : Béguin *et al* 2008, par exemple).

De ce fait, seuls les résultats issus de cinq de ces comparaisons sont présentés ici et pour les seules caractéristiques de systèmes et indicateurs de performances les plus communément disponibles (tableau 7). Les comparaisons de systèmes à forte dominante herbagère à des témoins sont les suivantes :

- Système herbager dit « de type 2 » (90 à 120 ha, 3 actifs) du Groupe de recherche en agriculture durable et en économie locale (GRADEL) vs système de production conventionnel dit « de type 6 » (135 à 165 ha, 3 actifs) du bocage Vendéen, suite à établissement d'une typologie régionale (Garambois et Devienne 2012, Garambois 2014).

- Adhérents des groupes du Réseau agriculture durable (RAD) de Bretagne, Pays-de-la-Loire et Poitou-Charentes vs autres exploitations des mêmes régions (Le Rohellec et Mouchet 2008).

- Signataires de la Mesure Agro-Environnementale (MAE) « Système Fourrager Economique en Intrants » vs échantillon RICA spécialisés lait Bretagne / Enquête DRAF Bretagne / Diagnostic énergétique Planète de Solagro (Le Rohellec *et al* 2009).

- Exploitations spécialisées herbagères de plaine du réseau d'élevages bovins lait INOSYS de l'Institut de l'élevage et des Chambres d'agriculture vs exploitations spécialisées zone Ouest maïs dominant du même réseau (Réseaux d'élevage 2013).

- Exploitations bretonnes spécialisées lait du RICA à faible niveau d'intrants, soit < 390 €/ha, vs à fort niveau d'intrants, soit > 590 €/ha (Peyraud *et al* 2010, Dupraz 2012 et communication personnelle).

Il convient de noter que contrairement aux quatre précédentes, la dernière comparaison ne se fonde pas sur une différence

Tableau 7. Caractéristiques et performances de systèmes à forte dominante herbagère rapportées à celles de systèmes conventionnels spécialisés lait servant de témoin.

Source des données	Caractéristiques des systèmes (ratio « herbager » / « témoin »)			Performances des systèmes (ratio « herbager » / « témoin »)				Réf
	% prairies/SFP	% cultures annuelles/SAU	UGB/ha SFP	Production (recettes hors aides €/ha SAU)	Charges variables (€/ha SAU)	Valeur ajoutée (€/ha SAU)	Travail (UTH/ha SAU)	
Système « herbager 2 » du GRADEL vs Système de production « conventionnel 6 »	1,53	0,28	/	0,77 (-)	0,44 (+)	1,22 (+)	1,43 (-)	(1)
Exploitations de groupes du RAD vs échantillon RICA spécialisés lait des mêmes régions	1,30	0,55	0,81	0,99 (=)	0,84 (+)	1,13 (+)	1,09 (=/-)	(2)
Signataires de la MAE « SFEI » vs échantillons spécialisés lait de Bretagne	1,36	0,49	0,78	1,00 (=)	0,87 (+)	1,22 (+)	1,08 (=/-)	(3)
Exploitations spécialisées herbagères de plaine vs exploitations spécialisées zone Ouest maïs dominant du réseau d'élevages bovins lait INOSYS	1,58	0,31	0,65	0,57 (-)	0,51 (+)	0,60 (-)	0,82 (+)	(4)
Exploitations bretonnes spécialisées lait à faible niveau d'intrants vs à fort niveau d'intrants	1,25	0,81	0,73	0,58 (-)	0,46 (+)	0,73 (-)	0,84 (+)	(5)

(1) Garambois et Devienne (2012), Garambois (2014) ; (2) Le Rohellec et Mouchet (2009) ; (3) Le Rohellec *et al* (2009) ;

(4) Réseaux d'élevage (2013) ; (5) Peyraud *et al* (2010), Dupraz (2012 et communication personnelle).

Les signes (+), (=) et (-) correspondent respectivement à une évolution favorable, neutre ou défavorable de la performance.

En Italiques : indicateur plus ou moins représentatif de la performance.

SFP : Surface Fourragère Principale ; SAU : Surface Agricole Utile ; UGB : Unité de Gros Bétail ; UTH : Unité de Travail Humain.

de système de production qualifié *a priori* mais sur une différence de niveau d'intensification exprimé globalement au travers du coût d'intrants (consommations intermédiaires matérielles). Elle présente néanmoins un intérêt comparatif.

Les caractéristiques des systèmes d'élevage les mieux documentées sont, d'une part, les deux pratiques d'entrée, soit la part d'herbe dans la Surface Fourragère Principale (SFP) et celle des cultures dans la SAU et, d'autre part, le chargement en Unités de Gros Bétail (UGB) par ha de SFP. Les données du tableau 7 montrent des proportions significativement plus importantes de la part d'herbe et moindres de celle des cultures, ainsi qu'un plus faible chargement, ce qui confirme la bonne adéquation entre le système simulé et les systèmes comparés au niveau de ces trois pratiques. Comme attendu, les différences sont moins contrastées dans la dernière comparaison, mais confirment néanmoins l'association présumée entre l'orientation herbagère des exploitations et le faible niveau des intrants. Les cinq autres pratiques élémentaires introduites dans la simulation sont plus rarement documentées. Comme attendu, deux études mentionnent des taux de renouvellement moindres, soit 25 vs 35% (Garambois 2014) et 32 vs 35% (Réseaux d'élevage 2013). La durée de pâturage et la composition des prairies ne sont approximés qu'une seule fois. Les modalités de conservation de stocks d'herbe ne sont jamais explicitées. Quant à la pratique élémentaire relative au choix d'une génétique privilégiant la robustesse, elle est clairement mal prise en compte dans les comparaisons de systèmes considérées : si la représentativité de la race Holstein apparaît discriminante dans un cas, elle constitue la race exclusive dans un autre, le type racial n'étant pas précisé dans les autres cas. Pour autant, certaines des pratiques non quantifiées ou explicitées peuvent être considérées comme implicites dans le cas des systèmes à forte dominante herbagère (longue durée de pâturage ou composition botanique diversifiée des prairies notamment) ce qui permet de considérer qu'hormis le choix de la génétique, les comparaisons figurant au tableau 7 se rapportent à des systèmes relativement comparables à celui mis en œuvre dans la simulation.

Les indicateurs de performances les mieux documentés dans les cinq comparaisons analysées concernent la production, l'économie et le travail. Les indicateurs de performances environnementales, trop fragmentaires au niveau de ce sous-échantillon, ne sont donc pas présentés. Comme indiqué lors de la présentation de la méthodologie et de ses limites, les quantités produites s'avèrent

difficiles à prendre en compte au travers d'un indicateur synthétique, car au niveau d'une exploitation laitière, même spécialisée, elles englobent la production de lait mais aussi de viande (et d'animaux vivants) ainsi que de produits végétaux. C'est le chiffre d'affaires hors primes qui a été retenu comme indicateur approximatif, bien qu'il se rapporte aux seules quantités vendues, hors autoconsommation, et qu'il prenne en compte leurs prix unitaires, donc dans une certaine mesure la qualité de ces produits. Quant au travail, la seule donnée disponible était le nombre d'Unités de Travail Humain (UTH) par ha de SAU. Les données du tableau 7 montrent, comme attendu, une forte réduction des charges variables induisant une valeur ajoutée supérieure par ha de SAU, à l'exception des élevages herbagers du réseau INOSYS, ainsi que dans une moindre mesure des exploitations bretonnes à faible niveau d'intensification. Sur la base du chiffre d'affaires hors primes, le différentiel de production observé entre élevages herbagers et témoins (évolutions neutre à défavorable) se situe dans la fourchette basse de l'évolution prédite par la simulation (neutre à favorable) ou en-deçà. Dans le cas du travail, les écarts sont encore plus marqués entre évolution prédite (favorable) et observée (favorable à défavorable). Plus globalement, et bien que certaines de ces performances aient été difficiles à transcrire en indicateurs synthétiques, l'examen des indicateurs retenus suggère l'existence de deux sous-ensembles : des élevages herbagers à forte technicité d'une part, maximisant le chiffre d'affaire malgré des charges variables réduites, ce qui leur permet de maintenir un haut niveau d'emploi par ha (comparaisons 1, 2 et 3) ; des élevages laitiers peu intensifs d'autre part, économes en main d'œuvre et plus encore en charges variables, mais au détriment du chiffre d'affaire et finalement de la valeur ajoutée (comparaisons 4 et 5). Une telle interprétation nécessiterait néanmoins d'être reconsidérée sur la base de données plus complètes.

3 / Seconde étude de cas : Améliorer la compétitivité de la filière poulet de chair en promouvant deux systèmes de production contrastés mais complémentaires

Elle se fonde sur l'analyse relative aux filières avicoles réalisée par le Groupe Filière avicole de l'INRA et publiée dans le Volume 4 précité du rapport remis au CGSP. Celle-ci comporte trois volets, volailles de chair, ponte et palmipèdes à foie gras, dont seul le premier sera évoqué pour les besoins de cette seconde

étude. Des leviers d'action au niveau des exploitations et des marges de progrès au niveau des filières et des territoires ont été identifiés. Dans le cas spécifique du poulet de chair, cette démarche a conduit à proposer deux stratégies de production contrastées mais complémentaires au plan national, tant en termes de compétitivité prix et produit que de valorisation des différentes matières premières disponibles. Sur ces bases, des combinaisons de pratiques élémentaires ont été choisies pour correspondre au mieux aux descriptions à dire d'expert des systèmes de production multiperformants qui en résultent. Leurs impacts sur l'évolution des performances des systèmes peuvent ensuite être déterminés en recourant à la seconde modalité de la méthodologie, *i.e.* l'évaluation *a posteriori*.

3.1 / Contexte spécifique de la filière volailles de chair, principaux leviers et marges de progrès, et niveaux auxquels ils sont susceptibles d'être actionnés

a) Éléments de contexte

Dans l'ensemble du secteur avicole, les stratégies d'entreprise, *i.e.* des Organisations de Production (OP), sont le principal moteur des évolutions des filières et priment sur les stratégies collectives. En aviculture de chair, la contractualisation est la règle (FranceAgriMer 2011). Dans tous les cas, les OP fournissent aux éleveurs les intrants (poussins, aliment) et sont responsables de leur qualité. Elles gèrent les contrats et les leviers incitatifs liés : prix de reprise, bonus/malus. Elles supportent une part variable du risque de marché et de prix ainsi que parfois du risque commun d'élevage : en cas d'aléa climatique ou sanitaire affectant tous les éleveurs, la perte globale sera alors supportée par l'OP. Cette contractualisation induit des conséquences très fortes sur le fonctionnement de la filière volailles de chair :

- Le choix de créer (ou de maintenir) un atelier avicole relève de la stratégie de l'exploitant. Il y affecte les ressources nécessaires, tant matérielles (bâtiment, en particulier) qu'humaines et financières, et décide du choix entre des productions standard ou sous signes de qualité, tout en restant fortement dépendant des débouchés et contrats qui lui sont proposés.

- En revanche, les leviers et marges de progrès biotechniques agissant sur le fonctionnement de l'atelier et de l'exploitation se trouvent actionnés à différents niveaux : exploitation agricole pour partie, mais dans une large part à celui des OP et de leurs fournisseurs de la filière, ainsi que dans une moindre mesure à l'échelle du territoire.

Ainsi, le maintien et la rénovation des bâtiments et équipements, le suivi de la

conduite d'élevage, de la santé et du bien-être des animaux, la gestion des effluents, sont réalisés au niveau des exploitations. Le choix des itinéraires d'élevage, de la génétique et de l'aliment (hors fabrication d'aliment à la ferme, relativement marginale), relèvent par contre des OP et de leurs fournisseurs de la filière.

L'évolution des modes de consommation, qui favorisent la praticité et la Restauration Hors-Domicile (RHD), a progressivement modifié la forme sous laquelle la volaille était consommée : le poulet prêt à cuire a fortement régressé au profit de la découpe, ainsi que, plus récemment, des préparations élaborées. Conjuguée à la réduction du budget alloué à l'alimentation, cette évolution a induit un besoin de « matière première » au coût le plus bas possible pour la découpe, largement utilisée en RHD ainsi que dans la préparation de produits élaborés. Il en a résulté une hyper-standardisation des conditions de production de poulet lourd dans le bassin avicole du nord de l'Europe (Allemagne du nord et Pays-Bas, notamment), générant un différentiel de compétitivité prix en faveur de ces pays, tel que mis en évidence lors des comparaisons internationales (van Home et Bondt 2013). La filière avicole de chair française contraste fortement avec ce modèle de production puisqu'elle se caractérise par sa diversification, non seulement en termes d'espèces mais également de segments de marché intra-espèces. C'est le cas en particulier du poulet de chair, tant au niveau de la production standard (léger export, standard, lourd...) que sous signe de qualité (Certifié, Label Rouge, AOC, AB...), ce qui constitue un atout en termes de compétitivité produits. Toutefois, le maintien d'une diversification 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 utiliser à pleine capacité les outils d'amont (aliment du bétail, accoupage) et d'aval (abattage, découpe, transformation). Or, le positionnement de la filière poulet de chair française est notamment insuffisant sur le segment porteur du poulet lourd.

Enfin, et de manière paradoxale, la filière poulet de chair française, bien que fortement intégrée, reste insuffisamment optimisée. Au travers de la contractualisation, les OP décident du choix des itinéraires d'élevage, des types génétiques et des formulations alimentaires, en recourant, autant que de besoin, à des opérateurs spécialisés pour la fourniture des intrants. Elles assurent elles-mêmes l'abattage et la première transformation. Pour autant, chaque maillon cherche à produire au moindre coût

(accoupage, aliment, élevage, abattage, transformation) d'où un relatif nivellement par le bas à chaque maillon qui limite les performances des autres et *in fine* la performance globale de la filière.

b) Leviers d'action au niveau des exploitations et marges de progrès au niveau des filières et des territoires

Au niveau des exploitations, trois principaux leviers ont été identifiés :

- En production de poulets de chair en bâtiment fermé, la consommation d'énergie constitue le premier poste de charges variables supporté par l'éleveur (hors poussins et aliment, fournis par l'OP), dont 80% pour le seul chauffage (ITAVI 2008). La mise au point de bâtiments avicoles de chair à énergie positive, c'est-à-dire produisant plus d'énergie qu'ils n'en consomment, est en cours et constitue un enjeu majeur (ITAVI 2014a et b).

- Les fumiers des volailles de chair élevées au sol sont riches en matière sèche (55 à 75%) donc aisément transportables. L'enquête du SSP « Aviculture 2008 » (Riffard et Gallot 2011) montre que, toutes filières avicoles confondues, une majorité d'exploitations épandent 90% de leurs déjections sur les terres de l'exploitation sans traitement préalable, tandis qu'une minorité d'entre elles épandent 80% des déjections issues de l'atelier avicole sur les terres d'un prêteur. Cette dualité résulte des disparités de SAU entre exploitations : en filière chair, dont le poulet représente la majorité des volumes, les exploitations les plus spécialisées, disposant de la plus grande surface de poulailler, sont en effet de très petite taille (9 ha, en cas de spécialisation totale), contrairement à celles dont l'atelier avicole, de plus petite taille, constitue une activité de diversification (115 ha, à moins de 25% des revenus tirés de l'activité avicole). Dans les premières, fréquemment situées en régions à forte densité animale, le traitement préalable des fumiers permet de réduire les odeurs et de faciliter les échanges entre exploitations, en particulier à longue distance. C'est le cas notamment du compostage sans retournement avec utilisation de souches sauvages de microorganismes, qui apparaît comme une solution particulièrement adaptée (Allain et Aubert 2009).

- Enfin, la même enquête du SSP montre que 26% des exploitations élevant des poulets de chair produisent également des matières premières utilisables en alimentation des volailles. Il s'agit d'exploitations de moindre capacité d'élevage, donc moins spécialisées, dont la moitié seulement d'entre elles fabriquent de l'aliment à la ferme. Ainsi, bien que la fourniture d'aliment par l'OP constitue le cas général en aviculture de chair, la Fabrication d'Aliment à la Ferme (FAF) peut trouver une place en situation d'ex-

ploitations de grandes cultures détenant un atelier avicole à titre d'activité complémentaire.

En faisant abstraction de la possibilité de traitement collectif des fumiers de volailles de chair au niveau du territoire, les principales marges de progrès se situent au niveau de la filière elle-même. Elles concernent le triptyque itinéraire d'élevage × souche (ou type génétique) × formulation alimentaire qu'il convient d'optimiser plutôt que de rechercher la production au moindre coût au niveau de chaque maillon comme c'est le cas actuellement.

- 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 le recours à des souches lourdes, ce qui accroît le rendement en filet sans altération du rendement technologique de la viande (Baéza et al 2011). En production sous signe de qualité, en revanche, l'âge à l'abattage est contraint par les cahiers des charges, du fait d'un minimum incompressible, ce qui restreint la gamme de poids d'abattage.

- En production standard, les entreprises de sélection sont internationales et proposent des souches adaptées à la gamme d'objectifs de production les plus courants. Les souches 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 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 des lignées à digestibilité contrastées D+ / D- expérimenté par l'Inra (de Verdal et al 2011a et b).

- Enfin, en matière de formulation alimentaire, la concentration énergétique des aliments doit être davantage adaptée aux objectifs de croissance et de poids d'abattage fixés. En outre, de nombreuses améliorations permettent de réduire l'impact environnemental de l'élevage avicole : pratique de l'alimentation multiphase (aliments démarrage, croissance et finition) ; addition d'acides aminés de synthèse les plus limitants (permettant de réduire l'apport protéique d'origine végétale) ; utilisation de phytases microbiennes (permettant une meilleure utilisation du phosphore phytique des matières premières végétales et donc de réduire les rejets en limitant les apports de phosphore minéral).

3.2 / Proposition de stratégies pour restructurer la gamme tout en la rendant plus compétitive

Pour optimiser le triptyque itinéraire d'élevage × souche × aliment, deux voies opposées mais complémentaires en termes d'intensification ont été proposées.

a) En production standard

La stratégie consiste à alourdir les poids d'abattage et les rendements en viande en massifiant et en uniformisant la production. Elle passe par :

- un allongement de la durée d'élevage avec adaptation corrélative des densités en bâtiments et le cas échéant de l'itinéraire d'élevage et de suivi sanitaire ;

- le recours à des souches lourdes impliquant le cas échéant l'abandon des souches de femelles reproductrices nanifiées ; il en résulterait un gain de performances (croissance, Indice de Consommation (IC), rendement filet) malgré un léger renchérissement du coût des poussins ;

- la restructuration de l'accoupage avec agrandissement de la taille des cheptels reproducteurs produisant les œufs à couvrir ainsi que de la capacité des couvoirs permettant une meilleure homogénéité des lots mis en incubation ; il en résulterait une amélioration de la qualité et de la viabilité des poussins ;

- le recours à des aliments de plus forte concentration énergétique et protéique ; il en résulterait une meilleure expression du potentiel génétique des animaux malgré un surcoût alimentaire induit par l'emploi de matières premières de meilleure qualité.

b) En production sous signe de qualité

La stratégie consiste à améliorer la rentabilité sans nuire à la qualité. Elle passe par :

- le maintien de l'âge et du poids à l'abattage (donc de la vitesse de croissance) pour respecter les contraintes des cahiers des charges et préserver la qualité organoleptique des produits ;

- le recours à des aliments moins coûteux, élaborés à la ferme à partir de matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique ;

- ce qui impliquerait, à partir des souches à croissance lente d'ores et déjà disponibles, une sélection d'animaux plus aptes à digérer ce type de ration sur le modèle D+ / D- expérimenté par l'INRA.

3.3 / Contextes d'exploitations et objectifs d'exploitants adaptés aux stratégies de restructuration de gamme proposées

Les deux stratégies ont été déclinées dans des contextes d'exploitations contras-

tés et bien adaptés à chacune d'elles. Il convient toutefois de souligner ici d'emblée une spécificité de l'une des deux modélisations réalisées. Si dans la première stratégie, dite succinctement « poulet lourd », la situation de départ correspond clairement à la réorientation d'une production conventionnelle de poulet standard, très majoritaire au plan national, il n'en va pas de même dans la seconde, dite succinctement « poulet à faibles exigences nutritionnelles ». Celle-ci correspond en effet davantage à la création d'un atelier de diversification qu'à une réorientation d'atelier préexistant de type poulet standard. De manière générale, entre ce dernier segment et celui du poulet de type plein-air, dont la stratégie « poulet à faibles exigences nutritionnelles » constitue une variante, les différences sont telles, notamment en matière *i)* de mode de logement et de gestion des animaux et *ii)* de modalités d'approvisionnement en aliments au travers de la contractualisation avec une OP, qu'une réorientation n'aurait d'autre sens que de mettre fin à un type de production, *i.e.* fermer un atelier, pour en créer un autre de toutes pièces. Pour autant, après transcription des leviers d'action, marges de progrès et stratégies identifiées, les pratiques à mettre en œuvre dans le « nouveau » type de production « poulet à faibles exigences nutritionnelles » font clairement référence, en termes d'évolution des performances, à celles qui seraient observées en considérant comme point de départ une production de type standard. C'est donc à cette dernière qu'il convient de se référer pour interpréter correctement les évolutions « virtuelles » prédites, y compris en resituant ce type de production dans le contexte d'exploitations agricoles qui lui correspond le plus fréquemment, *i.e.* en régions à forte densité animale ; lequel contexte n'est évidemment pas transposable.

a) Cas d'une exploitation de petite taille spécialisée en production de poulet standard lourd

Cette exploitation de très petite surface située en zone à forte densité animale a opté pour une spécialisation avicole totale en contractualisant avec une 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. Aussi s'est-il résolument engagé dans l'agrandissement et la modernisation de son parc de bâtiments d'élevage pour minimiser les coûts énergétiques et maîtriser les conditions d'ambiance, et donc le statut sanitaire de ses lots en élevage.

Le tonnage de fumier produit excédant très largement la capacité d'accueil de l'exploitation, l'éleveur recourt 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.

Dans le contexte de contractualisation totale caractérisant cet élevage, les objectifs de l'exploitant sont pour une large part mis en œuvre au niveau de l'OP, en particulier ceux relatifs à l'optimisation du triptyque itinéraire d'élevage × souche × formulation alimentaire.

b) Cas d'un atelier de poulet à croissance lente apte à valoriser des matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique dans une exploitation de polyculture-élevage

Cette exploitation de grande surface est située en zone de polyculture élevage à dominante grandes cultures et à faible densité animale. Elle produit des matières premières utilisables en alimentation des volailles (céréales fourragères notamment) et peut s'approvisionner en coproduits végétaux (tourteaux d'oléagineux notamment). L'atelier avicole constitue une activité de diversification qui permet de valoriser des produits de l'exploitation tout en réalisant des économies d'engrais minéral par le retour au sol des effluents. L'exploitant a donc opté pour la FAF, sans rechercher une trop grande sophistication en termes de formulation ou de traitement technologique. Son choix s'est en effet porté sur un atelier de production avicole de type peu intensif (âge à l'abattage tardif, aliment à faible concentration énergétique et protéique, types génétiques à croissance lente aptes à valoriser ce type d'aliment, animaux sur parcours), mais sous signe de qualité (Label Rouge) pour compenser les faibles performances zootechniques par une meilleure valorisation marchande des produits. Les bâtiments sont d'une conception simple, ce qui permet de réserver l'essentiel des investissements à la création de l'atelier de FAF. 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'exploitant a contractualisé avec une OP pour bénéficier d'une garantie de reprise des volailles finies, en optant pour un type de contrat qui lui permet de rester propriétaire des animaux et d'assurer lui-même sa production d'aliment.

Par contraste avec la stratégie précédente, les objectifs visés par l'exploitant sont donc mis en œuvre majoritairement au niveau de l'exploitation, dans le respect

des dispositions du cahier des charges conditionnant toute production sous signe de qualité.

3.4 / Reconstitution des combinaisons de pratiques sur la base des leviers d'action et marges de progrès identifiés

Pour permettre l'évaluation des performances de ces systèmes de production avicoles contrastés, les leviers d'action et marges de progrès qui sous-tendent les stratégies de restructuration de gamme ainsi que les objectifs propres aux exploitants ont été traduits sous forme de pratiques élémentaires répertoriées dans l'étude CGSP.

a) Cas de la production de poulet standard lourd

La traduction des marges de progrès et leviers d'action sous forme de pratiques élémentaires dans le cas de la stratégie poulet standard lourd est synthétisée dans le tableau 8. La majorité des pratiques élémentaires retenues correspondent étroitement à des leviers d'action et marges de progrès identifiés. Pour autant, la traduction en pratiques élémentaires du recours à des aliments à forte concentration énergétique et protéique reste très imparfaite : aucune de celles répertoriées n'ayant directement trait à l'utilisation de matières premières à plus forte concentration énergétique, le choix par défaut s'est porté sur l'association des pratiques « Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases », « Utiliser des acides aminés de synthèse » et « Limiter les teneurs en

protéines des aliments ». Le choix de cette dernière peut sembler paradoxal. Il s'explique par le couplage avec l'apport d'acides aminés limitants de synthèse, dans le but de réduire le gaspillage de ressources protéiques et non de limiter dans l'absolu les apports protéiques de l'aliment. La pratique « Allonger la durée d'engraissement » n'a pas été retenue à dessein, car dans le cas présent l'accroissement de la durée d'élevage reste mesuré par rapport à la production standard tandis que dans l'étude CGSP les performances de cette pratique ont été évaluées dans un contexte d'allongement très significatif de la durée d'engraissement (ruminants, porcs) ou d'élevage (volailles).

Enfin, il convient de souligner que certaines des technologies relatives au bilan énergétique des bâtiments (production d'énergie plus particulièrement) sont encore en cours de développement. De ce fait, les performances associées aux deux pratiques correspondantes peuvent n'être que partiellement atteintes en fonction du degré de transfert effectif de ces technologies.

b) Cas de la production de poulet à croissance lente apte à valoriser des matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique

La traduction des marges de progrès et leviers d'action sous forme de pratiques élémentaires dans le cas de la stratégie poulet à moindres exigences nutritionnelles est synthétisée dans le tableau 9. La totalité des pratiques élémentaires retenues correspondent plus ou moins étroitement à des leviers d'action et

marges de progrès identifiés. Par contraste avec le cas précédent, la pratique « Limiter les teneurs en protéines des aliments » s'entend ici comme une limitation dans l'absolu des apports protéiques de l'aliment. Le choix de la pratique « Allonger la durée d'engraissement » est justifié, les poulets sous Label Rouge étant abattus à un âge (auquel le libellé « Maintien de l'âge et du poids à l'abattage prévu par le cahier des charges » fait référence) plus de deux fois supérieur à celui des poulets standard.

En revanche, l'adéquation du recours à des souches à croissance lente aptes à valoriser des aliments à moindre concentration énergétique et/ou protéique avec la pratique « Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux » est moins étroite. Le terme de robustesse recouvre en effet un ensemble de caractères d'intérêt parmi lesquels l'aptitude à valoriser des aliments à moindre concentration énergétique et/ou protéique n'est qu'une des composantes possibles, sans avoir été forcément sélectionnée dans certaines des espèces d'élevage.

Or, si dans le cas du poulet de chair les souches à croissance lente, utilisées notamment en Label Rouge, peuvent être considérées à maints égards comme des types génétiques robustes (adaptation au plein-air, notamment), elles n'ont pas encore donné lieu pour autant à une sélection effective sur l'aptitude à valoriser des aliments à moindre concentration énergétique et/ou protéique sur le modèle des lignées expérimentales D+ / D- de l'INRA. En outre, par les contraintes de formulation alimentaire qu'il induit

Tableau 8. Traduction des marges de progrès et leviers d'action sous forme de pratiques élémentaires dans le cas de la stratégie de production « poulet standard lourd ».

Lignes directrices de la stratégie poulet standard lourd (entre parenthèses : niveau de mise en œuvre)	Objectifs propres à l'exploitant	Pratiques élémentaires retenues en correspondance
Allongement de la durée d'élevage (OP/Exploitant)	Produire des poulets de type très intensif en contractualisant avec une OP <i>ad hoc</i>	Pas de correspondance adéquate
	Moderniser les bâtiments d'élevage pour minimiser les coûts énergétiques	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)
Recours à des aliments à forte concentration énergétique et protéique (OP/FAB)		Limiter les teneurs en protéines des aliments Utiliser des acides aminés de synthèse Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases
Recours à des souches lourdes (OP/Sélectionneurs)		Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal
Restructuration de l'accoupage (OP/Accouveurs)		Choisir des poussins de meilleure qualité ^(a)
	Recourir au compostage	Pratiquer le compostage

OP : Organisation de Production ; FAB : Fabricant d'Aliment du Bétail.

^(a) Dénomination initiale de la pratique élémentaire : Accroître l'efficacité de l'accoupage.

Tableau 9. Traduction des marges de progrès et leviers d'action sous forme de pratiques élémentaires dans le cas de la stratégie de production « poulet à moindres exigences nutritionnelles ».

Lignes directrices de la stratégie poulet à moindres exigences nutritionnelles (entre parenthèses : niveau de mise en œuvre)	Objectifs propres à l'exploitant	Pratiques élémentaires retenues en correspondance
Maintien de l'âge et du poids à l'abattage prévu par le cahier des charges (OP/Exploitant)	Produire des poulets sous signe de qualité de type peu intensif avec animaux sur parcours en contractualisant avec une OP <i>ad hoc</i>	Allonger la durée d'engraissement
Recours à des aliments à moindre concentration énergétique et/ou protéique (Exploitant)	Fabriquer l'aliment à la ferme	Accroître la surface disponible par animal pour l'expression des comportements naturels (activités physique et sociale)
	Utiliser des matières premières et des coproduits végétaux produits sur l'exploitation ou localement	Produire des aliments à la ferme ou issus de fermes voisines
Recours à des souches à croissance lente aptes à valoriser des aliments à moindre concentration énergétique et/ou protéique (OP/Sélectionneurs)		Accroître l'utilisation de matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique
		Limiter les teneurs en protéines des aliments
		Choisir la génétique pour accroître la robustesse des animaux
	Epandre directement les fumiers sur les cultures de l'exploitation (ou des exploitations voisines en cas de surplus)	Réaliser des échanges d'effluents entre exploitations voisines

OP : Organisation de Production ; FAB : Fabriquanteur d'Aliment du Bétail.

(75% minimum de céréales), le cahier des charges Label Rouge ne permet pas, en l'état, l'utilisation d'une proportion élevée de matières premières à moindre concentration énergétique et protéique.

3.5 / Description et analyse critique des évolutions attendues des performances des systèmes de production ainsi reconstitués

Les systèmes de production contrastés ayant été reconstitués sous forme de combinaisons de pratiques élémentaires, la seconde fonctionnalité de la méthodologie, *i.e.* l'aide à l'évaluation de systèmes,

a été utilisée. Tant à titre d'illustration que pour faciliter l'analyse critique des résultats obtenus, les évolutions attendues suite à la mise en œuvre de chacune des pratiques élémentaires sont présentées aux tableaux 10 et 11 pour un sous-échantillon de 5 performances représentatives de la production, de l'économie, de la consommation de ressources naturelles, des impacts sur l'environnement et des critères sociaux, respectivement. Le sens d'évolution attendu pour un sous-échantillon de 20 performances (identique à celui de la première étude de cas) est visualisé par les radars a) et b) de la figure 4. On peut y constater d'emblée qu'une majorité de performances tendent

à s'améliorer, mais que certaines d'entre elles sont associées à d'importantes marges d'incertitude, lesquelles pourraient être réduites en recourant à la procédure proposée en cas d'impacts ambivalents (cf. § 2.4 b). Le numéro attribué à chacune des 20 performances figurant sur le radar est mentionné entre crochets dans les descriptions qui suivent.

a) Cas de la production de poulet standard lourd

Le système ainsi défini permet d'accroître la production [1], exprimée ici en kg de poulet vif produit / m² de poulailler / an, et ce *via* le recours à une génétique

Tableau 10. Impact des 8 pratiques élémentaires prises en compte dans la reconstitution du système de production de « poulets standards lourds » sur un sous-échantillon de 5 performances : notation qualitative.

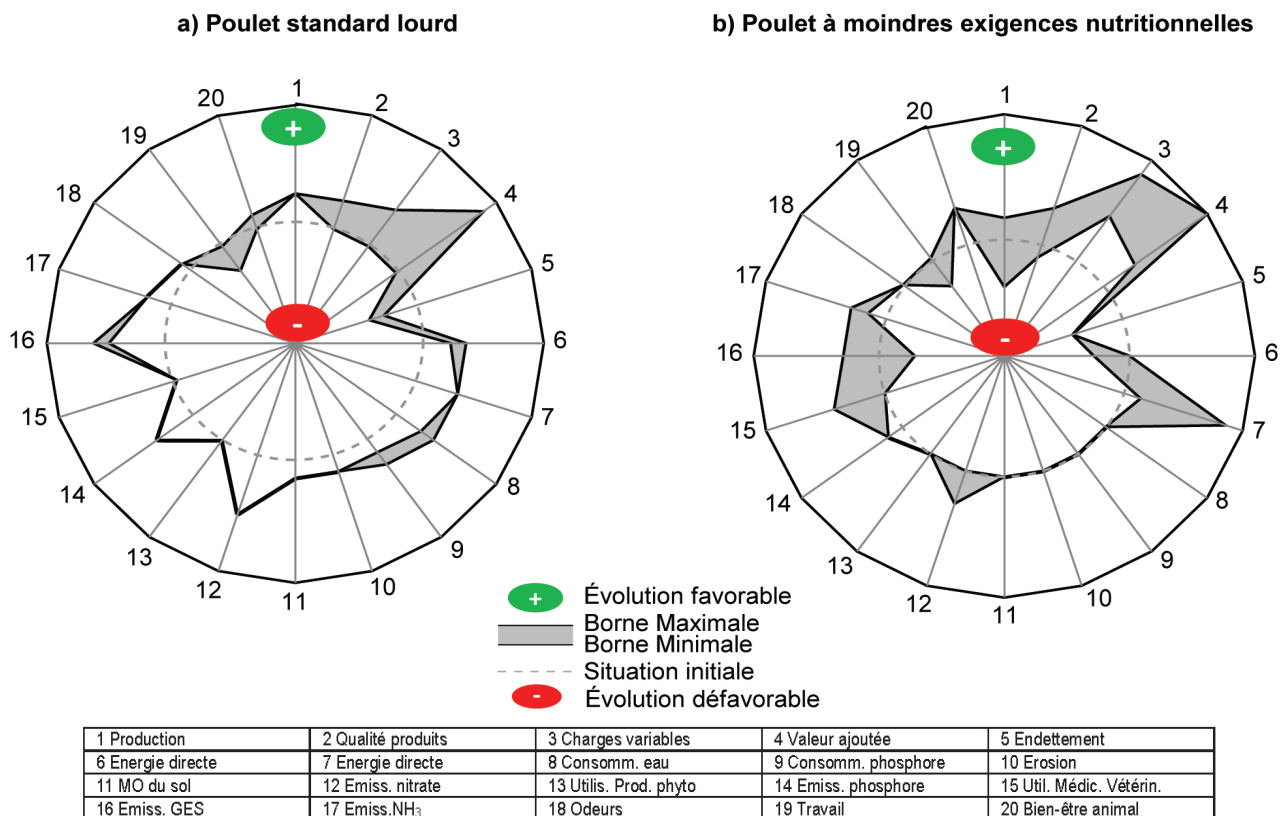
Méta-Pratique	Pratique élémentaire	Performance				
		↗ Quantités produites	↘ Charges variables	↘ Energie directe	↘ Émiss. nitrate	↘ Quantité de travail
Bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie	=	+	+	=	=/-
	Utiliser des bâtiments et équipements producteurs d'énergie	=	=/+	+	=	=/-
Effluents	Pratiquer le compostage	=	-	=/-	+	-
Alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	=	+	=	+	=
	Utiliser des acides aminés de synthèse	=	=/-	=	+	=
	Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases	=	=/+	=	=	=
Génétique animale	Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal	+	-	+	+	+
Conduite d'élevage	Choisir des poussins de meilleure qualité ^(a)	+	+	=	=	=

^(a) Dénomination initiale de la pratique élémentaire : Accroître l'efficacité de l'accoupage.

Tableau 11. Impact des 7 pratiques élémentaires prises en compte dans la reconstitution du système de production de « poulets à moindres exigences nutritionnelles » sur un sous-échantillon de 5 performances : notation qualitative.

Méta-Pratique	Pratique élémentaire	Performance	↗ Quantités produites	↘ Charges variables	↘ Energie directe	↘ Émiss. nitrate	↘ Quantité de travail
Bâtiments d'élevage	Utiliser des bâtiments et équipements générant des économies d'énergie	=	+	+	=	=/-	
	Utiliser des bâtiments et équipements producteurs d'énergie	=	=/+	+	=	=/-	
Effluents	Pratiquer le compostage	=	-	=/-	+	-	
Alimentation animale	Limiter les teneurs en protéines des aliments	=	+	=	+	=	
	Utiliser des acides aminés de synthèse	=	=/-	=	+	=	
	Utiliser des phosphates alimentaires hautement digestibles et des phytases	=	=/+	=	=	=	
Génétique animale	Choisir la génétique pour améliorer la performance productive de l'animal	+	-	+	+	+	
Conduite d'élevage	Choisir des poussins de meilleure qualité ^(a)	+	+	=	=	=	

^(a) Dénomination initiale de la pratique élémentaire : Accroître l'efficacité de l'accoupage.

Figure 4. Evolution d'un sous-échantillon de 20 performances pour les deux systèmes de production de poulets de chair reconstitués en traduisant sous forme de pratiques élémentaires les marges de progrès et leviers d'action identifiés à dire d'expert.


plus productive et à des poussins de meilleure qualité issus d'un accoupage plus efficace. En pratique, le recours à des aliments à plus forte concentration énergétique, conjugué à l'allongement relatif de la durée d'élevage qui permet d'alourdir les animaux, devraient conduire à une évolution encore plus favorable de la production, mais ces leviers n'ont pu être totalement traduits en pratiques référencées comme explicité précédemment.

Quant à l'évolution de la qualité des produits [2], elle tend également à s'accroître mais reste assortie d'une marge d'incertitude (la prise en compte des situations associées à des impacts ambivalents conduirait de fait à une quasi absence d'évolution).

La tendance à la réduction des charges variables [3] est assortie d'une forte marge d'incertitude. En outre, l'évolution

prédict pour cette performance résulte d'une addition d'écarts favorables ou au contraire défavorables selon les différentes pratiques mises en œuvre : l'optimisation de la formulation alimentaire génère d'importantes économies, de même que les choix énergétiques réalisés au niveau du bâtiment ou que la meilleure qualité des poussins ; l'impact du choix d'une génétique plus productive prête à discussion, car si de manière générale il 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 de celles-ci du fait de l'amélioration attendue de l'indice de conversion alimentaire ; le recours au compostage, en revanche, accroît indéniablement les charges, en particulier de mécanisation. Enfin, il convient de remarquer que dans la stratégie présentée, en situation de contractualisation de la production, les 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'affaire effectif de l'exploitant étant constitué de la marge « poussin aliment » (indexée cependant sur les résultats techniques). L'évolution réelle des charges variables reste donc difficile à prédire, mais se situe vraisemblablement dans la limite haute (*i.e.* favorable) de la marge d'incertitude, si ce n'est au-delà. L'amélioration de la valeur ajoutée [4] doit donc être modulée en prenant en compte ces particularités de la filière volailles de chair, d'autant qu'elle est assortie d'une marge d'incertitude considérable. Elle tend néanmoins à évoluer selon les mêmes tendances et pour les mêmes motifs que les charges variables. Quant à l'endettement [5], il se trouve fortement accru suite aux investissements réalisés en matière de bâtiments pour optimiser la consommation énergétique. La mise en place du compostage y contribue également mais dans une moindre mesure.

La consommation d'énergie directe [6] et indirecte [7] est améliorée 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 ces performances, en lien avec les opérations de retournement et de transport requises. La consommation de phosphore [9] et d'eau [8] tend également à se réduire, 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 [12], phosphore [14], GES [16], et dans une moindre mesure d'ammoniac [17]. Les effets du recours au compostage vont dans le même sens, émissions d'ammoniac exceptées. L'utilisation, donc les rejets, de médicaments vétérinaires [15] 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 pour la plupart favorables qui précèdent, le

temps de travail [19] tend à s'accroître avec le recours au compostage, ainsi que dans une moindre mesure (et moyennant une marge d'incertitude) du fait des besoins de pilotage des dispositifs énergétiques associés au bâtiment. Seul le choix génétique est susceptible d'influencer 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 [20] évolue peu, du moins en apparence, les effets favorables de la qualité supérieure des poussins et d'une meilleure ambiance en bâtiments étant contrebalancés par le choix d'une génétique plus productive, susceptible d'induire davantage de boiteries ou de maladies métaboliques (ascites, par exemple).

Enfin, en termes de sensibilité aux aléas (données non présentées), les conséquences favorables des choix réalisés en matière de bâtiment sont contrebalancées, du moins pour partie, par celles induites par les choix relatifs à la maximisation de la performance (formulation alimentaire au plus juste, génétique productive).

b) Cas de la production de poulet à croissance lente apte à valoriser des matières premières à moindre concentration énergétique et/ou protéique

Ce système très peu intensif en regard de la production de volailles de chair standard influence fortement les quantités [1] de volailles produites. Si le niveau de cette performance apparaît peu modifié quoiqu'entaché d'incertitude, dans les faits, 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 dont l'impact défavorable se trouve atténué par effet de dilution au sein d'un ensemble d'autres pratiques aux effets globalement neutres. En revanche, dans cette stratégie, la qualité (notamment organoleptique) des produits [2] est incontestablement améliorée, et ce bien au-delà de l'évolution prédite.

Les charges variables [3] apparaissent fortement réduites, encore que cette prévision reste entachée d'une forte incertitude. En pratique, s'agissant de volailles de chair à cycle d'élevage long, la consommation globale d'aliment (qui représente le principal poste de coût de revient) est fortement accrue, rapportée au tonnage annuel de volailles produites. Le coût de cet aliment est cependant minimisé par le recours à des matières premières à faible concentration énergétique et protéique, de même que par la limitation simultanée de la teneur en protéine *via* l'alimentation multiphase. Ces deux pratiques réduisent donc l'écart de coût alimentaire par kg vif produit, mais en partie seulement par rapport à la

production de volailles standard. De ce fait, l'amélioration de la valeur ajoutée [4], assortie elle aussi d'une 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. L'évolution réelle des charges variables et de la valeur ajoutée reste donc difficile à prédire, mais se situe vraisemblablement dans la limite basse (*i.e.* neutre à favorable) de la marge d'incertitude. Quant à l'endettement [5], il est fortement accru du fait de la création d'un atelier de fabrication d'aliment à la ferme. En revanche, à l'inverse du cas général prévalant dans d'autres filières, l'allongement de la durée d'élevage ainsi que de l'espace alloué aux animaux (parcours) ne se traduit par aucun besoin d'investissement significatif, les bâtiments étant au contraire d'une conception simplifiée.

L'impact sur les performances liées à la consommation de ressources fossiles apparaît contrasté. La consommation d'énergie directe [6] est indéniablement accrue par la fabrication d'aliment à la ferme, ce qui n'est pas le cas de l'accroissement de la surface disponible qui, dans le cas présent d'élevage sur parcours, ne génère aucune consommation additionnelle et tend au contraire à la réduire. La consommation d'énergie indirecte [7], en revanche, apparaît sensiblement réduite encore que cette prévision reste entachée d'incertitude. De fait, par la surconsommation d'aliment qu'il génère, s'agissant d'animaux monogastriques, l'impact de l'allongement de la durée d'élevage l'emporte sur les pratiques visant à réduire la teneur de l'aliment en protéines ou à maximiser l'usage de matières premières disponibles sur l'exploitation. Par ailleurs, l'accroissement de la surface disponible est ici sans impact sur les performances zootechniques des animaux donc sur l'amélioration de l'efficacité alimentaire. La pratique de l'épandage sur l'exploitation ou sur des exploitations proches a certes un impact favorable sur la consommation d'énergie indirecte, mais en résumé, il est improbable que le niveau de cette performance se trouve réellement amélioré dans le système considéré ici. S'agissant de la consommation d'eau [8], l'impact défavorable de l'allongement de la durée d'élevage l'emporte largement sur celui de la réduction de la teneur en protéines. La consommation de phosphore [9] en revanche est notablement réduite par l'utilisation directe du fumier de volailles, particulièrement riche en cet élément.

L'utilisation des fumiers et les échanges entre exploitations réduisent les émissions de nitrate [12] et de phosphore [14], en dépit de l'allongement de la durée d'engraissement qui accroît les rejets, ce dernier effet étant en partie limité par la

baisse de la teneur en protéines des aliments. Par la surconsommation d'aliment qu'elle génère, cette même pratique influence défavorablement les émissions de GES [16] et l'emporte sur la simple réduction de la teneur en protéines de l'aliment. En revanche, l'épandage des fumiers à courte distance du lieu de production influence favorablement les émissions. Les émissions d'ammoniac [17] diminuent, du fait notamment d'une moindre présence des animaux en bâtiments. L'utilisation de médicaments vétérinaires [15] tend à se réduire, les animaux étant plus robustes.

L'impact global du système sur l'évolution du temps de travail [19] reste difficile à prédire car le positionnement de cette performance sur l'échelle de variation résulte en fait de l'addition d'impacts le plus souvent contraires selon les pratiques mises en œuvre. La fabrication d'aliments à la ferme accroît la charge de travail, de même que l'utilisation des fumiers et les échanges entre exploitations (l'accroissement des surfaces disponibles étant sans effet dans le cas d'élevage sur parcours). En revanche, la plus grande robustesse des types génétiques utilisés alliée à l'allongement de la durée d'élevage contribue à réduire le travail, du moins sa pénibilité (conduite des animaux moins pointue, moindres problèmes sanitaires...). Le bien-être des animaux [20] est clairement amélioré (animaux robustes, surface disponible...).

Il en va de même de la résistance aux aléas (données non présentées), le système étant globalement plus résilient, y compris *via* la capacité de fabrication d'aliment sur l'exploitation.

4 / Intérêts et limites de la méthodologie à la lumière des études de cas présentées

Ces deux études de cas illustrent assez bien les possibilités et les limites de la méthodologie d'aide à la conception et à l'évaluation de systèmes de production élaborée dans le cadre de l'étude CGSP, de même que son intérêt pédagogique.

Rares sont les pratiques agricoles permettant d'améliorer significativement des performances sans en dégrader d'autres, et ce constat vaut aussi pour celles recensées préférentiellement dans la matrice pratiques × performances comme susceptibles d'améliorer des performances économiques, environnementales et/ou sociales. L'élaboration de systèmes de production aussi multiperformants que possible relève donc de l'art du compromis. La démarche de simulation présentée ici peut faciliter son obtention : la représentation en continu du sens d'évo-

lution des performances de systèmes au fur et à mesure de leur construction progressive (cf. première étude de cas) permet en effet d'orienter - et le cas échéant de réorienter - le choix des pratiques à y incorporer pour tendre vers l'optimum recherché. Ce résultat peut en effet être obtenu en combinant au mieux des pratiques dont les effets partiels se compensent et si possible tendent vers l'amélioration en cas de détérioration de certaines performances. Dans le cas particulier où des systèmes ont été décrits à dire d'expert, la représentation *a posteriori* du sens d'évolution de leurs performances s'avère également utile pour évaluer leur degré de multiperformances (cf. seconde étude de cas).

De surcroît, le recensement et la description des effets d'un nombre fini mais significatif de pratiques élémentaires sur un large panel de performances offre un cadre assez large pour une utilisation dans un contexte varié d'orientations productives, en productions animales notamment.

Pour autant, cette méthodologie présente certaines limites. La principale tient à l'évaluation qualitative (sens d'évolution) et non quantitative (ampleur) de l'impact des pratiques sur les différentes performances de l'exploitation agricole. Or, les performances d'un système sont inférées en additionnant celles des pratiques qui le constituent. Pour une performance donnée, la moyenne obtenue reflète donc la proportion de pratiques induisant une évolution dans tel ou tel sens et non une moyenne pondérée par l'ampleur des évolutions induites par chacune. Ce système de notation se révèle suffisant dans de nombreuses situations, notamment quand les évolutions sont de même sens (et/ou neutres) ou si l'effet des différentes pratiques peut être résumé d'ampleur voisine. Il peut induire en erreur, en revanche, lorsque des effets antagonistes sur les performances se conjuguent à une grande disparité d'effet entre pratiques. Dans ce dernier cas, seule l'expertise de l'utilisateur permettra de rectifier des sens d'évolution qui se trouveraient prédits à tort.

L'impact sur les performances des systèmes d'éventuelles interactions entre pratiques peut également apparaître comme une source de biais non maîtrisée. Toutefois, si elles ne sont pas explicitement prises en compte au travers d'une modulation des effets des pratiques en fonction de leurs différentes combinaisons (soit des interactions de rang ≥ 1 pour plus de 200 pratiques × 35 performances...), la disponibilité d'une matrice de compatibilité identifiant les pratiques qui, globalement, sont considérées comme indépendantes, complémentaires, ou au contraire incompatibles, constitue un premier palliatif. Comme illustré dans

la première étude de cas, la prise en compte des situations associées en cas d'impacts ambivalents d'une même pratique permet également, dans une certaine mesure, d'ajuster les effets d'une pratique donnée en fonction des autres pratiques incorporées dans le système.

Enfin, comme mentionné dans la seconde étude de cas, la liste des pratiques élémentaires recensées dans le cadre de l'étude CGSP peut se révéler insuffisante pour décrire de manière exhaustive les pratiques mises en œuvre dans les exploitations, mais cette liste reste susceptible de s'enrichir au fil du temps.

Les limites qui viennent d'être soulignées découlent en partie du périmètre très large fixé dans le cadre de l'étude CGSP, tant en termes de nombre de pratiques que de performances. Elles en constituent d'une certaine manière la contrepartie, puisqu'il n'aurait pas été matériellement possible de quantifier l'impact - ou les impacts, en situation d'ambivalence - de chaque pratique sur chaque performance (pour autant que ces informations soient toutes disponibles à une telle échelle, ce qui n'est probablement pas le cas).

Elles montrent néanmoins que la méthodologie d'aide à la conception et à l'évaluation de systèmes ne peut en aucun cas être considérée comme un système « presse-bouton ». Elle sollicite au contraire l'attention et l'expertise de l'utilisateur qui se doit de prendre du recul pour juger au mieux des choix de pratiques qu'il lui est proposé d'introduire dans le système en construction, ainsi que de la validité des évolutions de performances qui sont générées. En ce sens, elle constitue plutôt un outil pédagogique d'accompagnement de la réflexion ainsi que de support d'échanges entre les différentes parties prenantes que sont les décideurs, les agriculteurs et leurs conseillers.

Conclusion

Dans un article récent, Bockstaller *et al* (2015) ont passé en revue les différentes étapes d'une démarche d'évaluation de la durabilité en agriculture. Elle part de la nécessité de développer un cadre conceptuel des indicateurs afin de préciser la vision de la durabilité de l'évaluateur. Compte tenu de la multiplicité de méthodes disponibles, elle met en évidence la nécessité de répondre à des questions préliminaires qui vont guider le choix d'un ensemble d'indicateurs et/ou d'une méthode d'évaluation : quels utilisateurs finaux, avec quels objectifs, dans quel périmètre ? Une typologie des indicateurs est également proposée, en distinguant

i) des indicateurs causaux, reflet des moyens mis en œuvre *i.e.* des pratiques, ii) des indicateurs d'effet prédictif, reposant sur des modèles plus ou moins complexes, iii) des indicateurs d'effet observé, basés sur des mesures de terrain. Ces différentes étapes sont passées en revue ci-après en les appliquant à la méthodologie présentée dans cet article. Ses spécificités en matière de cadre méthodologique ont par ailleurs été analysées sur la base du guide méthodologique pour l'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes agricoles à paraître (Lairez et al 2015).

Par rapport aux méthodes d'évaluation multicritères mentionnées en introduction :

- Le cadre conceptuel de la méthodologie présentée ici est identique, les trois piliers de la durabilité étant pris en compte.

- Le public visé est globalement proche, puisque le conseil s'adresse *in fine* aux exploitants agricoles, bien que la méthodologie ait été développée dans le cadre d'un rapport destiné à éclairer les décideurs publics.

- L'objectif prioritaire diffère notablement de la plupart des autres méthodes, puisque c'est la conception de systèmes *de novo* qui a été privilégiée, à l'instar de DEXiPM qui constitue également une exception en ce sens.

- Le périmètre des systèmes simulés et/ou évalués présente l'avantage d'être à la fois large et souple : il correspond *a priori* à celui de l'exploitation agricole, comme dans le cas d'IDEA, d'IndicIADES ou du Diagnostic de durabilité du RAD, par exemple, mais peut être ramené à un système de cultures ou un atelier de productions animales, comme dans le cas de MASC ou d'Idaqua, par exemple ; en outre, la méthodologie est adaptée à une grande diversité d'orientations productives.

C'est toutefois au niveau du cadre méthodologique que les différences sont les plus importantes :

- Contrairement à la plupart des méthodes d'évaluation multicritères qui scindent de manière hiérarchique chacun des trois piliers de la durabilité en 1) objectifs (ou principes) généraux, 2) critères (ou sous-objectifs) plus spécifiques, et 3) indicateurs permettant de quantifier ou qualifier ces critères, la méthodologie présentée dans cet article limite le processus de scission au stade des sous-objectifs, sans aller jusqu'à définir des indicateurs *stricto sensu*. Les 5 classes de performances (se rapportant aux 3 piliers) sont en effet scindées en 15 types de performances regroupant 35 performances élémentaires, lesquelles sont étroitement associées à un sens d'évolution recherché. Elles correspondent donc de fait à des critères (ou sous-objectifs) spécifiques plutôt qu'à des indicateurs permettant de les évaluer.

- Pour autant, des « indicateurs » du degré de fourniture des différentes performances ont été évalués, non sur une échelle absolue mais en termes d'évolution par rapport à une situation de départ observée dans des systèmes préexistants qu'il convient d'améliorer. L'impact global de l'ensemble des pratiques étant estimé à partir de la moyenne de leurs effets individuels, cette évolution s'exprime, pour chacune des performances, sous la forme d'un vecteur dont le sens et la longueur reflètent la proportion de pratiques induisant une évolution dans tel ou tel sens sur une échelle arbitraire de -1 à 1. Ces vecteurs sont visualisés sur cette même échelle sous la forme de radars, assortis d'intervalles de variation entre des bornes de valeurs minimale et maximale le cas échéant. Ainsi, l'évolution des performances est exprimée de manière semi-quantitative, bien que l'interprétation de ces « indicateurs » ne fasse référence ni à des valeurs cibles ni à des valeurs seuils, comme dans les méthodes d'évaluation multicritères mentionnées précédemment.

- Le degré de fourniture des différentes performances n'est évalué que sur la base des pratiques élémentaires à mettre en œuvre. Leurs impacts sont renseignés

dans la matrice pratiques × performances, ce qui revient à faire jouer aux pratiques le rôle d'indicateurs causaux. Il en résulte qu' hormis la connaissance du contexte général de l'exploitation et des objectifs de l'exploitant, aucune collecte de données spécifiques n'est nécessaire, par contraste avec l'ensemble des méthodes d'évaluation multicritères.

- Enfin, l'absence de toute addition/pondération de performances élémentaires sous la forme de composantes agrégées constitue une autre particularité forte.

La méthodologie présentée diffère donc assez significativement des méthodes d'évaluation multicritères, tant par sa finalité première, l'aide à la conception de systèmes, qu'au niveau de son cadre méthodologique. Elle présente certaines limites, qui sont la contrepartie du haut degré de généralité fixé au départ. Elle requiert donc, de la part de ses utilisateurs, une expertise adaptée aux orientations productives qui sont l'objet des simulations. Sa mise en œuvre est aisée, pour autant qu'un outil du type de celui élaboré sous Excel lors de l'étude soit disponible. Sous ces réserves, la démarche de simulation et les résultats qu'elle produit peuvent être pédagogiques, comme différentes expériences l'ont démontré.

Remerciements

Les auteurs remercient les nombreuses personnes qui ont enrichi la réflexion et permis de mener à bien la production de l'ensemble du rapport CGSP, et plus particulièrement, dans le cadre du présent article, les membres du Groupe Filière Avicole de l'INRA et tous les experts en sciences animales consultés lors de l'établissement du répertoire des pratiques élémentaires. Les auteurs remercient également les relecteurs pour leur révision approfondie du projet de texte et leurs nombreuses suggestions.

Références

Allain E., Aubert C., 2009. Réorganiser l'azote dans le bâtiment par un complexe de microorganismes pour réduire fortement les pertes d'ammoniac en bâtiment et au champ et les pertes par lessivage de nitrate au champ, en obtenant sans retournement un compost normé, au bénéfice des animaux, de l'économie et de l'environnement. Journ. Rech. Avicole, 8, 233-237.

Baéza E., Maaamer J., Chartrin P., Gigaud V., Mercierand F., Durand C., Météau K., Le Bihan-Duval E., Berri C., 2011. Augmentation de l'âge à l'abattage d'une souche lourde de poulet et conséquences sur le rendement et la

qualité de la viande. Journ. Rech. Avicole, 9, 714-717.

Béguin E., Bonnet J., Belveze J., Bellet V., 2008. Evaluation des consommations d'énergie dans les exploitations bovines et ovines et identification des marges de progrès. Rapport final N° 18 08 33 019. Collection résultats, Institut de l'Élevage, Paris, France, 60p.

Bockstaller C., Feschet P., Angevin F., 2015. Issues in evaluating sustainability of farming systems with indicators. OCL 2015, 22, D102, 12p.

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

Brunschwig P., Veron J., Perrot C., Favardin P., Delaby L., Seegers H., 2001. Etude technique et économique de systèmes laitiers herbagers en Pays de Loire. Renc. Rech. Rum., 8, 237-244.

Caillaud D., Couéffé D., Georgel R., Moussu J.P., Zsitko J.M., 2013. Les systèmes laitiers

- herbagers de l'Est de la France : une réussite paradoxale. *Fourrages*, 213, 3-9.
- Chardon X., Rigolot C., Baratte C., Espagnol S., Raison C., Martin-Clouaire R., Rellier 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.
- Coudurier B., Georget M., Guyomard H., Huyghe C., Jean-Louis Peyraud (sous la direction de), 2013. Vers des agricultures à hautes performances. Volume 4. Analyse des voies de progrès en agriculture conventionnelle par orientation productive. INRA, 484p.
- Craheix D., Angevin F., Bergez J.E., Bockstaller C., Colomb B., Guichard L., Reau R., Doré T., 2012. MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innov. Agronom.*, 20, 35-48.
- Delaby L., Fiorelli J.L., 2014. Elevages laitiers à bas intrants : entre tradition et innovations. In : Numéro spécial, "Quelles innovations pour quels systèmes d'élevage ?" Ingrand S., Baumont R. (Eds). INRA Prod. Anim., 27, 123-134.
- de Verdal H., Narcy A., Bastianelli D., Chapuis H., Mème N., Urvoix S., Le Bihan-Duval E., Mignon-Grasteau S., 2011a. Improving the efficiency of feed utilization in poultry by selection. 1. Genetic parameters of anatomy of the gastro-intestinal tract and digestive efficiency. *BMC Genet.*, 12, 59.
- de Verdal H., Narcy A., Bastianelli D., Chapuis H., Mème N., Urvoix S., Le Bihan-Duval E., Mignon-Grasteau S., 2011b. Improving the efficiency of feed utilization in poultry by selection. 2. Genetic parameters of excretion traits and correlations with anatomy of the gastro-intestinal tract and digestive efficiency. *BMC Genet.*, 12, 71.
- Dollé J.B., Faverdin P., Agabriel J., Sauviant D., Klumpp K., 2013. Contribution de l'élevage bovin aux émissions de GES et au stockage de carbone selon les systèmes de production. *Fourrages*, 215, 181-191.
- Dupraz P., 2012. Performances économiques et environnementales de l'élevage laitier selon le degré d'intensification des systèmes. *Journ. CEREL, Diaporama*, 25p.
- Féret S., 2004. Un outil mis au point dans l'Ouest de la France : le diagnostic du Réseau agriculture durable. *Travaux et Innovations*, 110, 39-42.
- Fortun-Lamothe L., Litt J., Coutelet G., 2010. Développement d'une méthode d'évaluation de la durabilité des ateliers d'élevage des palmipèdes à foie gras. *Journ. Rech. Palmipèdes à Foie Gras, Bordeaux, France*, 9, 211-214.
- FranceAgriMer, 2011. Production animale et contractualisation : histoire et enjeux. Les synthèses de FranceAgriMer. *Elevage / Viande*, 8, 11p.
- Garambois N., 2014. Les systèmes bovins herbagers économes : l'agro-écologie au service de la création de richesse et de l'emploi. Groupe filière bovine INRA, Diaporama, 16p.
- Garambois N., Devienne S., 2012. Les systèmes herbagers économes : une alternative de développement agricole pour l'élevage bovin laitier dans le Bocage vendéen ? *Econ. Rurale* 330-331, 56-72.
- Gueneuc T., Tocqueville A., Aubin J., Timsit M., Michel G., 2010. Guide méthodologique : Les indicateurs de Durabilité pour l'Aquaculture. Paris, France, CIPA, 95p.
- Guillou M., Matheron G., 2011. 9 milliards d'hommes à nourrir, un défi pour demain. Editions François Bourin, Paris, France, 432p.
- Guyomard H., Huyghe C., Peyraud J.L., Boiffin J., Coudurier B., Jeuland F., Urruty N., 2013a. Vers des agricultures à hautes performances. Volume 2. Conception et évaluation de systèmes innovants en agriculture conventionnelle. INRA, 234p.
- Guyomard H., Huyghe C., Peyraud J.L., Boiffin J., Coudurier B., Jeuland F., Urruty N., 2013b. Vers des agricultures à hautes performances. Volume 3. Évaluation des performances de pratiques innovantes en agriculture conventionnelle. INRA, 376 p.
- IAD, 2015. Site internet de l'Institut de l'Agriculture Durable (page visitée le 18/02/2015) <http://www.agridurable.fr/fr/les-indicateurs-de-durabilite>
- ITAVI, 2008. Les consommations d'énergie dans les bâtiments avicoles : Quelques repères sur les consommations d'énergie et propositions de pistes d'amélioration. 26p.
- ITAVI, 2014a. Bâtiment à énergie positive : Quel intérêt économique pour les élevages de volailles ? 14p.
- ITAVI, 2014b. Guide du bâtiment d'élevage à énergie positive (BEBE+) : Solutions pour réduire sa consommation d'énergie et produire des énergies renouvelables dans la filière volailles de chair. 64p.
- Lairez J., Feschet P., Aubin J., Bockstaller C., Bouvarel I., 2015. Durabilité des systèmes agricoles : guide méthodologique pour l'évaluation multicritère. Educagri et Quae Editions, Paris, France, à paraître.
- Le Gall A., Beguin E., Dollé J.B., Manneville V., Pflimlin A., 2009. Nouveaux compromis techniques pour concilier efficacité économique et environnementale en élevage herbivore. *Fourrages*, 198, 131-151.
- Le Rohellec C., Mouchet C., 2008. Efficacité économique des systèmes laitiers herbagers en agriculture durable (RAD) : une comparaison avec le RICA. *Fourrages* 193, 107-113.
- Le Rohellec C., Falaise D., Mouchet C., Boutin M., Thiebot J., 2009. Analyse de l'efficacité environnementale et énergétique de la mesure agri-environnementale « Système fourrager économe en intrants » (SFEI), à partir de l'analyse de pratiques de quarante-quatre signataires. Campagne culturelle 2006/2007. *Renc. Rech. Rum.*, 16, 109-112.
- Litt J., Coutelet G., Arroyo J., Bignon L., Laborde M., Theau-Clément M., Brachet M., Guy G., Drouilhet L., Dubois J.P., Grossiord B., Hérault F., Fortun-Lamothe L., 2014. Evaluation de la durabilité et innovations pour des ateliers CUNICOLES et PALMIPÈDES gras plus durables : projet CUNIPALM. *Innovations Agronomiques*, 34, 241-258.
- Méda B., Protino J., Bouvarel I., 2014. OVALI : un outil d'évaluation multicritère pour concevoir des systèmes de production avicoles innovants. In : Elevages et territoires - Concepts, méthodes, outils. Ecole-chercheurs INRA, sous la direction de M. Etienne, 228-235.
- 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. Darnhofer I., Gibon D., Dedieu B. (Eds), Springer, 407-432.
- Pelzer E., Fortino G., Bockstaller C., Angevin F., Lamine C., Moonen C., Vasileiadis, V., Guerin, D., Guichard L., Reau, R., Messean, A., 2012. Assessing innovative cropping systems with DEXiPM, a qualitative multi-criteria assessment tool derived from DEXi. *Ecological Indicators*, 18, 171-182.
- Peyraud J.L., Dupraz P., Samson E., Le Gall A., Delaby L., 2010. Produire du lait en maximisant le pâturage pour concilier performances économiques et environnementales. *Renc. Rech. Rum.*, 17, 17-24.
- Peyraud J.L., Delaby L., Dupraz P., 2014. Accroître l'autonomie alimentaire en production laitière en valorisant la prairie : conception de systèmes d'élevage à l'herbe. INRA, colloque SIA, 25 février 2014, 4p.
- Peyraud J.L., Delagarde R., Delaby L., Pavie J., 2014. Les atouts sociétaux et agricoles de la prairie. *Fourrages*, 218, 115-124.
- RAD-CIVAM, 2010. Diagnostic de Durabilité du Réseau Agriculture Durable : Guide de l'utilisateur - version 2010, 10p.
- Réseaux d'élevage, 2013. Résultats 2011 et estimations 2012 pour les exploitations bovines lait. Collection résultats annuels, Institut de l'Élevage, Paris, France, 51p.
- Riffard C., Gallot S., 2011. Caractérisation des exploitations avicoles françaises à partir de l'enquête Aviculture 2008. 207p.
- Soussana J.F., Tallec T., Blanfort V., 2010. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animals*, 4, 334-350.
- van Horne P.L.M., Bondt N., 2013. Competitiveness of the EU poultry meat sector. LEI Report 2013-068, December 2013. LEI Wageningen UR, The Hague, 65 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.
- Zahm F., Viaux P., Vilain L., Girardin P., Mouchet C., 2008. Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method – from the Concept of Agriculture Sustainability to Case Studies on Farms. *Sustain. Dev.*, 16, 271-281.

Résumé

Suite à un appel d'offre du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective du gouvernement français, l'INRA a analysé les possibilités d'évolution des pratiques et des systèmes agricoles français vers des systèmes de production plus durables conciliant performances productives, économiques, environnementales et sociales. Une méthodologie d'aide à la conception et à l'évaluation de systèmes a été développée à cette occasion. Elle s'appuie sur un répertoire de plus de 200 pratiques agricoles élémentaires dont l'impact a été qualifié sur 35 indicateurs de performances, ainsi que sur une table de compatibilité entre pratiques élémentaires. Deux études de cas fondées sur des modalités différentes d'utilisation de cette méthodologie sont présentées : *i*) la conception pas à pas de système de production par incorporation progressive de pratiques élémentaires à partir d'une pratique d'entrée à effet majeur, pour accroître l'autonomie alimentaire en production bovine laitière en valorisant la prairie ; *ii*) l'évaluation à postériori des performances de systèmes en transcrivant sous forme de pratiques élémentaires des leviers d'action et marges de progrès identifiés à dire d'expert pour améliorer la compétitivité de la filière poulet de chair par la mise en place de deux systèmes de production très contrastés mais complémentaires. Les tendances d'évolution des performances des systèmes de production ainsi simulés ou reconstitués sont discutées. Dans les situations d'impact ambivalent d'une pratique sur une performance, le recours au descriptif détaillé des pratiques permet le plus souvent de réduire l'incertitude en prenant en compte les situations associées à chaque type d'impact.

Abstract

Methodology for the conception and evaluation of multiperforming production systems : application to a dairy farm and broiler chicken production

Following the bidding by the General Commission for Future Strategy of the French government, INRA has analyzed the different evolutions possible in French practices and agriculture systems towards a more sustainable production that manages to combine productive, economic, environmental and social performances. A method to help design and evaluating the systems was thus developed. This method is based on over 200 basic agricultural practices whose impact was qualified on 35 performance indicators as well as on a compatibility index between these elementary practices. Two studies based on different uses of this method are presented: *i*) the step by step conception of a production system by progressively incorporating elementary practices from one entry practice with major effect, to increase food autonomy in dairy cattle production by valorizing grasslands; *ii*) evaluating the system performances a posteriori by transcribing the action levers and progress margins identified by an expert panel into elementary practices in order to improve competition of the broiler industry through the development of two very different but complementary production systems. The tendencies of the simulated or rebuilt performance evolution of these production systems are discussed. When situations present an ambivalent impact of a practice on one performance, using the detailed description of these practices often allows reducing the uncertainty by considering the situations associated with each type of impact.

COUDURIER B., PEYRAUD J.-L., BLESBOIS E., JEULAND F., URRUTY N., HUYGHE C, GUYOMARD H., 2015. Méthodologie d'aide à la conception et à l'évaluation de systèmes de production multiperformants : application à l'élevage de bovins laitiers et à la production de poulets de chair. *INRA Prod. Anim.*, 28, 51-76.