



HAL
open science

L'élevage de précision : quelles conséquences pour le travail des éleveurs ?

Nathalie Hostiou, Clément Allain, Sophie Chauvat, Amélie Turlot, Christèle Pineau, Jocelyn Fagon

► To cite this version:

Nathalie Hostiou, Clément Allain, Sophie Chauvat, Amélie Turlot, Christèle Pineau, et al.. L'élevage de précision : quelles conséquences pour le travail des éleveurs ?. INRA Productions Animales, 2014, 27 (2), pp.113-122. hal-01195377

HAL Id: hal-01195377

<https://hal.science/hal-01195377>

Submitted on 27 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'élevage de précision : quelles conséquences pour le travail des éleveurs ?

N. HOSTIOU^{1,2,3,4}, C. ALLAIN⁵, S. CHAUVAT⁶, A. TURLOT⁷, C. PINEAU⁸, J. FAGON⁹

¹ INRA, UMR1273 Métafort, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

² AgroParisTech, UMR1273 Métafort, F-63170 Aubière, France

³ Clermont Université, VetAgro Sup, UMR1273 Métafort, F-63370 Lempdes, France

⁴ Irstea, UMR1273 Métafort, F-63170 Aubière, France

⁵ Institut de l'Élevage, BP 85225, F-35652 Le Rheu, France

⁶ Institut de l'Élevage, SupAgro, F-34060 Montpellier, France

⁷ Centre Wallon de Recherches Agronomiques, B-5030 Gembloux, Belgique

⁸ Chambre d'Agriculture de la Sarthe, F-72100 Le Mans, France

⁹ Institut de l'Élevage, F-31321 Castanet-Tolosan, France

Courriel : nhostiou@clermont.inra.fr

L'émergence de l'élevage de précision s'explique principalement par la recherche constante d'amélioration de l'efficacité et de la productivité des élevages pour répondre au contexte économique et structurel actuel. Mais l'introduction de technologies nouvelles dans un élevage, *via* l'utilisation d'automatismes, de capteurs et de technologies de l'information et de la communication, modifie le travail et le métier d'éleveur.

L'émergence de nouvelles technologies et leur utilisation en élevage, donnant naissance à l'élevage de précision, apparaît comme un des leviers d'action possible pour répondre au besoin de développement d'un élevage durable (Eastwood *et al* 2004). Plusieurs raisons expliquent le développement de l'élevage de précision au cours de ces dernières années. Quel que soit le type de production ou l'espèce concernés, la taille des élevages français et européens augmente chaque année (Gambino *et al* 2012). Cette évolution est en partie motivée par les perspectives d'évolution des politiques agricoles communes (fin des quotas), la volatilité du coût des matières premières et du prix de vente des produits qui rendent les marges de profit plus minces (Bewley 2010). Par conséquent, l'accroissement, même faible, de la productivité ou de l'efficacité des élevages est devenu un enjeu important pour améliorer leur efficacité économique. De plus, les éleveurs doivent faire face aux demandes sociétales et aux contraintes législatives croissantes. Ainsi, la qualité sanitaire et gustative des produits, la limitation des risques d'épizootie, la diminution de l'utilisation des traitements vétérinaires, la prise en compte du bien-être animal ou encore l'impact de la production sur l'environnement sont devenus des sujets majeurs de préoccupation pour les consommateurs, qui peuvent inciter à l'utilisation de technologies de l'information (Berckmans 2004, Wathes 2007).

Parallèlement à ces constats, des sauts technologiques dans la microélectronique, l'informatique, les télécommunications et désormais les nanotechnologies, ont eu lieu. Leur utilisation massive dans d'autres industries a permis de réduire considérablement leur coût. Ainsi, par exemple, le succès mondial des téléphones mobiles ou encore des jeux vidéo a eu un impact important sur la diminution des coûts des technologies de communication sans fil ou des capteurs comme les accéléromètres, les GPS, ou les technologies d'imagerie numérique, etc. Cela favorise de fait leur utilisation pour d'autres applications comme l'élevage de précision (Berckmans 2011).

Concomitamment à l'accroissement de la taille des élevages, les charges de travail administratives, techniques, organisationnelles ou logistiques ont significativement augmenté, rendant difficile le suivi individuel de ses animaux par l'éleveur (Berckmans 2004). Ces changements s'accompagnent d'évolutions modifiant les rapports des éleveurs à leur travail avec des attentes d'un travail maîtrisé et distinct de la vie familiale. La volonté de préserver du temps libre prend le pas sur le « labeur paysan », où vie privée et travail sont confondus (Barthez 1986). L'élevage de précision permettrait de réduire la charge de travail des éleveurs en les déchargeant de certaines tâches physiques (distribution d'aliment, traite, surveillance...) ou mentales (identifi-

cation et suivi des animaux malades, gestion de certaines informations et prise de décision...). Cependant, si l'allègement de la charge de travail est mis en avant comme un des facteurs favorisant l'adoption de technologies de précision dans les élevages, ses conséquences sur le travail restent encore peu connues. L'objectif de cette synthèse, à partir de la littérature scientifique et professionnelle, est de rendre compte des effets de l'élevage de précision sur l'organisation du travail de l'éleveur (durées, tâches), sur la pénibilité physique et mentale, sur les relations à l'animal ainsi que des évolutions accompagnant le métier.

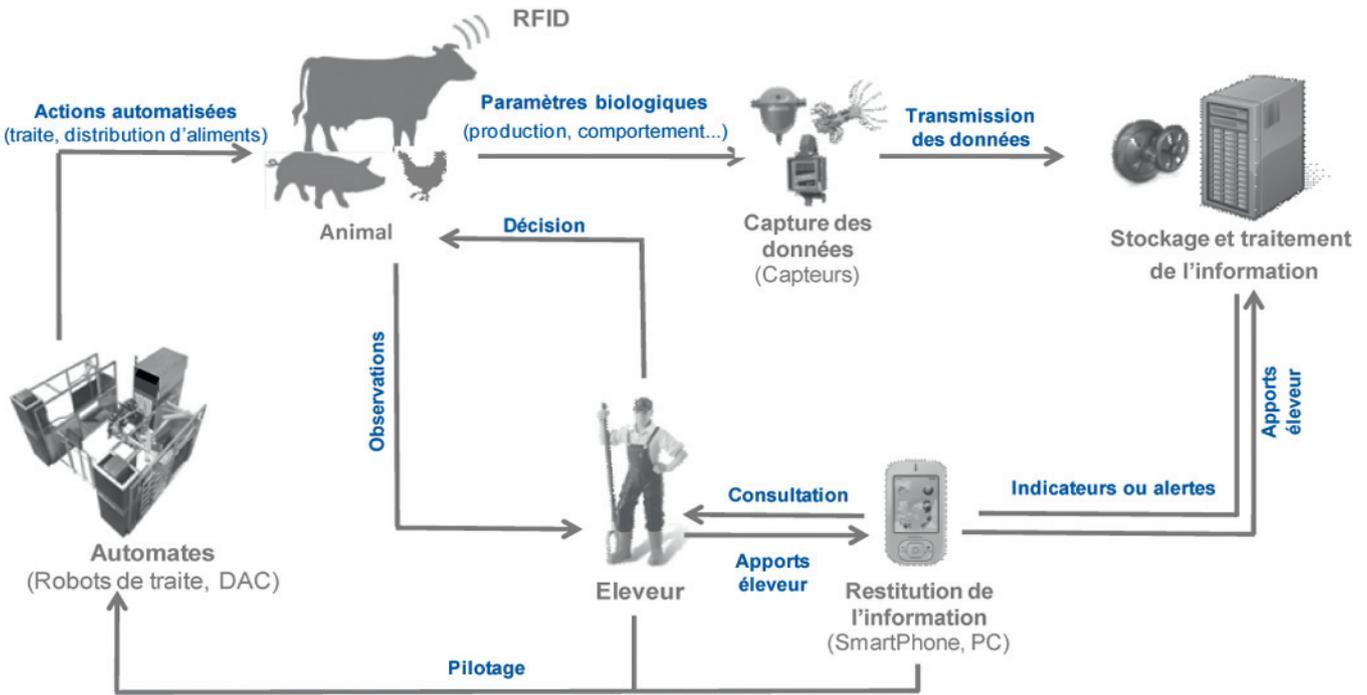
1 / Définition et principes généraux de l'élevage de précision

1.1 / Concept et objectifs de l'élevage de précision

Différentes définitions de l'élevage de précision sont proposées dans la littérature. Bewley (2010) définit l'élevage laitier de précision comme l'utilisation de technologies permettant de mesurer des indicateurs physiologiques, comportementaux ou de production sur les animaux pour améliorer les stratégies de gestion du troupeau et les performances de l'élevage. Ces performances peuvent être économiques, sociales ou environnementales

Figure 1. Représentation schématique du concept de l'élevage de précision (Allain et al 2012).

Le couplage de capteurs mesurant des paramètres biologiques avec des technologies de l'information et des automates permet d'assister l'éleveur dans ses prises de décision et d'alléger la réalisation des tâches d'élevage.



(Eastwood *et al* 2004). Selon Berckmans (2012), il s'agit du pilotage de l'élevage grâce à la surveillance et aux enregistrements de mesures automatisées et en temps réel de la production, de la reproduction, de la santé et du bien-être des animaux. Une définition relativement consensuelle aux différentes filières animales peut être proposée. L'élevage de précision, c'est l'utilisation coordonnée de capteurs pour mesurer des paramètres comportementaux, physiologiques ou de production sur les animaux ou les caractéristiques du milieu d'élevage (température, hygrométrie, ventilation...), de Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) pour échanger, stocker, transformer et restituer ces informations à l'éleveur afin de l'aider dans sa prise de décision en complément de ses observations.

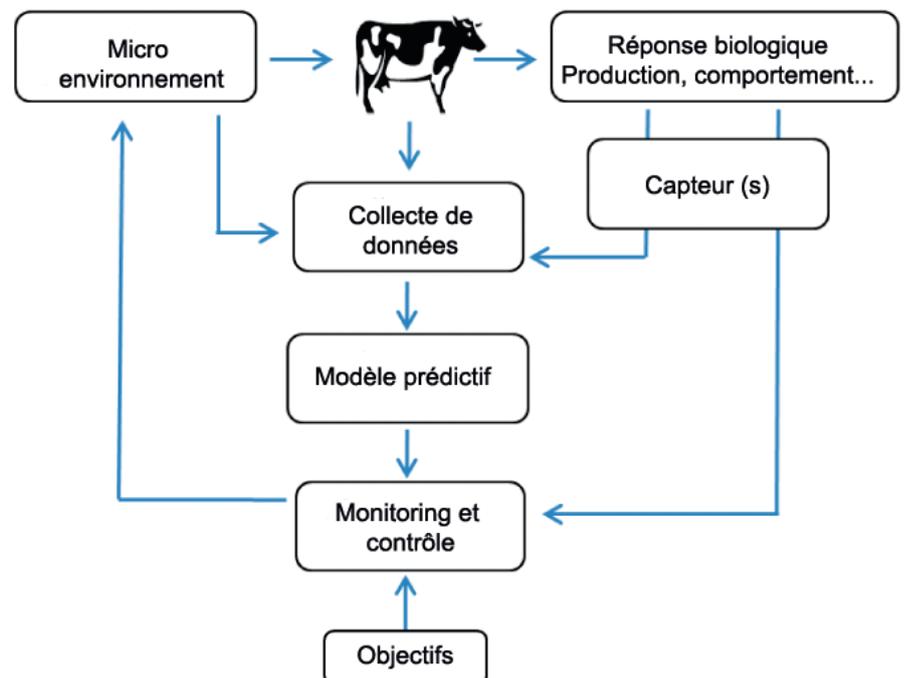
L'utilisation d'automatismes permettant de décharger l'éleveur de certaines tâches astreignantes (traite, alimentation, régulation de l'ambiance des bâtiments) peut également être associée à l'élevage de précision, s'ils sont couplés à l'utilisation de capteurs et de technologies de transfert d'informations. En effet, ces automatismes peuvent en général être déclenchés, régulés ou pilotés grâce aux capteurs qu'ils contiennent. La figure 1 schématise cette définition de l'élevage de précision.

1.2 / Principes généraux

Selon Aerts *et al* (2003), Berckmans (2004) et Whates (2007), plusieurs conditions doivent être réunies pour permettre

un monitoring et un pilotage continu de l'élevage. D'abord, des variables animales doivent être mesurées et analysées en continu à une échelle de temps appropriée à l'aide de capteurs. Ces variables peuvent être par exemple le poids vif, la quantité d'aliments ingérée, le comportement alimentaire (ingestion, mastication, rumination, fréquence des bouchées), social (chevauchements, bagarres...), ou encore des paramètres physiologiques (température et pH corporels, composition

ou caractéristiques physico-chimiques du lait...). Dans un second temps, un modèle prédictif qui se veut le plus fiable possible de la réponse de l'animal aux conditions environnementales (alimentation, climat, conduite d'élevage...) doit être développé. C'est la comparaison entre ce qui est attendu (calculé par ce modèle mathématique) et ce qui est mesuré par les capteurs qui va permettre de détecter les animaux présentant un problème et nécessitant une attention particulière de

Figure 2. Principes généraux de l'élevage de précision (d'après Aerts et al 2003).

la part de l'éleveur. Enfin, le modèle prédictif ainsi que les mesures effectuées sont intégrés dans un algorithme de façon à automatiser le monitoring et le pilotage de l'élevage, voire le contrôle en temps réel de l'environnement, matérialisé par des alertes transmises aux éleveurs (par Smartphone, ordinateur). Une vision schématique de ces éléments est représentée en figure 2. Récemment, Rutten *et al* (2013) ont également décrit schématiquement ces mêmes principes en y ajoutant une étape d'intégration de l'information prenant en compte d'autres données (économiques, stratégiques, historiques), ainsi qu'une étape de prise de décision par l'éleveur. La précision attendue en « élevage de précision » porte donc sur la qualité et de la fiabilité du suivi (ou monitoring) de chaque individu du troupeau ou de chaque lots d'animaux (porcs, volailles), au niveau de ses réponses physiologiques et comportementales aux conditions d'élevage dans le temps (Meuret *et al* 2013).

1.3 / Exemples d'élevage de précision

L'élevage de précision se développe dans les différentes filières animales. Ont d'abord été concernés les élevages de porcs et de volailles (Meuret *et al* 2013). Mais depuis quelques années, les technologies se sont développées plus particulièrement en élevage laitier avec une offre croissante et des centaines d'élevages équipés chaque année. De nombreux producteurs laitiers utilisent déjà depuis plusieurs années des capteurs à lait électroniques permettant de mesurer la production laitière avec précision, des podomètres visant à détecter l'augmentation du nombre de pas concomitante aux chaleurs ou encore l'analyse de la conductivité du lait pour la détection des mammites. Toutefois, l'offre disponible s'est fortement étoffée ces cinq dernières années pour la détection plus ciblée des chaleurs, des vêlages ou encore des troubles infectieux ou métaboliques. Ainsi, des capteurs permettant de mesurer plus finement des paramètres comportementaux (position debout/ couchée, activité physique dans plusieurs dimensions de l'espace, mouvements de la queue, temps de rumination) ont été développés. Différents dispositifs d'analyse du lait en ligne permettant désormais de connaître la composition du lait (matière grasse, matière protéique, lactose), sa qualité (leucocytes, sang), la présence d'enzymes (lactate déshydrogénase), d'hormones (progestérone) ou de corps cétoniques (bêta hydroxy butyrate), font désormais partie intégrante des nouveaux modèles de robots de traite. Plus récemment, des capteurs utilisés *in vivo* mesurant la température corporelle (vaginale ou ruminale) ainsi que le pH ruminal ont été proposés pour la détection

précoce des vêlages, des troubles de santé infectieux ou métaboliques.

Parallèlement, de nombreux systèmes ont été testés dans le cadre de projets de recherche, mais ne sont pas encore utilisés par les éleveurs laitiers. Ainsi l'analyse de la vocalisation comme indicateur du bien-être animal (Ikeda et Ishii 2008), la mesure du temps d'ingestion d'herbe au pâturage (Ueda *et al* 2011), l'analyse vidéo de la posture ou de la démarche pour détecter les boiteries (Song *et al* 2008), la notation d'état corporel à partir d'images numériques (Bewley *et al* 2008) sont quelques exemples de technologies encore à l'étude, mais qui pourraient déboucher sur des outils utilisables au quotidien par les éleveurs laitiers dans les années à venir. Des dispositifs de surveillance sont également développés pour les systèmes d'élevage plus extensifs, par exemple en production ovine (Bocquier *et al* 2014, ce numéro).

La production porcine n'est pas en reste. De nombreuses publications présentent l'utilisation d'enregistrement de la vocalisation et de l'activité physique en rapport avec le bien-être et la santé, le comportement lors de la mise bas, la croissance et la composition corporelle (Berckmans 2004, Whates 2007). Certains de ces développements initialement issus de la recherche sont maintenant disponibles sur le marché ; c'est par exemple le cas du « *Pig Cough Monitor* » destiné à détecter les infections respiratoires à partir des enregistrements des sons liés à la toux (Vandermeulen *et al* 2013) ou encore le système « *SowCam* » pour la surveillance automatique de la mise bas des truies. De récentes applications basées sur l'utilisation de stimuli sonores associés à la distribution d'aliments ont montré leur efficacité pour réduire l'agressivité des porcs en croissance (Ismaliyova *et al* 2013) et des truies gestantes élevées en groupe (Manteuffel *et al* 2013). En pratique, l'application des nouvelles normes de bien-être, induisant des modifications conséquentes des bâtiments d'élevage, ont favorisé l'élevage de précision pour la conduite des lots de truies. Un exemple concret est l'utilisation de distributeur automatique de concentrés pour l'alimentation individualisée des truies en fonction de leur état corporel.

En aviculture, plusieurs études synthétisées par Berckmans (2004), ont été menées sur la valorisation de l'imagerie numérique ou du son pour détecter des troubles de santé, mesurer le comportement alimentaire, contrôler la répartition des animaux dans le bâtiment ou évaluer leur bien-être. Plus récemment, Nakarmi *et al* (2013) ont testé l'utilisation de l'imagerie numérique en trois dimensions pour

caractériser les comportements de ponte des poules pondeuses. Afin d'envisager le ramassage robotisé des œufs pondus au sol, Vroegindeweij *et al* (2013) ont développé un modèle permettant de prévoir leur localisation spatiale la plus probable dans le bâtiment. En production de volailles de chair, l'évolution du marché s'est fortement orientée sur la découpe de l'animal, avec *in fine*, la volonté de produire, par exemple, des cuisses ou des filets dans une fourchette restreinte de poids. Comme l'indiquent Guérot et Ruault (2013), le métier d'éleveur se trouve profondément modifié : en plus d'élever un animal sur une période définie, celui-ci doit être dans une gamme de poids très précise. L'utilisation d'outils de précision prend alors tout son sens, comme l'utilisation de pesons automatiques. Alors que la gestion de l'alimentation des poulets de chair se fait habituellement par lots en raison du grand nombre d'individus, Aydin *et al* (2013) ont récemment montré que l'utilisation de technologies à bas coût comme les microphones et les puces RFID (« *Radio Frequency Identification* ») permettaient de mesurer de façon fiable la consommation individuelle des animaux.

2 / Conséquences sur différentes dimensions du travail

2.1 / Gains de temps

Outre les raisons technico-économiques (améliorer les performances de reproduction, détecter précocement les troubles de santé...) motivant l'adoption des technologies de précision, la question du temps de travail est aussi évoquée par les éleveurs (Jago *et al* 2013). En effet, pour les différentes filières animales, l'élevage de précision est présenté comme un levier qui permettrait d'économiser le temps de travail des éleveurs, en particulier sur certaines tâches jugées astreignantes ou pénibles physiquement (Smith et Lehr 2011). Cette recherche du gain de temps se justifie par plusieurs facteurs : la réduction de la main-d'œuvre familiale sur les exploitations, les attentes exprimées par les éleveurs pour se libérer du temps ou encore la recherche d'une productivité accrue du travail (Smith et Lehr 2011).

Des études permettent de quantifier le gain de temps obtenu par certaines technologies de précision, en particulier pour les postes les plus consommateurs en travail mais pouvant être automatisés : la traite et l'alimentation (Chauvat *et al* 2003). Les études sur le robot de traite, technologie regroupant le plus d'automatismes et d'analyses, actuellement en plein essor, mettent en avant un

Encadré 1. Gain de temps permis par une combinaison de divers automates.

84 éleveurs laitiers spécialisés dont 7 Fortement Automatisés (FA) ont été suivis dans le cadre d'une étude menée en Wallonie (Turlot 2013). Ces éleveurs ont des exploitations disposant d'au moins un robot de traite combiné à d'autres automates (DAC, DAL, racleur...). Leur travail d'astreinte est plus faible que celui des éleveurs sans automates et leur efficacité meilleure (3h54 pour 1 000 litres produits vs 7h36). Ces éleveurs FA gèrent des exploitations de taille plus importante avec un nombre de travailleurs comparable. Les exploitants réalisent la quasi-totalité du travail d'astreinte (96%) alors que les autres bénéficient de l'aide de bénévoles pour plus de 10% de ce travail quotidien.

Caractéristiques des exploitations wallonnes suivies.

	Exploitations FA	Autres exploitations
Nombre	7	77
SAU (ha)	89	55
UTH	1,6	1,5
Nb de personnes dans la Cellule de Base*	1,6	1,6
Nombre de vaches laitières	95	68
Quota (1 000 litres)	772	488
Travail d'astreinte (h/an)	2 349	3 256
Travail d'astreinte (h/1 000 litres)	3h54	7h36

*Cellule de base = ensemble des travailleurs permanents qui organisent et réalisent le travail sur l'exploitation et qui sont directement intéressés au revenu.

gain moyen de 20% du travail d'astreinte journalier total, soit en moyenne 2 minutes par jour et par vache, ce qui correspondrait à un gain de 2 heures par jour pour un cheptel de 60 vaches (Billon et Pomiès 2006, Jegou *et al* 2007). Le gain de temps, obtenu grâce à l'automatisation de l'alimentation des animaux adultes, est la première raison citée par les éleveurs pour acquérir ces équipements. Ce gain peut aller jusqu'à 3 heures par jour pour un cheptel de 60 vaches laitières (Pellerin 2000, Nydegger et Grothmann 2009). L'automatisation de l'alimentation pour les jeunes animaux se développe également en élevage laitier. Cet équipement enregistre la fréquence des passages des veaux permettant d'ajuster la consommation à l'âge, la taille et l'état de santé (Rodenburg 2007). Environ 38 minutes par jour seraient économisées pour 40 à 50 veaux (Rodenburg 2007). Le couplage de plusieurs automatismes dans les exploitations peut conduire à des réductions conséquentes du volume de travail. Une étude wallonne rapporte que la présence d'un robot de traite combiné à d'autres automates (Distributeur Automatique de Concentrés (DAC), Distributeur Automatique de Lait (DAL), racleur...) permet aux exploitants d'avoir un temps de travail d'astreinte plus faible comparativement à celui des éleveurs sans automate ni robot de traite (3h54 pour 1 000 litres produits vs 7h36) (Turlot 2013) (encadré 1).

La collecte automatisée de données par les capteurs, leur stockage et leur traitement centralisé ainsi que leur restitu-

tion sous forme d'alertes ou de rapports synthétiques peuvent aussi permettre aux éleveurs de gagner un temps considérable dans le traitement de l'information et la prise de décision (Banhazi *et al* 2012). Ces dispositifs d'élevage de précision fournissent aux éleveurs les informations pertinentes dont ils ont besoin pour la gestion quotidienne du troupeau en leur permettant de se focaliser uniquement sur les animaux nécessitant une attention particulière. Ce pilotage du troupeau par l'exception (Bewley 2010) peut entraîner un gain de temps réel dans les grands troupeaux où l'observation quotidienne est délicate. Les capteurs se révèlent d'une grande aide pour alléger les tâches demandant du temps et du savoir-faire (détection des chaleurs, des mammites, des boiteries, des troubles métaboliques...), lorsque la taille du troupeau augmente ou lorsqu'il est difficile de trouver un salarié expérimenté. Ainsi par exemple, alors qu'un vacher expérimenté est capable de détecter en moyenne 50 à 55% des chaleurs chez ses vaches (Chanvallon *et al* 2012), un détecteur automatisé atteint des performances de 59 à 99% (Rutten *et al* 2013). Pour un troupeau de 400 vaches laitières en vêlages groupés, le gain de temps pour la détection des chaleurs peut aller jusqu'à 2 heures par jour (Jago 2011).

En élevage porcin, l'utilisation de sondes enregistrant la vitesse d'ingestion par les truies permettrait d'ajuster les distributions d'aliments grâce aux alarmes permettant à l'éleveur de repérer celles n'ayant pas consommé. La sur-

veillance des auge n'est donc plus nécessaire car l'éleveur se concentre directement sur les animaux concernés. La suppression de la gestion des refus ainsi que la distribution manuelle seraient également sources de gain de temps.

2.2 / Réinvestissement du temps libéré

Le gain de temps permis par ces technologies est réinvesti de différentes manières selon les éleveurs. Certains voient l'opportunité d'améliorer la productivité du travail que le troupeau s'agrandisse ou non « *Australian Sheep Industry Cooperative Research Centre 2007, Rodenburg 2007* ». D'autres éleveurs concentrent davantage leurs efforts sur les alertes et la gestion des vaches nécessitant une attention particulière. Cependant, certains d'entre eux citent qu'avec l'utilisation de capteurs et le suivi informatique de leurs animaux, ils peuvent passer plus de temps à observer leur troupeau à des moments plus opportuns. Par exemple, un éleveur note « *Avec la traite en moins, je travaille aux logettes, au paillage et surtout au milieu du troupeau. J'observe le troupeau de l'intérieur. Le suivi informatique simplifie la conduite. C'est une aide qui permet d'anticiper les chaleurs, la surveillance des vêlages, les problèmes de mammites...* » (Huchon 2013). Pour d'autres, le temps gagné a servi à se diversifier, à développer une activité annexe (gîtes à la ferme) voire à consacrer plus de temps à leur famille (Turlot 2011).

2.3 / Pénibilité physique et mentale

Les technologies de précision conduisent aussi à réduire la pénibilité physique du travail en déchargeant l'éleveur de tâches contraignantes (Jago *et al* 2013). C'est le cas du robot de traite qui modifie la nature du travail car le travail physique lié à la traite est remplacé par des tâches de surveillance des animaux et de gestion des informations fournies par l'ordinateur (de Koning 2010). En élevage ovin, les cages de pesée automatique des agneaux couplées à l'identification électronique et à une liaison wifi pour la transmission des informations vers l'ordinateur de stockage limitent les manipulations des animaux et améliorent le confort de travail. En effet, le nombre d'opérations sur le troupeau est diminué grâce aux alertes qui ciblent les interventions. Les dérangements pendant la nuit sont ainsi moins fréquents.

Les capteurs sont également un moyen d'alléger le stress des éleveurs en déléguant la responsabilité de la détection de l'évènement (apparition des chaleurs, déclenchement d'un vêlage, vitesse de mise bas, suspicion de mammites...). Les signes cliniques des troubles patholo-

giques observables par l'éleveur sont souvent précédés de signes physiologiques peu ou non visibles par l'œil humain (changement de température, fréquence cardiaque, changement de concentration d'une hormone...), mais détectables par ces technologies. L'éleveur est alors capable d'intervenir plus tôt, voire d'anticiper l'expression clinique des troubles de santé et ainsi éviter des complications liées à une prise en charge trop tardive qui lui demanderait un travail et un coût supplémentaires (tri de l'animal, traitement, traite/alimentation séparée). Ces nouvelles technologies, si elles représentent une aide au diagnostic, ne pourront complètement remplacer le savoir-faire et l'expérience de l'éleveur pour identifier les animaux nécessitant une intervention (Bewley 2010).

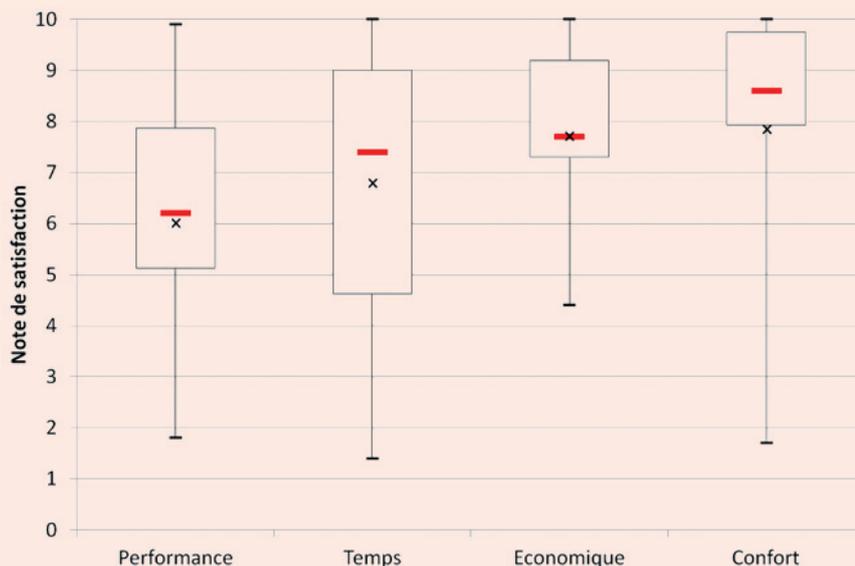
Cependant, la charge mentale peut aussi s'alourdir lorsque les problèmes s'accumulent. C'est le cas des éleveurs pionniers qui testent de nouveaux systèmes et qui en subissent les conséquences. La question de la robustesse à la fois des équipements et des règles de décisions est alors particulièrement importante. Se pose d'ailleurs la question de la responsabilité financière des dérives ou de problèmes qui seraient liés soit à de mauvaises mesures (dysfonctionnement d'un capteur) soit à de mauvaises règles de décision (mauvais modèle de prédiction de la réponse animale). Un point crucial est l'analyse des alertes/informations reçues sur l'ordinateur ou sur le téléphone portable, pouvant devenir trop complexe car non adaptée aux besoins et aux compétences des éleveurs (Wathes 2007). La

gestion des alarmes est pointée comme une source de stress, et rend donc nécessaire d'établir des priorités pour décider à quel moment intervenir (encadré 2). Dans le cas du robot de traite, des erreurs peuvent apparaître à tout moment du jour ou de la nuit, impliquant la présence d'une personne à proximité pour répondre aux alertes (De Koning 2010). Ainsi le fait de recevoir en permanence des informations peut renforcer le sentiment des éleveurs d'être corvéables à merci. Le stress peut aussi être renforcé par les risques accrus de pannes dans des systèmes fortement automatisés (pilote électronique de l'ambiance des bâtiments en volaille, de systèmes d'alimentation en élevages porcins...). De plus, la présence d'outils technologiques dans une ferme rend le remplacement de l'éleveur plus complexe. Un agriculteur wallon explique qu'il a dû trouver dans son entourage un « binôme technologique » qui sait gérer son robot de traite (au quotidien mais également en cas de problème) ce qui lui permet de s'absenter l'esprit tranquille (Turlot 2011).

Encadré 2. Retours d'expérience d'éleveurs sur la détection automatisée des chaleurs (Pupin 2013).

Pour évaluer le retour d'expérience d'éleveurs utilisateurs d'outils d'élevage de précision, une série d'entretiens semi-directifs a été menée chez 21 éleveurs laitiers équipés de détecteurs automatisés des chaleurs (podomètres, activité-mètres). Ils ont été choisis selon des critères de taille de troupeau (petite, moyenne, grande), de production par vache (moyenne ou forte) et d'étalement des vêlages (groupé ou étalé). Ils ont notamment été interrogés sur leur satisfaction *a posteriori* vis-à-vis de l'équipement utilisé. Leur degré de satisfaction sur les gains en confort et temps de travail, les performances de détection des chaleurs et les gains économiques ont été évalués sur une échelle de notation de 0 (pas du tout satisfait) à 10 (très satisfait). Le premier motif de satisfaction concerne le gain en confort de travail apporté par ces technologies. C'est le domaine pour lequel les notes sont les plus élevées (figure ci-dessous). Un éleveur explique qu'il est « plus rassuré, surtout quand les vaches sont au pâturage et que je ne peux pas les observer ». Un autre confirme que « cela permet de détecter les vaches que je ne vois pas en chaleurs et donc ça me rassure dans ma prise de décision quand je ne suis pas sûr de moi ». En revanche, un éleveur mentionne le fait que cette nouvelle technologie peut aussi générer du stress supplémentaire : « il faut que j'aillie sur mon PC et que j'interprète la courbe lorsqu'il y a une alerte. Et les courbes ne sont pas faciles à lire ». Les gains de temps permis par les détecteurs automatisés des chaleurs arrivent en troisième position, mais avec des notes de satisfaction relativement étagées. Ainsi un éleveur explique que « quand on veut passer du temps pour détecter les chaleurs, c'est 1 heure tous les jours. Nous on est à beaucoup moins ». Un autre précise que « ça nous fait gagner du temps, et comme ça, le soir, on part, on ne regarde même pas les bêtes ». En revanche, ces dispositifs peuvent également générer de nouvelles charges de travail. Par exemple, « ça prend du temps d'enlever les colliers et de les remettre » ou « de vérifier tous les jours si les colliers n'ont pas été perdus ou si la puce fonctionne ».

Notes de satisfaction après équipement de détecteurs automatisés des chaleurs pour différents critères de gain (n = 21).



2.4 / Réorganisation du travail et nouvelles compétences

L'introduction de l'élevage de précision crée de nouvelles activités de surveillance et de gestion des automates ou encore d'analyse des données issues des logiciels (repérage des alertes...). Par exemple, le robot de traite induit de nouvelles tâches pour son contrôle deux à trois fois par jour associées à des observations visuelles des vaches (Lind *et al* 2000, De Koning *et al* 2002 cité par De Koning 2010). A l'inverse, certaines tâches sont supprimées ou réalisées à d'autres moments de la journée. Par exemple, la surveillance des vaches ou des porcs est effectuée à partir d'une tablette numérique, et non plus depuis le bâtiment d'élevage. Le contrôle à distance des bâtiments et équipements d'élevage est particulièrement développé en élevage avicole et porcine (vidéosurveillance, contrôle des DAC, paramètres d'ambiance dans les bâtiments...). Plus que le gain de temps économisé, c'est l'amélioration de la souplesse du travail qui est mise en avant par les éleveurs (encadré 2). En effet, l'utilisation de certaines technologies leur permet de se libérer du temps le week-end ou la journée et de diminuer les interventions de nuit, souvent considérées comme pénibles, grâce à leur ciblage (détecteurs de vêlage par exemple). Ces attentes exprimées par les éleveurs renvoient aux nouveaux rapports entre travail et vie privée qui ont modifié fortement leurs conceptions du métier (Dufour et Dedieu 2010). Cependant, la modification des horaires de travail peut créer de nouvelles tensions. C'est le cas d'un éleveur laitier wallon qui explique qu'il est plus

difficile de commencer à travailler tôt lorsqu'il n'y a plus l'astreinte de la traite (Turlot, communication personnelle). Ces changements dans les tâches à réaliser avec le troupeau induisent de nouvelles compétences à acquérir par les éleveurs pour la mise en œuvre de ces technologies (gestion et suivi des bases de données, détection et utilisation des alertes...) (Eastwood *et al* 2012, Dolechek et Bewley 2013).

2.5 / Apprentissage et métier d'éleveur

Peu de références existent dans ce domaine mais la question des apprentissages est identifiée par plusieurs auteurs. La mise en œuvre de l'élevage de précision nécessite une période d'apprentissage pour l'éleveur, dont les conséquences ne sont pas toujours bien évaluées tant en termes de travail que de performances du troupeau (Eastwood 2008). Deux domaines de formation sont requis, celui du maniement de l'automate et celui du traitement de l'information pour les décisions de pilotage de l'animal. Actuellement, les mieux à même à dispenser du conseil sont les fournisseurs, mais leur intervention se limite à la connaissance de l'outil plutôt qu'à l'usage que peut en faire l'éleveur dans la gestion de son exploitation. L'absence de réseaux d'apprentissage, doublée du manque de relations avec les autres intervenants de l'élevage à ce sujet (vétérinaires, conseillers agricoles...), ne favorise pas la réflexion de l'éleveur quant à l'intégration de la nouvelle technologie dans la globalité de son système et à l'optimisation de la gestion des données couplée à un réglage adéquat des paramètres (Jago *et al* 2013). Le réseau de formation et d'échanges reste donc à construire pour une meilleure appropriation de ces techniques de précision. Certaines expériences se mettent en place, par exemple autour du robot de traite il existe des groupes d'échanges entre éleveurs, souvent animés par les contrôles laitiers, des conseillers spécialisés qui cherchent à prendre en compte les différentes facettes de l'acquisition d'un robot pour accompagner les projets.

Les principales raisons d'adoption ou de refus de ces innovations technologiques sont, d'après une enquête auprès de 229 éleveurs laitiers du Kentucky (Bewley et Russel 2010), une faible familiarité des exploitants avec ces techniques (55%), un rapport coût/bénéfice défavorable (42%), un nombre trop important de données fournies sans que les éleveurs sachent en faire bon usage (36%), mais aussi un manque d'intérêt économique et une trop grande complexité d'utilisation. L'adoption de l'élevage de précision interroge donc les compétences de

l'analyse de données pour une prise de décision efficace) et les projette dans un monde de travail plus « administratif ». Un processus de dépendance voire d'addiction à ces données peut également se mettre en place avant toute prise de décisions. Les compétences à acquérir pour intervenir dans ces systèmes très technologiques se posent aussi pour les salariés et les structures employeuses de main-d'œuvre (Cuma, groupement d'employeurs) ou encore les vétérinaires. Les personnes bénévoles ou les voisins éleveurs qui assurent des chantiers d'entraide ou des remplacements demanderont aussi à être formés. Les éleveurs eux-mêmes seront probablement mis à contribution pour transférer leur connaissance. Il leur faudra donc investir du temps dans la formation et la transmission de ce nouveau savoir. Des investissements collectifs et utilisés de façon partagée (achat de matériel de détection de chaleurs en Cuma) permettront de renforcer les liens entre éleveurs au sein des territoires, ainsi que les réseaux entre éleveurs pour favoriser les apprentissages.

2.6 / Relations homme-animal

L'usage de technologies de précision interroge sur le statut des animaux et la relation entre les éleveurs et les animaux (Lagneaux, à paraître) car de probables répercussions sur celle-ci, fondatrice du métier d'éleveur, sont attendues. L'automatisation de différentes tâches dans l'élevage, limitant les contacts entre l'homme et l'animal, diminuerait d'autant les possibilités pour l'éleveur d'observer le comportement, la santé et le bien-être des animaux. Les nouvelles technologies réduisent plus particulièrement les relations homme-animal les plus régulières, voire les plus positives, fondées sur la satisfaction des besoins des animaux comme la traite ou l'alimentation. On pourrait alors craindre que cette relation ne se réduise aux interventions les plus stressantes comme les vaccinations, la castration, le parage, etc. pour lesquelles l'intervention de l'éleveur au contact de l'animal est encore nécessaire. Les solutions reposent alors sur le développement d'interactions homme-animal positives et fréquentes pour diminuer la peur de l'animal vis-à-vis de l'homme, certains recommandant même des formations à destination des éleveurs, pour promouvoir un comportement et des attitudes apaisantes (Cornou 2009). L'intervention de l'homme auprès des animaux est vectrice d'interactions sensorielles (visuelles, olfactives, tactiles, auditives) de nature positive, neutre ou négative et influence donc le bien-être et le niveau de performance des animaux (Praks et Veermæ 2011). Cependant, certains éleveurs remplacent les contacts « contraints », à heures fixes par des contacts choisis et des moments d'observation

qui perturberaient moins les animaux. Dans certains cas d'automatisation (robot de traite), les animaux peuvent aussi collaborer au travail en ayant des conduites autonomes, et en coopérant avec ces automates et avec l'éleveur (éviter les conflits...). Ainsi le robot de traite n'est donc pas nécessairement un outil de l'aliénation des animaux et des éleveurs (Porcher et Schmitt 2010). Les éleveurs accepteront-ils de transférer ce rôle à des automates même si ces derniers produisent des mesures plus objectives et contrôlent de nouveaux indicateurs de bien-être animal comme les variations de la fréquence cardiaque ou le taux de cortisol ?

L'élevage de précision pourrait améliorer la vision du métier de jeunes en quête d'installation et de modernité, attirés par les technologies de pointe, synonymes d'un renforcement de l'autonomie décisionnelle par le raisonnement des données fournies par les capteurs. Mais, à l'inverse, la représentation d'un élevage sans cesse plus industriel peut rebuter certains futurs installés qui choisissent l'agriculture par amour des bêtes (Soriano 2002), le travail au grand air et la proximité de la nature. Une voie « médiane » est peut-être à inventer pour bénéficier des deux.

3 / Discussion

3.1 / Des impacts sur les différentes dimensions du travail à mieux objectiver

Si l'élevage de précision est présenté dans de nombreuses études comme un levier pour réduire les temps de travaux journaliers des éleveurs, les gains de temps permis sont encore peu objectifs, d'autant plus qu'ils ne sont effectifs que si l'éleveur n'en passe pas autant voire plus à mettre en œuvre ces technologies. Il existe encore peu d'études et de retours d'expériences d'éleveurs sur ces nouvelles technologies, comme sur les modifications qu'elles induisent dans les visions des éleveurs de leurs métiers et de leurs relations avec leurs animaux. Ce sont pourtant des champs essentiels à explorer. En effet, nombre de ces technologies sont encore très récentes (par exemple pour la détection des vèlages ou des chaleurs, commercialisées depuis les années 2000) ou peu utilisées. Il est d'autant plus difficile d'estimer le gain de temps sur des tâches qui ne font pas toujours l'objet de références en élevage ou qui ne sont pas toujours clairement quantifiées (surveillance lors des mises bas ou détection des chaleurs par exemple). En effet, certaines de ces tâches peuvent être réalisées conjointement à d'autres activités avec les animaux

(par exemple surveillance des chaleurs lors de la traite ou de l'alimentation). En outre, le temps consacré aux nouvelles technologies sera sans doute différent entre le moment de la mise en route et les années suivant leur installation du fait de l'apprentissage nécessaire pour maîtriser ces technologies par les éleveurs (Eastwood *et al* 2012). Par exemple, De Koning (2010) cite que le temps gagné grâce à l'utilisation d'un robot de traite par rapport à une salle de traite conventionnelle varie selon les élevages de 20 à 30% du temps consacré à la traite, la variabilité étant plus importante lors de la première année. En outre, le manque de temps, notamment celui qui doit être investi pour leur prise en main, est mis en avant par les éleveurs pour ne pas adopter les technologies de précision (Fountas *et al* 2004 cité par Lawson *et al* 2011). Ce facteur est cité dans le cas de grandes exploitations mais aussi par les petits exploitants (Reichardt et Jurgens 2009).

La mise en œuvre d'une nouvelle pratique est souvent liée à une ou plusieurs attentes en terme de travail (Moreau *et al* 2004, Cournut et Hostiou 2010). La mise en place d'une technologie dans les élevages modifie le contenu et la nature des tâches réalisées, et aurait donc des conséquences sur différentes dimensions

du travail qu'elles soient organisationnelles (qui fait quoi et quand), sociologique (rapport au travail, au métier et aux animaux), etc. Or, si peu de références sont disponibles pour qualifier les temps des travaux, elles sont encore moins nombreuses pour objectiver les autres dimensions de la composante travail (pénibilité physique, pénibilité mentale, confort de travail, perception et représentation du métier, relation homme-animal) (tableau 1).

3.2 / Rapport coût/bénéfice de l'introduction de l'élevage de précision

La question du rapport coût/bénéfice est l'une des premières raisons expliquant l'adoption ou non des nouvelles technologies par les éleveurs (Bewley et Russell 2010). Mais le calcul de ce ratio n'est pas simple, car au-delà des éléments techniques et économiques à considérer, les notions de gain en temps et confort de travail (sécurisation de la prise de décision, amélioration de flexibilité et allègement de la charge mentale) sont rarement prises en compte dans les études. En effet, il est extrêmement difficile de quantifier la valeur économique du bien-être procuré à l'éleveur par l'utilisation de nouvelles technologies (Otte et Chilonda 2000). Il est par exemple très

difficile de quantifier la satisfaction d'avoir des animaux en bonne santé, de travailler dans de bonnes conditions de sécurité ou d'améliorer l'impact environnemental de son élevage (Huirne *et al* 2003). Ainsi, bien que des modèles permettant d'analyser l'intérêt économique d'investir ou non dans une technologie d'élevage de précision aient été développés (Bewley 2010 par exemple), Dolechek et Bewley (2013) précisent que certaines technologies peuvent se révéler non rentables économiquement, tout en présentant un intérêt majeur pour l'amélioration de la qualité de vie de l'éleveur. Par exemple, plusieurs scénarios développés par Jago (2011) montrent que l'achat d'un détecteur automatisé des chaleurs peut être économiquement négatif si les performances de détection de cet outil sont inférieures à celles de l'éleveur, tout en libérant deux heures de travail par jour. C'est donc la balance entre performances économiques et amélioration de la qualité de vie qui devra être évaluée pour décider de la pertinence de l'investissement. D'autres éléments sont également à considérer car le choix des technologies adoptées peut être fonction de la main-d'œuvre présente sur l'exploitation du fait de ses attentes, des capacités financières et du cycle de vie de l'exploitation (par exemple reprise ou non à court terme de l'exploitation).

Tableau 1. Impacts de l'élevage de précision sur différentes dimensions du travail en élevage.

	Impacts positifs	Impacts négatifs
Temps de travail	Diminution du temps de travail par l'automatisation des tâches, l'aide à la prise de décision et la détection précoce des problèmes sanitaires, le ciblage des interventions.	Augmentation du temps de travail pour gérer le matériel, traiter les données dans des troupeaux de grande taille, en cas de panne ou de mauvais paramétrage du logiciel source d'erreurs, d'autant plus en période d'apprentissage.
Productivité du travail	Augmentation de la taille du troupeau sans augmentation de la taille du collectif de travail.	Diminution de la productivité du travail en cas de dysfonctionnement.
Astreinte	Réorganisation possible du travail en limitant les tâches d'astreinte auprès du troupeau (traite, distribution de l'alimentation...).	Astreinte des alarmes jour et nuit, connexion permanente avec l'exploitation.
Pénibilité	L'automate remplace l'homme pour certains travaux physiques et répétitifs. Diminution de la charge mentale (délégation à la technologie de la détection des dysfonctionnements du matériel, des problèmes sanitaires ou des moments opportuns d'intervention auprès des animaux).	Augmentation de la charge mentale car : - la technologie est parfois complexe - le risque de panne augmente - les alarmes peuvent se déclencher à tout moment. La taille du troupeau à gérer est quelques fois plus importante.
Compétences	Permet, pour certaines tâches, de remplacer l'humain lorsqu'il est difficile de trouver un salarié qualifié.	Nouvelles tâches, compétences à acquérir (analyse des données, surveillance des automates...). Le remplacement devient plus difficile.

3.3 / Interactions entre technologies de précision, main-d'œuvre et simplification de la conduite du troupeau

Trois types de leviers sont mobilisés par les éleveurs pour agir sur la dimension travail : *i*) réorganisation/recomposition de la main-d'œuvre, *ii*) simplification de la conduite technique du troupeau ou des surfaces, *iii*) amélioration des équipements et bâtiments d'élevage (Dedieu et Servièrre 2001) dont l'élevage de précision. L'investissement dans celui-ci peut être associé à des simplifications de la conduite du troupeau (par exemple identification électronique des ovins laitiers et distribution automatisée individuelle de concentré). La mise en place de ces technologies en élevage peut conduire à réviser certaines pratiques du fait de contraintes (exemple de la cohabitation jugée difficile par les éleveurs entre le robot de traite et le pâturage des vaches laitières) ou de nouvelles opportunités (exemple d'allotements plus efficaces avec des portes de tri en ovin viande). Dans des structures qui s'agrandissent, les leviers « main-d'œuvre » et « équipement » sont plus régulièrement mobilisés, comme par exemple dans les filières porcines et avicoles (Roguet *et al* 2011). Mais ces deux leviers peuvent interagir car l'investissement dans des nouvelles technologies est considéré comme un substitut à l'embauche. Dans certains cas, les technologies sont aussi des arguments intéressants pour recruter ou fidéliser des salariés (fierté de travailler dans des élevages technologiques nécessitant de nouvelles compétences et devant localement une vitrine de l'innovation). Cependant cet argument ne vaut que parce que tous les élevages ne sont pas uniformes. Dans les grands élevages

porcins, ceux-ci étant déjà très « technologiques », les critères de choix des employés se feront, par exemple, plus sur la qualité du management du personnel.

Dans un contexte de moins en moins régulé (marché économique, arbitrage politique, climat...), la flexibilité des systèmes d'élevage est une clé importante pour piloter et sécuriser son exploitation (Dedieu et Ingrand 2010). Les trois types de leviers mobilisés pour agir sur le travail n'ont pas la même incidence en termes de souplesse d'utilisation et de réversibilité. Les investissements engagés par l'élevage de précision peuvent être conséquents (variables selon le type d'équipement concerné), se raisonnent sur plusieurs années (amortissement, révision et frais d'entretien) et parfois par seuil de dimension, laissant peu de place aux évolutions progressives (robot d'alimentation calibré pour une taille de troupeau optimale). Au vu des engagements financiers concernés, il peut être plus difficile de revenir en arrière pour les éleveurs. Cependant, les investissements réalisés pour s'équiper avec ces nouvelles technologies peuvent être plus modérés dans certains domaines (dispositifs de surveillance des chaleurs par exemple) L'élevage de précision pourrait alors aussi permettre de modifier plus facilement certaines pratiques (par exemple d'alimentation ou de conduite des bâtiments) pour s'adapter à des fluctuations accrues de contexte climatique ou économique.

Conclusion

Cet article illustre les nombreuses incidences de la mise en œuvre des technologies de précision dans les élevages.

Mais il démontre également le manque d'informations objectives pour en qualifier les incidences sur l'ensemble des composantes du travail. Du fait des enjeux économiques associés, le développement et la commercialisation de ces technologies sont largement assurés par les firmes privées. Elles assurent alors la construction et la diffusion des argumentaires tant économiques que techniques et organisationnels. De réelles analyses objectives sont attendues de la part des éleveurs et du développement agricole. Toutes les filières animales ne sont pas au même stade de déploiement de ces technologies dans leurs élevages. Elles ne sont pas non plus concernées par les mêmes champs d'application (traite par exemple). De nouvelles applications se développent très régulièrement du fait d'un transfert important d'autres secteurs industriels vers l'agriculture. L'offre est donc conséquente et l'innovation permanente. A ce jour, le développement des technologies, pour la plupart issues de l'industrie, est davantage dicté par les impératifs de rentabilité des entreprises qui les conçoivent que par les besoins réels des éleveurs. L'association des éleveurs au développement de ces nouvelles technologies aiderait les entreprises conceptrices à mieux prendre en compte les besoins des utilisateurs, car à ce jour les éleveurs restent encore très peu sollicités. De réelles synergies sont à trouver entre filières, surtout sur un thème transversal comme le travail, pour apporter collectivement des réponses à ces attentes.

Références

- Aerts J.M., Wathes C.M., Berckmans D., 2003. Dynamic data-based modelling of heat production and growth of broiler chickens: development of an integrated management system. *Biosyst Eng.*, 84, 257-266.
- Allain C., Duroy S., Alix E., Dassé B., Delaunay M., Langlais J., 2012. Utilisation des capteurs et des TIC en élevage laitier : Une nouvelle dimension pour la conduite du troupeau. Conférence SPACE 2012. <http://idele.fr/recherche/publication/idelesolr/recommends/utilisation-des-capteurs-et-des-tic-en-elevage-laitier-une-nouvelle-dimension-pour-la-conduite-du.html>
- Australian Sheep Industry Cooperative Research Centre, 2007. Precision Pays. Producer profiles on how precision sheep management is achieving accuracy, confidence and on-farm profitability, 31p. http://www.sheepirc.org.au/files/pages/information/publications/publications-precision-sheep-management/Precision_Pays.pdf
- Aydin A., Bahr C., Berckmans D., 2013. An innovative monitoring system to measure the feed intake of broiler chickens using pecking sounds. 6th Eur. Conf. Livest. Farming, Leuven, Belgique, 926-936.
- Banhazi T.M., Lehr H., Black J.L., Crabtree H., Schofield P., Tschärke M., Berckmans D., 2012. Precision livestock farming: an international review of scientific and commercial aspects. *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, 5, 9p.
- Barthez A., 1986. Du labeur paysan au métier d'agriculteur : l'élaboration statistique en agriculture. *Cah. Econ. Soc. Rurales*, 3, 45-72.
- Berckmans D., 2004. Automatic monitoring of animal by precision livestock farming. In : *Animal production in Europe: The way forward in a changing world*. Madec F., Clement G. (Eds). International society for animal hygiene, Saint-Malo, France, 27-30.
- Berckmans D., 2011. What can we expect from precision livestock farming and why? In : *Acceptable and practical precision livestock farming*. I.G. Smith (Ed). Halifax, U.K., 7-10.
- Berckmans D., 2012. Precision livestock farming: promises and successes. EU Animal Health Advisory Committee. http://ec.europa.eu/food/animal/diseases/strategy/docs/presentation_15062012_point_1_berckmans_en.pdf
- Bewley J., 2010. Precision dairy farming: advanced analysis solutions for future profitability. In: *Proc. First North Am. Conf. Precis. Dairy Manag.*, Toronto, Canada, 16p. http://www.precisiondairy2010.com/proceedings/sl_bewley.pdf
- Bewley J.M., Russell R.A., 2010. Reasons for Slow Adoption Rates of Precision Dairy Farming Technologies: Evidence from a Producer Survey. In: *Proc. First North Am. Conf. Precis. Dairy Manag.*, Toronto, Canada, 30-31. Available at http://www.precisiondairy2010.com/proceedings/sl_bewley2.pdf
- Bewley J., Peacock A.M., Lewis O., Boyce R.E., Roberts R.E., Coffey M.P., Kenyon S.J., Schutz M.M., 2008. Potential for estimation of

- body condition scores in dairy cattle from digital images. *J. Dairy Sci.*, 91, 3439-3453.
- Billon P., Pomiès D., 2006. Le point sur la robotisation de la traite 15 ans après l'apparition des premiers systèmes dans les fermes, *Renc. Rech. Rum.*, 13, 143-150.
- Chanvallon A., Gatien J., Lamy J.M., Girardot J., Davière J. B., Ribaud D., Salvetti P., 2012. Evaluation de la détection automatisée des chaleurs par différents appareils chez la vache laitière, *Renc. Rech. Rum.*, 19, 397-400.
- Chauvat S., Seegers J., N'Guyen The B., Clément B., 2003. Le travail d'astreinte en élevage bovin laitier. Institut de l'Élevage, Paris, France, 50p.
- Cornou C., 2009. Automation systems for farm animals: Potential impacts on the human-animal relationship and on animal welfare. *Anthrzoös.* 22, 213-220.
- Cournut S., Hostiou N., 2010 Adaptations des systèmes bovins laitiers pour réduire la contrainte travail. Une étude en Ségala. *Cah. Agricult.*, 19, 348-353.
- Dedieu B., Servière G., 2001. Organisation du travail et fonctionnement des systèmes d'élevage. *Renc. Rech. Rum.*, 8, 245-250.
- Dedieu B., Ingrand S., 2010. Incertitude et adaptation : cadres théoriques et application à l'analyse de la dynamique des systèmes d'élevage. In : "Robustesse, rusticité, flexibilité, plasticité, résilience,... les nouveaux critères de qualité des animaux et des systèmes d'élevage". Sauviant D., Perez J.M. (Eds). Dossier, INRA Prod. Anim., 23, 81-90.
- De Koning C.J.A.M., 2010. Automatic milking—common practice on dairy farms. In : Proc. First North American Conf. Precis. Dairy Management and The Second North American Conf. Robotic Milking, Toronto, Canada, 52-67.
- De Koning C.J.A.M., van de Vorst Y., Meijering A., 2002. Automatic milking experience and development in Europe. In: Proceedings of the first North American Conf. Robotic Milking, Toronto, Canada, 2-3.
- Dolecek K., Bewley J., 2013. Pre-Investment Considerations for Precision Dairy Farming Technologies. Agriculture and Natural Resources, Family and Consumer Sciences, 4-H Youth Development, Community and Economic Development Cooperative. 3p. <http://www2.ca.uky.edu/agc/pubs/ASC/ASC208/ASC208.pdf>
- Dufour A., Dedieu B., 2010. Rapports au temps de travail et modes d'organisation en élevage laitier. *Cah. Agric.* 19, 377-382.
- Eastwood C.R., 2008. Innovative precision dairy systems: a case study of farmer learning and technology codevelopment. PhD thesis, The University of Melbourne, Australia.
- Eastwood C., Chapman D., Paine M. 2004. Precision dairy farming-taking the microscope to dairy farm management.
- Eastwood, C.R., Chapman, D.F., Paine, M.S., 2012. Networks of practice for co-construction of agricultural decision support systems: Case studies of precision dairy farms in Australia. *Agricult. Sys.*, 108, 10-18.
- Fountas S.E.D., Sorensen C.G., Hawkins S., Pedersen H.H., Blackmore S., Lowenberg-Deboer, J., 2004. Farmer experience with precision agriculture in Denmark and US Eastern Corn Belt. *Precision Agricult.*, 5, 1-21.
- Gambino M., Laisney C., Vert J., 2012. Le monde en tendances. Un portrait social prospectif des agriculteurs. Centre d'études et de prospective, SSP, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et du Territoire, 2012. http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Le_monde_agricole_en_tendances.pdf
- Guérot J.Y., Ruault J.Y., 2013. Répondre à la demande des consommateurs, quelles incidences pour nos élevages ? Conférence les rendez-vous de l'élevage 2013 – chambre d'agriculture de la Mayenne -19 Février 2013.
- Huchon J.C., 2013. Vaches laitières avec Robot de traite et pâturage : une nouvelle conduite d'élevage, Chambre Agriculture de la Sarthe, 2p.
- Huirne R.B.M., Meuwissen M.P.M., Van Asseldonk M.P.A.M., Tomassen F.H.M., Mourits M.C.M., 2003. Financing losses of infectious livestock diseases in Europe: an economic risk analysis. In: Geers R., Vandenheede J. (Eds). Proc. 10th Ann. Meet. Flemish Soc. Vet. Epidemiol. Econ. and 15th Ann. Meet. Dutch Soc. Vet. Epidemiol. Econ. Risk-assessment and its Applications in Animal Health and Food Safety, Ghent. Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, 65-74.
- Ikeda Y., Ishii Y., 2008. Recognition of two psychological conditions of a single cow by her voice. *Comput. Electron. Agricult.*, 62, 67-72.
- Ismaliyova G., Sonoda L., Fels M., Rizzi R., Oczak M., Viazzi S., Vranken E., Hartung J., Berckmans D., Guarino M., 2013. Acoustic reward learning as a method of reducing the incidence of aggressive and abnormal behaviours among newly mixed piglets. 6th Eur.Conf. Precis. Livest.Farming, Leuven, Belgium, 253-261.
- Jago J., 2011. Automation of estrus detection. Dairy NZ technical series, December 2011. 2-7. <http://www.dairynz.co.nz/file/fileid/40630>
- Jago J., Eastwood C., Kerrish K., Yule I., 2013. Precision dairy farming in Australasia: adoption, risks and opportunities. *Anim. Prod. Sci.*, 53, 907-916.
- Jegou V., Grasset M., Seite Y., Huneau T., Billon P., Mottard, 2007. La traite robotisée dans l'Ouest de la France : Etat des lieux des performances technicoéconomiques, des pratiques et du travail. *Renc. Rech. Rum.*, 14, 424.
- Lagneaux S. La ferme 2.0 ou la libération contrainte d'une communauté mixte. working paper. A paraître.
- Laurent B., 2013. La sonde module automatiquement la ration des truies. *Paysan Breton*, p30.
- Lawson L.G., Pedersen S.M., Sorensen C.G., Pesonen L., Fountas S., Werner A., Oudshoorn F.W., Herold L., Chatzinikos T., Kirketerp I.M., Blackmore S., 2011. A four nation survey of farm information management and advanced farming systems: A descriptive analysis of survey responses. *Comput. Electron. Agricult.*, 7-20.
- Lind O., Ipema A.H., De Koning C.J.A.M., Mottram T.T., Hermann H.J., 2000. Automatic milking, *Bulletin of the IDF* 348/2000, 3-14.
- Manteuffel C., Kirchner J., Schrader L., Schön P.C., Manteuffel G., 2013. Call feeding gestating sows in larger groups. 6th Eur. Conf. Precis. Livest. Farming, Leuven, Belgique, 243-252.
- Meuret M., Tichit M., Hostiou N., 2013. Élevage et pâturage « de précision » : l'animal sous surveillance électronique. *Courrier de l'Environnement*, 63, 13-24.
- Moreau J.C., Seegers J., Kling-Eveillard F., 2004. Répondre à la préoccupation travail des éleveurs : compte-rendu du programme national 2003 financé par l'Onilait. 1^{ère} partie : 1^{er} recueil d'expériences sur les solutions possibles en exploitation. Institut de l'Élevage, Paris, 37p.
- Nakarmi A.D., Tang L., Xin H., 2013. Automatic quantification of laying-hen behaviors using a 3D vision sensor and radio frequency identification technology. 6th Eur. Conf. Precis. Livest. Farming, Leuven, Belgique, 903-915.
- Nydegger F., Grothmann A., 2009 Affouragement automatique des bovins. Résultat d'une enquête sur l'état actuel de la technique. Rapport ART, n°270, 8p.
- Otte M.J., Chilonda P., 2000. Animal Health Economics: An Introduction. *Livest. Inf. Sector Analysis and Policy Branch, Anim. Prod. Health Division (AGA), FAO, Rome, Italy*, 7, 30.
- Pellerin D., 2000. Distributeur automatique ou ration totale mélangée un choix difficile ? Le producteur de lait québécois, <http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/Documents/bov31.pdf>
- Porcher J., Schmitt T., 2010. Les vaches colloborent-elles au travail ? Une question de sociologie. *Revue du Mauss*, 35, 235-261.
- Pupin M., 2013. Etat des lieux de l'offre et de la valorisation des outils d'élevage de précision dans la filière bovine française. Mémoire de fin d'étude pour le diplôme d'ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agro-alimentaires, Horticoles et du Paysage (Agro-campus Ovest), 21p.
- Praks J., Veermäe I., 2011. Monitoring animal health, environment, behavior and Welfare. In: Multidisciplinary approach to acceptable and Practical Precis. Livest. Farming for SMEs in Europe and Worldwide". I.G. Smith (Ed). 43-83.
- Reichardt M., Jurgens E.C., 2009. Adoption and future perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among different agricultural target groups. *Precision Agric.*, 10, 73-94.
- Rodenburg J., 2007. Precision Dairy Management and the Future of Dairy Production. Factsheet, Ministry of Agriculture, Foods and Rural Affairs, Ontario, Canada, 2p. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/dairy/facts/07-065.pdf>
- Roguet C., Massabie P., Ramonet Y., Grannec M.L., Rieu M., 2011. Quels modèles d'élevage d'avenir pour la production porcine française ? *Innovations Agronomiques*, 17, 109-124.
- Rutten C.J., Velthuis A.G.J., Steenveld W., Hogeveen H., 2013. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 96, 1928-1952.
- Smith I.G., Lehr H., 2011. The Bright Animal Book : multidisciplinary approach to acceptable and practical precision livestock farming for SMEs in Europe and Worldwide. « Bright Animal » EU Framework 7 Project, Alifax, U.K., 208p.
- Song X., Leroy T., Vranken E., Maertens W., Sonck B., Berckmans D., 2008. Automatic detection of lameness in dairy cattle-Vision-based trackway analysis in cow's locomotion. *Comp. Electron. Agricult.*, 64, 39-44.
- Soriano, 2002. Etre bien avec les animaux, ça s'apprend ? *Ethnozootechnie*, 68, 85-91.
- Turlot A., 2011. Les éleveurs et leur travail en production laitière - cas de la ferme de V. Sepult.

25^{ème} Journée d'étude de Remouchamps, Belgique, 18 janvier 2011.

Turlot A., Froidmont E., Bauraind C., Burny P., Bouqiaux J.M., Ledur A., Stilmant D., Wyzen B., Wavreille J., 2013. La dimension "travail", un élément clé pour le maintien de nos systèmes laitiers. In : Nouvelles approches pour une optimisation de nos élevages laitiers. Centre wallon de Recherches Agronomiques (Eds). 18^{ème} Carrefour des Productions Animales, Gembloux, Belgique, 32-40.

Ueda Y., Akiyama F., Asakuma S., Watanabe N., 2011. Technical note: The use of a physical activity monitor to estimate the eating time of cows in pasture. *J. Dairy Sci.*, 94, 3498-3503.

Vandermulen J., Decré W., Berckmans D., Exadaktylos V., Bahr C., Berckmans D., 2013. The Pig Cough Monitor: from research topic to commercial product. 6th Eur. Conf. Precis. Livest. Farming, Leuven, Belgique, 717-723.

Vroegindeweij B.A., van Henten E.J., van Willigenburg L.G., Groot Koerkamp P.W.G.,

2013. Modelling of spatial variation of floor eggs in an aviary house for laying hens. 6th Eur. Conf. Precis. Livest. Farming, Leuven, Belgique, 916-925.

Wathes C., 2007. Precision livestock farming for animal health, welfare and production. In : Animal Health, animal welfare and biosecurity. Aland A. (Eds). XIIIth Int. Cong. Anim. Hygiene, Tartu, Estonia, 397-404.

Résumé

L'automatisation et l'« électronique » des élevages explosent depuis quelques années dans de nombreux pays, donnant naissance à ce que l'on appelle l'élevage de précision. Ce déploiement important de capteurs et d'automates provenant de l'industrie désormais utilisables en élevage, répond aux contraintes économiques, structurelles et sociales actuelles des exploitations agricoles. L'élevage de précision se développe dans les différentes filières animales pour faciliter la surveillance de troupeaux dans un contexte d'accroissement de la taille des élevages et de diminution de la disponibilité en main-d'œuvre. La réduction de la pénibilité de certaines tâches répétitives semble être, aussi, un facteur d'adoption de ces nouvelles technologies. Cette synthèse se concentre sur l'impact de l'élevage de précision sur le métier d'éleveur et l'organisation de son travail, sujets encore peu abordés. Des gains de temps sont en effet observés du fait de l'introduction des automates et capteurs dans les élevages car ils remplacent les tâches physiques récurrentes (traitement, alimentation) tout en simplifiant la surveillance des animaux (chaleurs, problèmes sanitaires, surveillance des mises bas...). Outre les gains de temps qui restent encore à objectiver, d'autres dimensions du travail sont affectées par l'élevage de précision (souplesse dans l'organisation, nouveaux horaires). Les informations fournies peuvent aussi alléger la charge mentale en indiquant les interventions nécessaires, par exemple, pour le moment d'insémination optimal, à l'occasion des mises bas ou en détectant précocement les troubles de santé pour anticiper l'action curative. Cependant, le recours à ces nouvelles technologies crée également de nouvelles tâches telles que l'entretien et la surveillance du matériel, l'apprentissage de son utilisation, la consultation et l'interprétation des données fournies par ces outils. Ainsi, la charge mentale peut parfois être accrue du fait de la complexité des informations à gérer, de la multiplicité des alarmes ou des alertes ou encore des risques de pannes plus fréquents. Les relations entre l'éleveur et ses animaux sont également modifiées. Les conséquences sur le travail, si elles comportent des aspects positifs susceptibles d'exercer un attrait pour le métier notamment de jeunes en quête de modernité, peuvent se révéler sources d'échecs si elles ne sont pas adaptées aux besoins et aux compétences des éleveurs. Il est donc essentiel de prendre en compte le travail, selon ses différentes dimensions, pour favoriser l'appropriation de ces nouvelles technologies par les éleveurs.

Abstract

Precision livestock farming: which consequences for farmers' work?

Automation and electronization in livestock farms have become more and more important in recent years in many countries, giving rise to what is called Precision Livestock Farming (PLF). The large deployment of sensors and advanced technologies, originated from the industry, meets the current economic, structural and social constraints of farms. PLF is developing in different animal sectors to facilitate the monitoring of herds due to the increase of herd size and the decrease of workforce availability. Reducing the hardness of repetitive tasks seems to be also a factor of adoption of these new technologies. This review focuses on the impact of PLF on farmers' profession and organization of their work. Time savings are observed due to the introduction of robots and sensors in farms because they replace recurrent physical tasks (milking, feeding) while simplifying the monitoring of animals. Other dimensions of work are impacted by PLF such as work flexibility and new schedules. The information provided may reduce the mental workload informing the interventions required (optimal moment for insemination, detection of health problems to anticipate the curative action). However, PLF also creates new tasks such as maintenance and monitoring equipment, interpretation of data provided by these tools. Thus, the mental workload can sometimes be increased due to the complexity of the information to manage the multiple alarms or alerts. The relationship between the farmer and his animals are also modified. The impact of PLF on farmers' work leads positive aspects and can be attractive for young people. But work consequences can also be sources of failure if they are not adapted to the needs and skills of farmers. It is therefore essential to take into account farmers' work, and its different dimensions, to promote the adoption of these new technologies.

HOSTIOU N., ALLAIN C., CHAUVAT S., TURLLOT A., PINEAU C., FAGON J., 2014. Elevage de précision : quelles conséquences pour le travail des éleveurs ? In : Numéro spécial, Quelles innovations pour quels systèmes d'élevage ? Ingrand S., Baumont R. (Eds). INRA Prod. Anim., 27, 113-122.

Elevages laitiers à bas intrants : entre traditions et innovations

L. DELABY^{1,2}, J.-L. FIORELLI³

¹ INRA, UMR1348 PEGASE, F-35590 Saint Gilles, France

² Agrocampus Ouest, UMR1348 PEGASE, F-35000 Rennes, France

³ INRA, UR0055 ASTER, F-88500 Mirecourt, France

Courriel : Luc.Delaby@rennes.inra.fr

Les incertitudes économiques associées à la mondialisation des échanges laitiers et à l'arrêt des quotas, ainsi que les questions récurrentes autour de la durabilité des systèmes interrogent l'élevage laitier. Dans ce contexte, les systèmes de production à bas intrants qui s'appuient sur des pratiques traditionnelles pour innover dans l'organisation et les techniques d'élevage proposent des démarches intéressantes à analyser.

Au lendemain de la 2^{ème} guerre mondiale, la France et son agriculture sont à reconstruire. Le plan Marshall, puis le traité de Rome (1957) et la mise en place de la Politique Agricole Commune (PAC) vont contribuer avec succès à l'accroissement de la productivité du secteur agricole et à l'approvisionnement des consommateurs européens en produits alimentaires à des prix raisonnables (Servolin 1989, Bureau 2007). La politique des débouchés et prix garantis *via* l'intervention sur les marchés et la protection des principaux produits agricoles (céréales, lait, viande, sucre) vis-à-vis des importations ont stimulé la production agricole grâce à trois leviers essentiels que sont l'agrandissement des structures, l'intensification et la spécialisation des exploitations agricoles (Chatellier et Gagné 2012). En conséquence, le nombre d'exploitations et d'exploitants agricoles a fortement diminué et les consommations intermédiaires, appelés intrants, se sont accrues très rapidement. A titre d'exemple, la consommation d'engrais chimiques azotés est passée en France d'environ 0,60 millions de tonnes d'éléments fertilisants N en 1960 à 2,49 en 1990 et encore 2,14 millions de tonnes en 2012 (Unifa 2013 – figure 1).

Durant ces 50 années, l'élevage bovin laitier n'a pas échappé à cette révolution. L'amélioration génétique associée à une diffusion rapide de la race Holstein d'une part, le développement important de l'ensilage de maïs et plus généralement l'amélioration des conditions d'élevage (alimentation, santé animale, équipements et bâtiments) d'autre part, ont permis des gains de productivité considérables en Europe. Les excédents laitiers

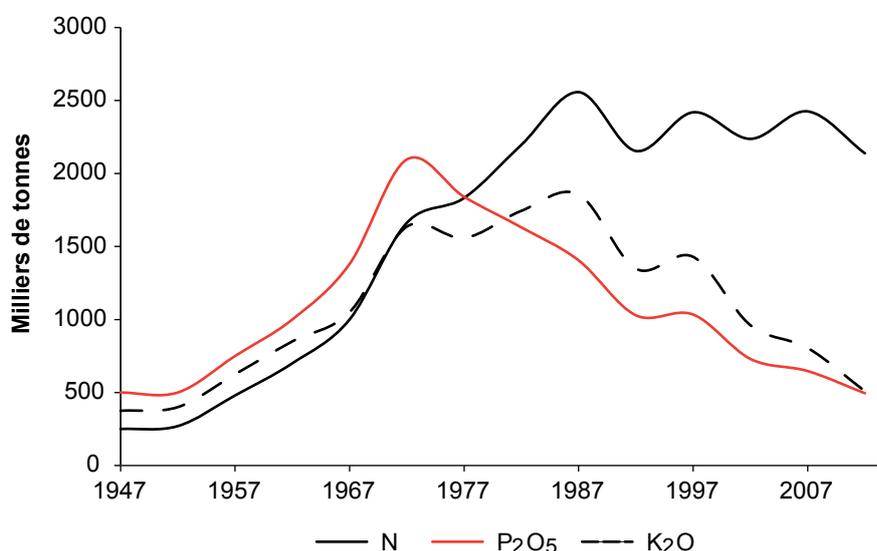
sont tels qu'en 1984 l'Europe agricole décide la mise en place des quotas nationaux afin de limiter les volumes produits pour continuer à garantir les prix. Ce système n'a pas empêché la poursuite de l'intensification et la concentration des élevages, même si cette évolution a été moins marquée en France que dans les autres pays de l'Europe du Nord (Chatellier *et al* 2013).

Ce modèle dominant de développement de l'élevage n'est pas sans poser des questions. Elles vont émerger au travers de deux conséquences induites que sont la dépendance aux intrants et les impacts environnementaux. Dès les années 1980, un certain nombre d'acteurs s'inquiète de ces conséquences et propose, suite notamment au rapport de Poly (1978), une réorientation « vers une agriculture

plus économe et plus autonome ». Il s'agit alors de limiter la dépendance des élevages, notamment en protéines (tourteau de soja importé), dans un contexte d'augmentation incessante et peu prévisible du coût des intrants, de course effrénée à la production et à l'agrandissement des exploitations. Cette démarche semble d'autant plus pertinente qu'avec l'instauration des quotas laitiers, la voie traditionnelle de progression des revenus, fondée sur l'augmentation des produits (croissance des volumes de lait livrés), est rompue et que la réduction des charges devient un axe à privilégier.

Les problèmes environnementaux associés à la concentration territoriale des élevages ne se révéleront que plus tard, notamment en Bretagne sous la pression des associations qui voient dans

Figure 1. Evolution des livraisons de fertilisants en France (Unifa 2013).



le développement de l'agriculture à bas intrants, une solution efficace face aux risques de pollutions, notamment de pollution de l'eau et des aquifères par les nitrates et les pesticides. La recherche de systèmes de production laitière à bas intrants a fait l'objet de travaux conséquents dès les années 1990 en Bretagne (Capèle 1996, Alard *et al* 2002) et a encore été clairement illustrée lors de la conférence-débat donnée à l'INRA par Pochon (2008) dans le cadre de « Sciences en questions ».

Après avoir évoqué les motivations qui incitent aujourd'hui au développement de systèmes laitiers économes en intrants, l'objectif de cette synthèse est d'explorer les leviers d'actions, les innovations, les conditions favorables sans oublier les limites à la mise en œuvre de tels systèmes.

1 / Des systèmes laitiers à basse consommation d'intrants en réponse aux perturbations ?

Si les motivations passées rappelées en introduction restent toujours d'actualité, elles se sont amplifiées et étendues suite à la mondialisation des échanges et aux perturbations que celle-ci induit. Deux éléments mondiaux structurants et un événement de politique agricole européenne imminent sont à intégrer dans les réflexions associées aux systèmes laitiers de demain et à l'intérêt pour le développement de systèmes à faibles consommations de ressources productives, plus ou moins non renouvelables.

L'augmentation de la population mondiale et du pouvoir d'achat, notamment en Chine, Russie et Asie du Sud-Est, tire vers le haut la demande mondiale en produits alimentaires et notamment en produits laitiers (Chatellier *et al* 2013), et ce de façon durable. Mais ces « nouveaux » pays consommateurs ne vont pas se contenter de satisfaire leur demande alimentaire intérieure par un accroissement de leurs importations. Ils vont également stimuler leur production agricole nationale, notamment en produits animaux et, pour cela, peser par la demande sur les marchés mondiaux de l'énergie, des engrais et des concentrés destinés à l'alimentation animale. A ce titre, l'évolution des importations de tourteaux de soja par la Chine depuis 1990 reflète bien l'influence croissante des pays émergents (figure 2).

Le réchauffement climatique global (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie 2012, 2013), tout comme les accidents climatiques plus localisés (sécheresses ou

inondations, par exemple) influencent les productions agricoles, donc les échanges sur les marchés mondiaux et perturbent depuis quelques années l'habituelle stabilité des filières laitières européennes. Par ailleurs, la production laitière en France et en Europe reste très liée à la surface des exploitations du fait de la place importante des fourrages dans l'alimentation des troupeaux. Or, une production fourragère régulière nécessite des conditions climatiques caractéristiques des climats tempérés. C'est là une des raisons majeures de la localisation de la production laitière observée dans le monde et une des raisons de l'efficacité biologique des élevages laitiers. Toute augmentation de la température journalière, notamment en période estivale, ou toute irrégularité de la pluviométrie induit des perturbations dans l'organisation des systèmes d'élevage de ruminants (Moreau 2009, Noury *et al* 2013) qui se répercutent sur les revenus des éleveurs.

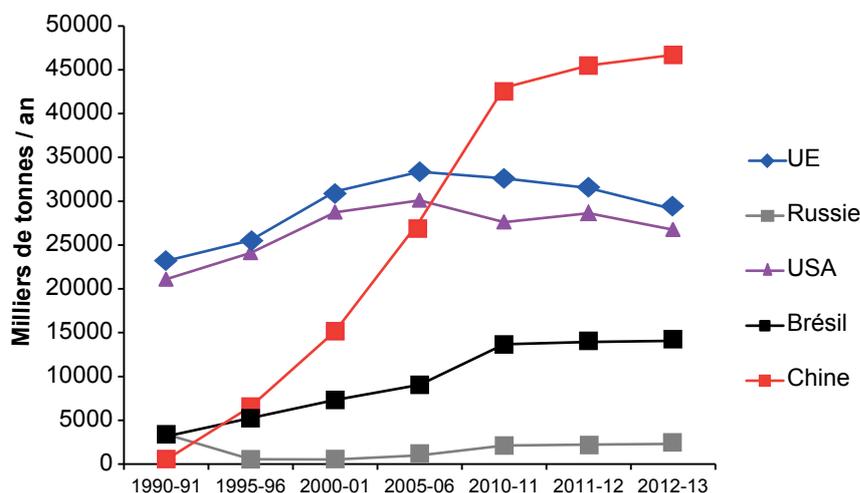
Enfin, en Europe, l'abandon de la régulation des marchés et la disparition des quotas laitiers (2015) vont créer une situation inédite caractérisée par une nouvelle ouverture sur le monde, la libéralisation des échanges des produits laitiers et une plus grande diversité des possibles pour les systèmes laitiers. Cette diversité s'exprimera différemment selon les situations géographiques et climatiques, les niches ou marchés convoités, les structures d'exploitations et les ambitions des éleveurs et des organismes de collecte et transformation (Rubin *et al* 2013). En France, la fin du contingentement risque de provoquer un déplacement des pôles de production laitière vers les zones les plus favorables à la fois d'un point de vue climatique mais aussi à forte densité laitière. Ce mouvement, associé à la pyramide des âges des éleveurs laitiers et à la difficulté de transmission des exploitations, pourrait aboutir à terme à

une accélération dans l'agrandissement des structures des exploitations laitières tant au niveau du foncier que de la taille des troupeaux (Perrot *et al* 2009, Perrot 2010).

Face à ces tendances lourdes et à ces évolutions complexes, les systèmes laitiers s'interrogent, vont devoir s'adapter, et surtout innover pour à la fois contribuer à satisfaire la demande alimentaire, mais aussi la demande sociétale sans oublier l'homme-clé du système, à savoir l'éleveur et ses aspirations en matière de revenu, travail et reconnaissance sociale dans une société urbanisée (Peyraud *et al* 2013). Dans ce contexte, les systèmes laitiers à faible consommation d'intrants présentent des motivations et des arguments techniques et économiques qui ne peuvent toutefois être considérés comme des solutions universelles, tant les situations sont diverses. En effet, les innovations issues de ces démarches sont intimement associées au contexte local et au potentiel agronomique du milieu. Elles sont multiples et singulières, mais se caractérisent toutes par la recherche et le maintien de la cohérence globale du système de production. L'analyse des motivations des éleveurs laitiers engagés dans la recherche de systèmes plus autonomes et plus économes peut se résumer à quatre objectifs principaux souvent évoqués et plus ou moins imbriqués :

- i) la réduction de la dépendance, notamment la dépendance alimentaire des troupeaux (protéines), mais aussi la dépendance énergétique du système de production (carburant) ;
- ii) la réduction de la sensibilité aux fluctuations du marché des consommations intermédiaires (charges opérationnelles) associées aux dérégulations et à la mondialisation ;
- iii) l'amélioration de l'Excédent Brut d'Exploitation (EBE) et du revenu,

Figure 2. Evolution de la consommation de tourteaux de soja dans le monde. Source : Onidol - Oil World Annual, 2013.



par compression des charges opérationnelles. Cet argument est parfois associé à la volonté de ne pas avoir à s'agrandir ou restructurer pour conserver une exploitation à taille humaine, compatible avec le temps de travail maximum souhaité et les investissements en capitaux ;

- iv) une moindre utilisation de ressources non renouvelables, associée souvent à la volonté de limiter les impacts environnementaux de l'activité agricole.

Ces quatre points s'intègrent bien à la définition des systèmes agricoles à bas intrants rappelée par Poux (2008) suite à la proposition de Parr *et al* (1990) qui peut se décliner pour les systèmes laitiers. Ils rejoignent également pour partie les cinq axes de l'agro-écologie proposés par Dumont *et al* (2013) pour les productions animales.

La réduction des intrants en élevage laitier concerne surtout les achats d'aliments concentrés, d'engrais minéraux, de pesticides et de carburants. La réduction des achats de semences, des frais vétérinaires et d'élevage n'est généralement qu'une des conséquences des systèmes mis en place. Cette baisse volontariste des consommations intermédiaires aboutit alors à des systèmes de production et d'élevage qui, pour produire, comptent d'abord sur les potentialités du milieu (Coquil *et al* 2009a) au sens large du terme intégrant l'animal et le troupeau. Par voie de conséquence, ces systèmes s'appuient aussi sur les capacités adaptatives et la flexibilité de l'animal (Blanc *et al* 2008), du troupeau et de sa conduite, et plus globalement du système fourrager et de son organisation (Duru *et al* 2008) pour pallier les instabilités et les aléas associés à l'ancrage au territoire de ces systèmes. De ces deux principes (recours aux potentialités du milieu et aux capacités adaptatives de l'animal) vont découler des stratégies, des organisations et des pratiques dites innovantes, qui parfois le sont vraiment, mais qui reposent également sur des pratiques rénovées et mises en phase avec les caractéristiques actuelles des animaux et de l'élevage.

2 / Des systèmes fourragers fondés sur la prairie pâturée et un chargement adapté

Dans la quasi-totalité des systèmes laitiers rencontrés en France, l'essentiel du régime alimentaire des troupeaux est constitué de fourrages produits sur l'exploitation, pour lesquels le degré d'autonomie est très élevé (Paccard *et al* 2003). Les systèmes fourragers reposent souvent

sur la complémentarité herbe-maïs dans des proportions variables et pour l'herbe, avec des formes d'utilisation différentes (pâturage, foin ou ensilage) selon les régions et les types d'animaux. L'ensilage de maïs et l'herbe pâturée se caractérisent par une ingestibilité et une valeur énergétique élevées (Baumont *et al* 2009) compatibles avec les exigences alimentaires de la plupart des vaches laitières. Cela est moins vrai pour l'herbe conservée dont il est délicat d'assurer une qualité régulière à chaque récolte. Mais les exigences en termes d'intrants ne se situent pas dans la même gamme entre la culture et la valorisation du maïs et de l'herbe. Outre le fait que le maïs nécessite chaque année le rachat de semences hybrides et génère des frais de cultures (semis, traitements phytosanitaires) et de stockage, cette plante présente un tel déséquilibre énergie/azote et minéraux qu'elle impose une complémentation basée surtout sur le tourteau de soja ou possiblement de colza, accompagnée de compléments minéraux en quantité importante. Ce déséquilibre nutritionnel est la première cause de la faible autonomie en protéines des élevages laitiers (Paccard *et al* 2003). Il a ainsi été calculé que, sur la base d'une complémentation en tourteau de soja de 150 g par kg de MS d'ensilage de maïs, un hectare d'ensilage de maïs « nécessitait » environ 0,8 hectare de culture de soja quelque part dans le monde (Peyraud *et al* 2014).

Le choix de réduire les intrants associés au système fourrager amène à compter sur des fourrages moins exigeants en termes d'itinéraires techniques, moins dépendants en complémentation et donc naturellement plus équilibrés. Mais ils doivent néanmoins assurer la production de biomasse requise pour l'alimentation des troupeaux. Le fourrage de choix largement plébiscité par les systèmes à bas intrants, tant pour des raisons alimentaires qu'économiques, reste donc l'herbe pâturée. C'est ainsi que des pays tels l'Irlande ou la Nouvelle Zélande, bénéficiant d'une pluviométrie abondante et régulière, ont fondé leur système fourrager sur l'herbe et présentent les coûts de production du lait les plus bas au monde (Le Gall *et al* 2001, Brocard *et al* 2008). Si faire brouter les vaches ou les génisses laitières ne constitue pas à proprement parler une innovation, optimiser la production et la valorisation de l'herbe simplement et longtemps dans l'année avec des animaux exigeants demande un savoir faire rénové, notamment au travers des aménagements de parcellaire et de la capacité à anticiper et à s'organiser pour durer. Ce dernier aspect est d'autant plus important que la production d'herbe est irrégulière, sensible aux disponibilités en eau et en azote, surtout dans un objectif de réduction d'intrants

où le recours éventuel à la fertilisation azotée minérale est volontairement restreint, voire impossible dans certains cahiers des charges. Cette irrégularité et cette sensibilité de l'offre alimentaire pour les animaux sont à replacer dans un contexte où la demande alimentaire en produits animaux est beaucoup moins variable à l'échelle de l'année et où, notamment en France, les organismes collecteurs de lait sont plutôt enclins à souhaiter des livraisons mensuelles régulières. Il appartient donc aux éleveurs d'imaginer des solutions peu coûteuses afin de résoudre ces paradoxes. Comme la gestion de l'herbe pâturée est une gestion de flux instables, il s'agit aussi d'être opportuniste et prêt à adapter la conduite des parcelles et des troupeaux afin de valoriser au mieux les périodes favorables. Les outils d'aide à la gestion du pâturage développés et diffusés depuis les années 2000 (Delaby *et al* 2001, Fiorelli et Peyre 2001, Defrance *et al* 2005, Teagasc 2009, Martin *et al* 2012) et récemment revus par Seuret *et al* (2014) constituent des innovations largement utilisées par les éleveurs dont le système repose durablement sur l'herbe pâturée.

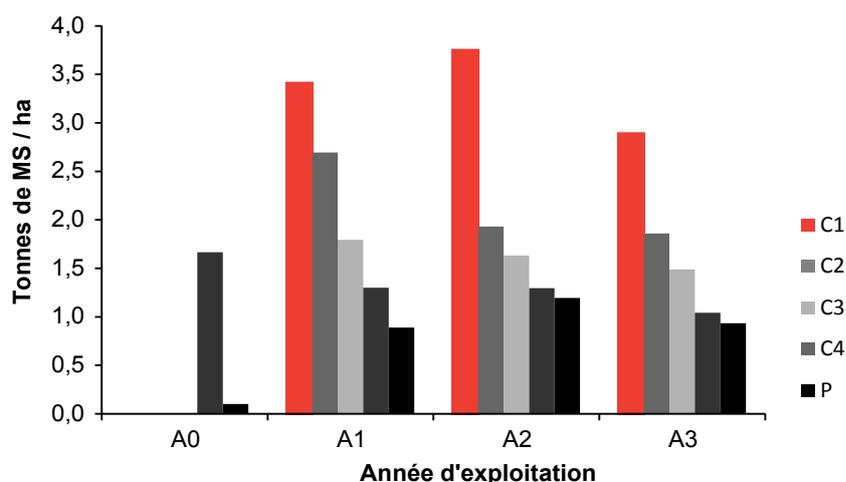
Face au réchauffement climatique et aux risques avérés de sécheresse printanière et/ou estivale, événements météorologiques les plus perturbants de ces systèmes, l'adaptation du chargement est l'élément essentiel à considérer. Comme indiqué par Lemaire et Pflimlin (2007) et plus récemment par Lee *et al* (2013), il suffit d'adopter un niveau de chargement sous optimal, qui intègre le potentiel des années climatiques les moins favorables. Ainsi, lors d'années plus favorables, les récoltes d'excédents sont reportées et servent de variables d'ajustement (Andrieu *et al* 2008). Par ailleurs, la combinaison polyculture-élevage, qui permet d'associer aux prairies des cultures fourragères annuelles, offre d'autres opportunités bien étayées (Perrot *et al* 2011) et qui font l'objet de travaux de recherches spécifiques à l'échelle du système (Coquil *et al* 2009a). L'entrée agronomique peut conduire à combiner dans des rotations culturales de moyenne ou longue durée, des prairies semées, des céréales, des protéagineux, des plantes sarclées (betterave ou maïs) en complément de prairies permanentes, tout en offrant des opportunités croisées pour l'élevage et les cultures de vente (Coquil *et al* 2009a). L'économie de gamme prend alors tout son sens, au travers des diverses relations qu'entretiennent les ateliers d'élevage et de production végétale, avec un potentiel de bénéfices environnementaux à valoriser. Parmi les opportunités d'atténuation des effets ou d'évitement du déficit hydrique et de températures estivales élevées, la culture de la luzerne ou du trèfle violet tout

comme pour d'autres raisons, les associations céréales-protéagineux qui sont des cultures à double fin (grains + paille ou fourrages) connaissent un regain d'intérêt modeste mais certain. Ainsi, la culture de luzerne confirme sa pertinence, à la faveur de sa forte productivité, sa régularité de production et de la possibilité de la faire pâturer (figure 3). Ces cultures se caractérisent par des économies d'intrants importantes puisque la fertilisation azotée tout comme les traitements phytosanitaires sont inexistantes.

Enfin, au-delà de l'ajustement à l'échelle de l'exploitation, la synergie territoriale organisée autour de la production de fourrages reste une opportunité à construire (Peyraud et Duhem 2013). Dans les zones à fortes disponibilités en azote organique, où cohabitent élevages laitiers et porcins, la production d'herbe à la place des céréales sur les surfaces des élevages « hors sol » permet de mieux valoriser le lisier de porc sur prairies en limitant les risques de pertes par lessivage et permet de fournir localement un fourrage intéressant aux élevages de ruminants voisins. Cette démarche originale a été proposée lors de l'élaboration des plans de lutte contre les algues vertes, notamment en baie de la Lieue de Grève (Lannion), mais reste anecdotique, faute d'un réel besoin et d'une organisation volontariste.

Compte tenu du rôle de l'azote dans la production fourragère et la nutrition animale, la gestion de sa « rareté » dans ces systèmes à bas intrants constitue un enjeu majeur. Deux origines essentielles peuvent alors être valorisées : l'azote atmosphérique *via* les légumineuses, et le recyclage *via* les déjections animales et les effluents d'élevage (Peyraud *et al* 2012). Dans les systèmes prairiaux, le trèfle blanc est connu de longue date pour sa capacité à fixer l'azote atmosphérique, mais aussi sa capacité à améliorer et stabiliser la valeur alimentaire de l'association avec les graminées, favorable à l'ingestion et aux apports de protéines (Ribeiro-Filho *et al* 2005, Dewhurst *et al* 2009). Légumineuse favorisée par la lumière et la chaleur, sensible à l'excès d'eau et au piétinement, sa pérennité est fragile, et son instable contribution à la biomasse peut devenir limitante, notamment au printemps. Si la cyclicité de cette légumineuse et les flux d'azote associés ont été bien décrits (Loiseau *et al* 2002), si ses exigences en potasse sont connues, les facteurs ou pratiques favorables et défavorables à sa pérennité, notamment en lien avec les conditions climatiques et les périodes de valorisation restent à déterminer et à transférer. Les systèmes de polyculture-élevage peuvent également utiliser cette capacité des légumineuses dans le cadre des rotations (Vertès

Figure 3. Production des prairies à base de luzerne selon les années et les cycles de récolte (C1 à C4, puis pâturée P) au domaine INRA de Mirecourt (Fiorelli *et al* non publié).



et al 2010) ou en couverts d'inter-cultures (Amossé *et al* 2013). En matière d'alimentation des ruminants, les protéagineux servent à compléter des fourrages tels que les foin ou ensilages (Coquil *et al* 2009b).

Si la valorisation des effluents d'élevage n'est pas l'apanage des systèmes à bas intrants, elle revêt néanmoins un rôle important, en contribuant par sa forme organique à la fertilité à « long terme » des sols et en favorisant le recyclage des éléments (N, P, K) indispensables, faute d'entrées exogènes au système. Ce regard positif associé au rôle agronomique essentiel de ces effluents rebaptisés « engrais de ferme » est depuis quelques années à l'origine d'innovations à la fois dans les technologies de stockage, d'épandage et d'optimisation de leur emploi. La forme organique de l'azote de ces engrais réclame une étape de minéralisation, naturellement réalisée par le sol mais sensible aux conditions de milieu (eau et température, Nicolardot *et al* 1996). Il importe alors de disposer de cultures opportunistes capables de profiter de ces périodes de fortes minéralisations que sont le printemps et l'automne. Là encore, la prairie, en place toute l'année, présente un grand intérêt qui dépasse la seule production de biomasse. En effet, cette capacité à valoriser l'azote minéral disponible confère aux prairies un rôle majeur dans la limitation des risques de fuites de nitrates vers les aquifères, notamment à l'automne. Ce qui n'est pas le cas des cultures annuelles, qui nécessitent l'implantation de cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) d'efficacité variable si toutefois l'éleveur parvient à les implanter (Justes *et al* 2012).

Cette gestion économe des éléments basée sur le recyclage, accompagnée d'un chargement adapté aux conditions de milieu, permet aux systèmes laitiers à bas

intrants d'afficher les bilans apparents les plus faibles (Farruggia *et al* 1995, Simon *et al* 1997, Dollé *et al* 2013). Bien qu'il ne présage pas du devenir de l'azote en excès, qui va notamment dépendre du système fourrager, le bilan apparent est un indicateur de risques (Simon *et al* 2000, Peyraud *et al* 2012) intéressant qui révèle l'importance des déséquilibres et permet d'apprécier la portée de l'évolution des systèmes de production (Barataud *et al* 2014).

Choisir un système laitier à bas intrants, c'est d'abord produire du lait avec les fourrages de l'exploitation (Delaby et Peyraud 2009) et pour cela d'abord pâturer plus et mieux. Cela suppose de disposer d'un parcellaire groupé, accessible et aménagé. Les parcellaires morcelés, composés d'îlots éloignés du siège de l'exploitation, n'empêchent pas la recherche d'économie d'intrants, mais constituent un frein certain au développement de l'herbe et du pâturage. L'agrandissement des exploitations laitières par regroupement de troupeaux induit souvent une augmentation du morcellement et une réduction de la surface accessible par vache. De réelles innovations juridiques sont à imaginer et promouvoir en termes d'échanges parcellaires, de prêts de parcelles, de droit d'usage pérennisé, afin de renforcer une restructuration favorable des exploitations et de faciliter les aménagements fonciers, sources d'économies d'intrants et de bénéfices environnementaux.

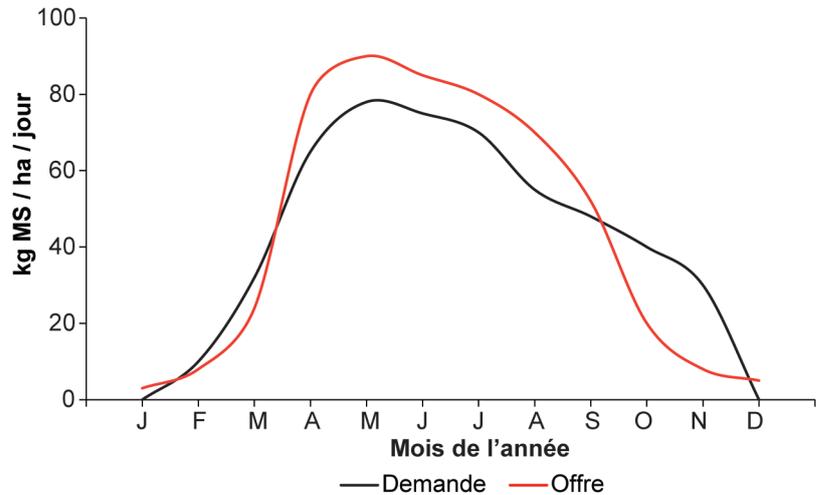
3 / Des conduites d'élevage adaptées à la disponibilité en ressources fourragères

Si la demande alimentaire globale du troupeau laitier varie en fonction des effectifs et de l'âge au 1^{er} vêlage, sa répartition au cours de l'année dépend de la

répartition des vêlages puis de la durée de lactation des animaux. En effet, chez la vache laitière, les besoins alimentaires totaux varient d'abord avec la production laitière et sont donc très sensibles au stade de lactation. Les choix en termes de conduite de la reproduction (regroupement ou non des vêlages) et de durée des périodes d'inséminations (2 à 3 mois ou toute l'année) vont donc conditionner les besoins en fourrages et la qualité de ceux-ci.

Dans les systèmes à bas intrants qui cherchent à maximiser la part de l'herbe pâturée dans l'alimentation annuelle des troupeaux, la cohérence de conduite animale plaide en faveur de vêlages groupés, voire très groupés au printemps. Ainsi, les systèmes herbagers irlandais (McCarthy *et al* 2013) cherchent à synchroniser au mieux la croissance de l'herbe et la demande alimentaire en pratiquant des vêlages groupés en février-mars (figure 4), soit une saison de reproduction de seulement 90 à 100 jours. Cette cohérence est renforcée par le fait que les lactations sont courtes (240 à 280 jours) et d'autant plus courtes que la vache vêle tard au printemps. Grâce à une longue saison de pâturage, les besoins en stocks hivernaux sont faibles (1,0 à 1,4 t de MS par vache) et de plus, les exigences en matière de qualité de fourrages hivernaux (UFL/UE et PDI/UFL) sont très modestes et les besoins en concentrés très faibles (voire nuls) puisque toutes les vaches sont tarées. Cette cohérence entre les fourrages stockés et les besoins hivernaux du troupeau est très opportune et amplifie l'influence positive des faibles coûts d'alimentation recherchés dans les systèmes à bas intrants.

Figure 4. Evolution de la demande animale et de l'offre en herbe au cours de l'année dans le système irlandais développé au Centre de Recherches de Moorepark, Irlande (Horan, communication personnelle).

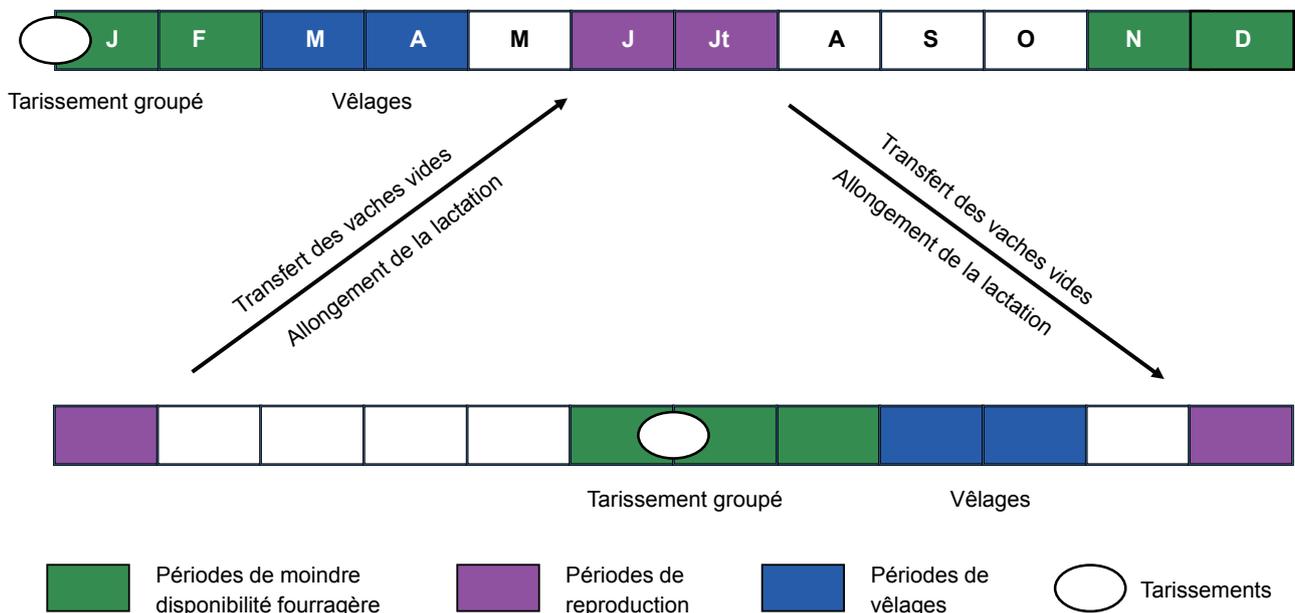


Cette stratégie de conduite de la reproduction fondée sur des vêlages groupés n'est qu'assez peu développée en France où les éleveurs recherchent plutôt une période sans vêlage de 2 à 3 mois, généralement au printemps. Diverses raisons concourent à cette situation. Les hivers, notamment en zone de montagne ou dans les régions continentales, sont plus longs que la durée classique du tarissement des vaches laitières ; la dominance de la race Holstein et ses problèmes de fertilité (Barbat *et al* 2005) rendent quasi impossible le respect d'un intervalle vêlage-vêlage d'un an (cf. § 4) ; la capacité indéniabile du maïs à fournir en une seule récolte, un rendement régulièrement élevé, facile à conserver sous forme d'ensilage assure la constitution des stocks ; enfin la relative stabilité de la demande laitière, renforcée par les encou-

ragements des laiteries sont autant d'arguments qui justifient le choix des éleveurs en matière de répartition étalée des vêlages. Cependant, cette stratégie de conduite de la reproduction qui aujourd'hui renforce les vêlages d'été-automne augmente les coûts de production et la consommation d'intrants, du fait de la constitution de stocks importants, encore accrue par les risques de sécheresses estivales.

Tout en intégrant et conciliant les motivations et contraintes décrites ci-dessus, le choix d'un système qui repose sur la réduction des intrants passe par la mise au point d'alternatives novatrices en matière de répartition des vêlages. La stratégie de la double période de vêlages groupés sur 2 mois (2 mois ½ au maximum - figure 5) et espacés de 6 mois, décrite par Pottier

Figure 5. Représentation schématique de la conduite annuelle d'un troupeau laitier avec deux périodes de vêlages.



et al (2007), constitue une innovation qui intéresse l'ensemble de la filière laitière, et notamment les éleveurs à la recherche de solutions face au risque de sécheresse estivale mais aussi de solutions en termes d'organisation et de simplification du travail. L'idée initiale consiste à réduire les exigences alimentaires de la moitié du troupeau lors des périodes critiques que sont l'hiver et l'été du fait de l'arrêt ou du fort ralentissement de croissance des prairies et pour ce faire à tarir le même jour la moitié du troupeau. En été, les vaches tarées peuvent valoriser des surfaces plus éloignées du siège de l'exploitation. Cette réduction du chargement permet d'accroître la surface accessible par vache et de mieux préserver la cohérence entre offre et demande en herbe pour les vaches en lactation. En hiver, les différents statuts physiologiques des vaches du troupeau permettent à l'éleveur de mieux valoriser la diversité des fourrages stockés. De surcroît, un tel choix peut limiter la pratique du sur-stockage de ressources fourragères lors des années favorables (Fiorelli et al 2010). D'autres avantages

découlent de cette stratégie de conduite des vèlages. Les livraisons mensuelles de lait sont assez équilibrées avec des variations de 6 à 11%, c'est-à-dire bien plus faibles que celles observées dans le cas d'une seule période de vèlage. L'âge au 1^{er} vèlage des génisses, qui reste élevé en France (30 à 34 mois – Résultats Contrôle Laitier 2012) et assez coûteux surtout en troisième année d'élevage, peut évoluer vers 28-30 mois. Ce qui avance l'âge moyen observé tout en restant compatible avec les pratiques d'élevage à moindres coûts ainsi qu'avec les races laitières mixtes moins précoces que la race Holstein. Cette double saison de vèlages n'empêche nullement de prolonger les lactations des vaches les plus productives qui se révèlent non gestantes et de les intégrer à l'autre saison de reproduction (Brocard et al 2013). Le taux de réforme en est ainsi réduit à la faveur d'une meilleure longévité des vaches. En termes de travail d'astreinte, durant 4 mois de l'année environ, la moitié seulement du troupeau est à traire et les phases critiques associées aux vaches laitières (vèlages, surveillances

des chaleurs et inséminations) sont complètement dissociées. Cette conduite en deux périodes de vèlages est actuellement évaluée dans le cadre des travaux de recherche appliquée conduits sur la ferme expérimentale de la Blanche Maison en Normandie (50) et a été retenue comme stratégique dans le cadre des réflexions autour des systèmes fourragers innovants, économes en énergie et en eau, conduites à l'INRA de Lusignan (Novak et al 2013).

4 / Un animal qui s'adapte aux ressources du système et non l'inverse

Les programmes de sélection génétique engagés en France à partir des années 1960 ont en priorité mis l'accent sur l'amélioration du potentiel laitier. Cette stratégie très efficace a permis une augmentation régulière d'environ 100 à 120 kg de lait produit par an, soit un gain de pratiquement 5 000 kg de lait par vache en un demi-siècle. Mais ce choix

Tableau 1. Influence du système fourrager et de la stratégie d'alimentation sur les performances des vaches laitières de différentes races.

Site	Le Pin-au-Haras (n = 380 lactations)				Mirecourt (n = 612 lactations)			
	Holstein		Normande		Holstein		Montbéliarde	
Race	Haut ⁽¹⁾	Bas ⁽²⁾	Haut ⁽¹⁾	Bas ⁽²⁾	SPCE ⁽³⁾	SH ⁽⁴⁾	SPCE ⁽³⁾	SH ⁽⁴⁾
Systèmes et Stratégie d'alimentation								
Lait produit en 44 semaines (kg/vache)	8515	6022	6332	4798	6302	5637	5207	5025
TB (g/kg)	38,0	39,5	41,0	41,8	40,7	42,4	42,4	42,7
TP (g/kg)	32,1	31,0	34,9	33,3	31,9	32,0	33,1	32,9
MU (kg/vache)	587	418	466	351	457	419	392	370
Perte d'état maximale (points de note)	- 1,00	- 1,25	- 0,60	- 0,90	- 0,90	- 1,20	- 0,70	- 0,90
Reproduction (durée – période de vèlages)	90 jours – Janvier à Mars				105 j – Août à Novembre	101 j – Janvier à Avril	98 j – Août à Novembre	95 j – Janvier à Avril
Réussite 1 ^{ère} IA (%)	28	20	41	38	33	28	43	39
Revèlage (%)	59	44	71	68	71	52	83	67

TB : Taux Butyreux ; TP : Taux Protéique ; MU : Matières Utiles, égales à la somme des matières grasses et protéiques du lait ; IA : Insémination Artificielle.

⁽¹⁾Haut intrants : Alimentation hivernale (90 j), en début de lactation, à base d'ensilage de maïs, luzerne déshydratée et de concentrés (30%). Puis 35 ares d'herbe pâturée et 4 kg de concentrés (90 j) par vache, complétés de 5 kg de MS d'ensilage de maïs (90 j) et parfois d'ensilage d'herbe. En automne (95 j), en fin de lactation, maintien de l'ensilage de maïs et du concentré et l'ensilage d'herbe remplace l'herbe pâturée.

⁽²⁾Bas intrants : Alimentation hivernale (90 j) à base d'ensilage d'herbe direct et mi-fané, sans aliment concentré. Puis 55 ares par vache d'herbe pâturée sans apport de concentrés (150 j), complétés d'ensilage d'herbe (30 j) qui devient en automne (95 j) le seul aliment de la ration.

⁽³⁾Systèmes de PolyCulture Elevage (SPCE) en agriculture biologique : Alimentation hivernale à base de foin de luzerne-dactyle, de prairie temporaire d'association avec trèfle blanc et de prairies permanentes, complétés par des céréales et des mélanges céréales-protéagineux (4 kg/vache/jour maximum, selon stocks disponibles). Puis 52 ares par vache d'herbe pâturée sur prairies permanentes (60%), prairies temporaires (30%) et luzerne (10%).

⁽⁴⁾Systèmes Herbagers (SH) en agriculture biologique : Alimentation hivernale (115 j), à base de foin de prairie permanente, sans aliment concentré. Puis 75 ares par vache d'herbe pâturée sans apport de concentrés (125 j), complétés par du foin (800 à 850 kg), au printemps (75 j) et en automne (50 j).

a induit un découplage partiel entre le potentiel laitier et la capacité d'ingestion, notamment en début de lactation. La capacité d'ingestion a augmenté moins vite que le potentiel laitier. Ainsi au pâturage, sans apport de concentré mais avec un fourrage équilibré en regard des besoins en énergie et en azote, les vaches laitières à haut potentiel sont celles qui consomment le plus d'herbe, qui produisent le plus mais sont aussi celles qui sont les plus éloignées de leur potentiel (Delaby *et al* 2003). En conséquence, les rations nécessaires à la couverture des besoins se doivent d'être « encore plus concentrées » et les apports d'aliments concentrés ne cessent d'augmenter (Delaby et Peyraud 2009). Selon les Réseaux d'Élevage (2013), suivis par l'Institut de l'Élevage et les Chambres d'Agriculture, la consommation d'aliments concentrés est aujourd'hui de 220 g par litre de lait produit. Cet accroissement du potentiel laitier et des apports d'aliments concentrés s'accompagne généralement d'une recrudescence de troubles digestifs et métaboliques spécifiques tels que les sub-acidoses ou les déplacements de caillette et d'une augmentation de la fréquence des mammites cliniques.

De plus, l'augmentation incessante du potentiel laitier s'est accompagnée d'une dégradation de la fertilité des vaches, notamment chez la race Holstein (Boichard *et al* 1998, Mackey *et al* 2007). Cette dégradation génétique de l'aptitude à se reproduire est aggravée par la mobilisation importante des réserves corporelles en début de lactation, mobilisation qui supplée l'incapacité des apports alimentaires à couvrir les besoins associés à l'expression du potentiel laitier difficile à contrôler (Cutullic *et al* 2012). Ces effets combinés en début de lactation expliquent toute la difficulté à assumer le choix d'une conduite en vêlages annuels groupés. L'intervalle vêlage-vêlage a connu depuis les années 1980 une dégradation régulière (Barbat *et al* 2005).

Cette situation renforce les interrogations autour de la capacité de ce type de vaches laitières à s'adapter aux systèmes à bas intrants, dont un des leviers est la réduction des apports de concentrés (Piccand *et al* 2013). Selon Dillon *et al* (2007), ces systèmes « réclament » une vache facile à vivre (« *easily care cow* »), c'est-à-dire dont la sélection sur les différentes aptitudes est équilibrée. Si les vaches à haut potentiel ne sont pas incompatibles avec des systèmes d'alimentation à faibles apports de concentrés, leur conduite, notamment la gestion de la mobilisation des réserves et de l'expression du pic de lactation, n'en devient que plus compliquée. Les travaux de recherches conduits à la fois sur les

domaines INRA du Pin-au-Haras (Cutullic *et al* 2011, Delaby *et al* 2012) et de Mirecourt (Coquil *et al* 2009a) qui comparent, à l'échelle de la lactation et de la carrière, l'aptitude de différentes races dans différentes situations alimentaires éclairent cette question. Dans ces deux situations très contraintes, les vaches de race Holstein se caractérisent par une réactivité significativement plus importante que celle des deux autres races (Normande et Montbéliarde – tableau 1), à la fois sur les performances de lactation et de reproduction. La réduction des apports nutritifs, qui dans ces expérimentations passe par la suppression totale du concentré, entraîne systématiquement une baisse plus marquée des performances chez les vaches Holstein. Avec une conduite en vêlages groupés (13 semaines), et l'élimination des vaches non gestantes, ce type de vaches est incapable d'assurer le renouvellement du troupeau sans achat extérieur. L'apport d'un minimum de concentré (500 à 700 kg/vache/an), positionné en début de lactation, semble opportun afin de limiter les conséquences d'une sous-alimentation trop sévère (Delaby *et al* 2009). Dans ces conditions, les vaches Holstein de meilleur index génétique restent alors les animaux les plus forts producteurs (Delaby et Peyraud 2009, Delaby *et al* 2010) par leur capacité à consommer davantage, même avec des rations à base de fourrages. Cette réactivité plus marquée chez les vaches à haut potentiel leur confère également une aptitude à rebondir lors du retour à une situation nutritionnelle plus favorable qui semble proportionnelle à leur potentiel (Delaby *et al* 2009).

Ces difficultés de conduite mises en évidence chez la vache Holstein incitent à rechercher un type d'animal mieux adapté aux systèmes à bas intrants, notamment pour pouvoir assumer sans souci une conduite en vêlages groupés, pour réduire les exigences alimentaires, et pour limiter les frais vétérinaires concomitants. Trois démarches sont alors rencontrées et font l'objet de divers travaux de recherches.

La première consiste à garder une spécialisation laitière très marquée mais avec une vache de race plus fertile, de faible poids vif, donc avec des besoins d'entretien plus limités, et réputée moins compliquée à élever, à savoir la vache Jersiaise. Selon les travaux de Mackle *et al* (1996), confirmés par Prendiville *et al* (2009), la vache Jersiaise serait plus efficiente au sens du kg de matières utiles produit par kg de poids vif ou par kg de MS ingéré. Son aptitude à se reproduire en temps limité, liée à une expression des chaleurs bien marquée et une excellente fertilité, reste remarquable et constitue un atout indéniable de la vache

Jersiaise (Washburn *et al* 2002). Cette race présente néanmoins l'inconvénient majeur d'une piètre valorisation des réformes et coproduits (veaux mâles surtout).

La seconde voie plus classique s'intéresse aux races mixtes (Normande, Montbéliarde) et mise alors sur l'équilibre des aptitudes, y compris la valorisation du produit viande. Les résultats obtenus en France, tant dans les réseaux d'élevage qu'en stations expérimentales, (tableau 1), réaffirment la mixité de ces races avec certes comme chez la Holstein, une augmentation du potentiel laitier associée à la sélection génétique, mais avec le maintien de taux élevés, d'une aptitude à moins mobiliser et à mieux se reproduire et ce dans l'ensemble des systèmes de production et de reproduction. En comparaison avec les vaches de race Holstein, dans les systèmes à bas intrants au Pin-au-Haras comme à Mirecourt, les vaches de race mixte se caractérisent par une perte de production laitière totale plus faible (- 1 500 de kg de lait chez les Normande vs - 2 500 kg chez les Holstein au Pin au Haras et - 200 kg chez les Montbéliarde vs - 700 kg chez les Holstein à Mirecourt). De plus, avec une durée de la saison de reproduction limitée, les taux de réussite en 1^{ère} insémination tout comme les taux de re-vêlage, restent toujours meilleurs et varient beaucoup moins entre systèmes de production avec les vaches de race mixte.

Enfin, la dernière voie, plus innovante mais très limitée (Le Mezec 2012), consiste à « fabriquer » via le croisement à 2 mais aussi à 3 ou 4 voies, par inséminations et/ou avec un taureau de monte différent chaque année, un animal qui bénéficierait des atouts combinés des différentes races parentales. Cette dernière démarche souvent individuelle, interroge les schémas classiques de sélection car elle repose sur l'idée que chaque race possède des atouts spécifiques valorisables par le croisement mais aussi qu'aucune n'est satisfaisante en regard des systèmes à bas intrants. Les schémas les plus fréquemment rencontrés et étudiés dans le monde concernent le croisement Holstein × Jersiaise (Prendiville *et al* 2009, Heins *et al* 2012b, Vance *et al* 2013) qui a abouti en Nouvelle Zélande à l'élaboration d'une « nouvelle » race avec la vache Kiwi (Le Gall *et al* 2001), ou de façon plus discrète les croisements Holstein avec les animaux de races Normande, Montbéliarde, Brune ou Rouge Suédoise (Heins *et al* 2012a, Heins et Hansen 2012). L'ensemble de ces travaux confirme l'intérêt du croisement pour atténuer les traits dominants non souhaités de la race pure, mais l'effet d'hétérosis n'est pas toujours au rendez-vous, sauf lors des croisements Holstein × Jersiaise au moins pour la production laitière et

l'efficacité alimentaire, calculée ici comme l'énergie nette disponible utilisée par kg de lait produit (Prendiville *et al* 2009). En termes de génétique, ces démarches « à la recherche de la vache idéale » bien adaptée à son milieu, supposeraient l'existence d'un reclassement des reproducteurs selon les milieux et les systèmes, ce qui, selon les travaux récents de Huquet *et al* (2012) sur les caractères de production, ne semble pas être le cas. Cependant, l'existence d'interactions significatives entre races et systèmes, à la fois sur la production laitière et la reproduction, justifie de réfléchir à leur prise en compte dans une démarche plus collective et plus satisfaisante face à la diversité et au morcellement de la demande d'animaux adaptés aux différents systèmes rencontrés en France.

5 / Des performances économiques moins sensibles aux fluctuations des marchés

Les résultats des suivis technico-économiques pluriannuels des élevages à bas intrants, issus du Réseau Agriculture Durable – RAD (Lherm 2008, Réseau Agriculture Durable 2007-11) ou des réseaux de l'Agriculture Biologique (Veyssset *et al* 2013) s'accordent tous sur le fait que ces systèmes gagnent d'abord ce qu'ils ne dépensent pas. La limitation ou la suppression des achats d'engrais, d'aliments concentrés, de pesticides, de semences influencent favorablement les frais de cultures et le coût alimentaire. En conséquence, avec des structures moyennes plus petites que les exploitations correspondantes du Réseau d'Information Comptable Agricole (RICA) en termes d'orientation technico-économique, le produit brut (PB) d'exploitation est généralement inférieur mais l'excédent brut d'exploitation (EBE) ramené à l'hectare de SAU ou exprimé en % du PB est égal ou supérieur dans les systèmes à bas intrants. Généralement, ces élevages ont moins d'hectares de SAU par UTH, produisent moins de lait par vache et ont une surface fourragère principale (SFP) dans la SAU et une surface en herbe dans la SFP supérieures. Dans tous les cas, les élevages laitiers en agriculture biologique se caractérisent par une productivité animale plus faible et une moindre autonomie fourragère, surtout du fait des récentes années climatiques difficiles. Ce dernier élément d'analyse soulève la question de l'adéquation entre le chargement en animaux et les potentialités du milieu. Néanmoins, l'attractivité économique des systèmes laitiers en agriculture biologique s'appuie également sur un prix de vente du litre de lait supérieur qui compense en partie ces difficultés.

L'analyse économique issue des travaux de recherche conduits au Pin-au-Haras (Delaby et Pavie 2008) a souligné la grande variabilité entre années des revenus des exploitations laitières qui sont surtout sensibles à la possibilité de dégager ou non des surfaces pour produire des céréales et au prix de vente de ces céréales. Les systèmes plus herbagers, à faible consommation d'aliments concentrés, basés sur un troupeau de race mixte et caractérisés par une surface fourragère dans la SAU plus élevée, sont des systèmes où l'EBE et le revenu se révèlent moins variables, à la hausse comme à la baisse (Caillaud *et al* 2012). Ce constat se confirme à la lumière des données publiées par le RAD depuis 2007. Sur 5 années, si l'EBE exprimé par ha de SAU est en moyenne un peu plus élevé dans les systèmes à bas intrants, la variabilité entre années exprimée par le coefficient de variation interannuel de l'EBE est plus faible (11 vs 16%). Ces systèmes sont moins sensibles aux fluctuations du marché du fait de la réduction des intrants, mais leurs revenus semblent plus sensibles aux aléas climatiques du fait de leur lien plus étroit aux conditions de milieu. Ils sont pour cette même raison de dépendance au milieu, également moins réactifs lors d'une baisse des charges opérationnelles et/ou d'une augmentation des prix de vente.

Les travaux publiés par Garambois et Devienne (2012) basés sur l'analyse de systèmes herbagers du bocage vendéen montrent que ces systèmes à bas intrants ont aussi des atouts à faire valoir pour la collectivité, en dépit du fait qu'ils font moins appel aux services marchands et produisent moins par hectare de SAU. Qu'ils soient herbagers stricts ou de polyculture-élevage à bas intrants, ces systèmes emploient généralement plus de main-d'œuvre par ha, dégagent davantage de valeur ajoutée et sont moins dépendants des aides publiques. Ces exploitations immobilisent moins de capitaux et sont plus favorables à l'installation ou à la reprise, notamment hors cadre familial.

Au-delà des considérations économiques, les acteurs de tous les systèmes laitiers recherchent également des solutions face au travail, à la fois en termes de simplification des tâches, de réduction de la pénibilité et de diminution du temps travaillé. Si le choix de la réduction des intrants ne modifie pas directement le travail, il s'avère que les systèmes de production et de conduite de l'élevage qui en découlent modifient les exigences et le rapport au travail (Dedieu et Servière 2012). Ainsi, le rapport au temps de travail (Dufour et Dedieu 2010) est une dimension importante des élevages laitiers. Il conditionne la propension des éleveurs à adopter telle ou telle

transformation de leur système d'élevage et de leurs pratiques, sans omettre les décisions subjectives associées au travail, qui sont souvent en lien avec des contraintes temporelles (Fiorelli *et al* 2010). Choisir ou tolérer de ne pas toujours être au maximum du possible a pour effet de réduire la pression face à la nécessité de la performance et permet des innovations ou des pratiques qui découlent de cette tolérance. L'adoption du pâturage tournant simplifié, qui limite les clôtures et leur gestion, les points d'abreuvement et facilite l'organisation du pâturage (Huyghe et Delaby 2013), suppose d'accepter des variations de production laitière importantes au cours du temps de séjour. Le retour à l'allaitement des veaux durant 3 à 9, voire 12 semaines par les vaches laitières traitées est certes économe en poudre de lait mais, selon les éleveurs qui le pratiquent, est surtout apprécié en regard du temps libéré (suppression de l'astreinte des distributions de lait et réduction des ennuis sanitaires chez les veaux). Enfin, pour certains éleveurs, la réduction du temps de travail est une composante très importante sinon même un objectif du système fondé sur la réduction des intrants. Le système d'élevage est alors conçu autour de ce projet et autorise des pratiques atypiques telles que la monotraitée partielle ou totale au cours de la lactation, le tarissement long (parfois supérieur à 3 mois) sur tout le troupeau afin de pouvoir fermer la salle de traite. Dans tous les cas, ces pratiques conduisent souvent à restructurer l'organisation du système (notamment dans ses contraintes temporelles) et aboutissent au choix assumé de ne pas exprimer le potentiel de l'animal.

Conclusion

Les innovations présentées sont rarement des innovations radicales et encore moins des « inventions » issues des travaux de recherche en élevage, mais s'inspirent le plus souvent de pratiques d'éleveurs laitiers observées souvent depuis de nombreuses années. Ce qui rapproche ces pratiques originales et leur confère de la pertinence, c'est la nécessité de réagir à un infléchissement du contexte général de la production laitière qui rend alors la combinaison de certaines techniques intéressante pour l'évolution des systèmes. Innover, c'est oser. Et au-delà des choix techniques et organisationnels parfois originaux, les systèmes laitiers à bas intrants et les éleveurs qui les assument sont surtout innovants dans leur démarche, en questionnant les normes professionnelles en vigueur. Il s'agit, avec la réduction des intrants, d'essayer de produire mieux avec moins. Ces systèmes d'élevage s'appuient d'abord sur les potentialités

du milieu avec lesquelles ils composent leur stratégie. Innover, c'est accepter d'apprendre. L'introduction d'innovations relève d'un processus pas à pas qui repose sur une appropriation et une mise en situation progressive de connaissances, mais également sur la production *in situ* de ses propres repères, destinés ensemble à lever les difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de nouvelles techniques. L'éleveur qui innove est un chercheur de solutions, qu'il façonne dans la durée, par confrontation de son activité et de ses résultats avec ce qu'il aspire à faire, plus ou moins en accord avec les pratiques en vigueur (Coquil *et al* 2011).

Si les systèmes laitiers à bas intrants possèdent des atouts indéniables face aux nouveaux enjeux rappelés en introduction, ils ne s'improvisent pas. Leur réussite dépend certes d'éléments struc-

turels tels que la structure foncière de l'exploitation, les conditions pédoclimatiques, la conduite du troupeau, mais aussi d'éléments culturels, à savoir l'acceptation de déplacer les paradigmes, notamment ceux associés aux critères d'évaluation de la réussite. Ces systèmes, qui s'appuient d'abord sur une tradition rénovée des pratiques d'élevage sont réputés peu attractifs, notamment pour les jeunes générations d'agriculteurs, car ils n'appuient pas leur réussite sur une évaluation classique de la performance et ne véhiculent pas les symboles admis de la modernité agricole d'aujourd'hui. Par ailleurs, il faut bien admettre que ces systèmes plus autonomes et plus économes, mais pas autarciques, transfèrent moins de valeur ajoutée dans les entreprises agricoles d'amont, voire d'aval et sont alors moins soutenus par ces partenaires influents

du développement agricole. Sortir des chemins convenus, nécessite d'oser penser autrement le développement, de s'affranchir des modèles promus souvent basés sur l'augmentation de la productivité par hectare, par animal ou par éleveur. Ces systèmes « à contre courant » et leur promotion, à ce jour limitée, pourraient connaître un nouvel élan face aux exigences plus affirmées et plus nombreuses des consommateurs-citoyens relayées par un soutien concret et volontariste des politiques publiques.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Jean-Yves Penn, Patrick Le Fustec, Frédéric Gaiffe, Cyril Mulin ainsi que Mathieu Cassez pour leur contribution à la réflexion préliminaire à la rédaction de ce texte.

Références

- Alard V., Beranger C., Journet M., 2002. A la recherche d'une agriculture durable. Coll. Espaces ruraux, INRA Editions, Paris, France, 340p.
- Amossé C., Celette F., Jeuffroy M.H., David C., 2013. Association relais blé/légumineuse fourragère en système céréalier biologique : une réponse pour le contrôle des adventices et la nutrition azotée des cultures. *Innov. Agron.*, 32, 21-33.
- Andrieu N., Coléno F., Duru M., 2008. L'organisation du système fourrager source de flexibilité face aux variations climatiques. In : L'élevage en mouvement. Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores, Quae Editions, Versailles, France, 95-110.
- Barataud F., Foissy D., Fiorelli J.L., Beaudoin N., Burel E., Billen G., 2014. Conversion from conventional to organic mixed dairy farming system: consequences in terms of N fluxes. *Eur. J. Agron.*, soumis pour publication.
- Barbat A., Druet T., Bonaiti B., Guillaume F., Colleau J.J., Boichard D., 2005. Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races laitières françaises. *Renc. Rech. Rum.*, 12, 137-140.
- Baumont R., Aufrère J., Meschy F., 2009. La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. *Fourrages*, 198, 153-173.
- Blanc F., Bocquier F., Agabriel J., D'Hour P., Chilliard Y., 2008. La composante animale de la flexibilité des systèmes d'élevage. In : L'élevage en mouvement. Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores, Quae Editions, Versailles, France, 73-94.
- Boichard D., Barbat A., Briend M., 1998. Evaluation génétique des caractères de fertilité femelle chez les bovins laitiers. *Renc. Rech. Rum.*, 5, 103-106.
- Brocard V., Delaby L., Seuret J.M., Philipps T., 2008. Les systèmes fourragers du nord-ouest de l'Europe : de l'herbe pâturée pour produire du lait. *Fourrages*, 196, 425-446.
- Brocard V., Portier B., François J., Tranvoiz E., Brun T., 2013. Conséquences techniques et économiques de l'allongement à 18 mois de l'intervalle entre vêlages chez les vaches laitières. *Renc. Rech. Rum.*, 20, 273-277.
- Bureau J.C., 2007. La politique agricole commune. Coll. Repères. La Découverte Editions, Paris, France, 120p.
- Caillaud D., Couéffé D., Georgel R., Moussu J.P., Zsitko J.M., 2012. Les systèmes herbagers de l'Est de la France : une réussite paradoxale. *Fourrages*, 213, 3-9.
- Capèle P., 1996. Le retour à l'herbe. Réseau des Fermes de références, EBD de Loire-Atlantique, Chambre d'Agriculture de Loire-Atlantique, 52p.
- Chatellier V., Gagné C., 2012. Les logiques économiques de la spécialisation productive du territoire agricole français. *Innov. Agron.*, 22, 185-203.
- Chatellier V., Lelyon B., Perrot C., You G., 2013. Le secteur laitier français à la croisée des chemins. In : Numéro spécial, La vache et le lait. Faverdin P., Leroux C., Baumont R. (Eds). *INRA Prod. Anim.*, 26, 77-100.
- Coquil X., Blouet A., Fiorelli J.L., Bazard C., Trommenschlager J.M., 2009a. Conception de systèmes laitiers en agriculture biologique : une entrée agronomique. *INRA Prod. Anim.*, 22, 221-234.
- Coquil X., Trommenschlager J.M., Bazard C., Desprès S., Delaby L., 2009b. Valorisation par les vaches laitières de mélanges céréales/protéagineux fermiers dans une ration hivernale. *Innov. Agron.*, 4, 145-149.
- Coquil X., Fiorelli J.L., Blouet A., Trommenschlager J.M., Bazard C., Mignolet C., 2011. Conception de systèmes de polyculture élevage laitiers en agriculture biologique : synthèse de la démarche pas à pas centrée sur le dispositif expérimental INRA ASTER-Mirecourt. *Renc. Rech. Rum.*, 18, 57-60.
- Cutullic E., Delaby L., Gallard Y., Disenhaus C., 2011. Dairy cows' reproductive response to feeding level differs according to the reproductive stage and the breed. *Animal*, 5, 731-740.
- Cutullic E., Delaby L., Gallard Y., Disenhaus C., 2012. Towards a better understanding of the respective effects of milk yield and body condition dynamics on reproduction in Holstein dairy cows. *Animal*, 6, 476-487.
- Dedieu B., Servière G., 2012. Vingt ans de recherche-développement sur le travail en élevage : acquis et perspectives. In : Numéro spécial, Travail en élevage. Hostiou N., Dedieu B., Baumont R. (Eds). *INRA Prod. Anim.*, 25, 85-100.
- Defrance P., Delaby L., Seuret J.M., 2005. Herb'Avenir : Un outil simple d'aide à la décision pour la gestion du pâturage. *Renc. Rech. Rum.*, 12, 80.
- Delaby L., Pavie J., 2008. Impacts de la stratégie d'alimentation et du système fourrager sur les performances économiques de l'élevage laitier dans un contexte de prix instables. *Renc. Rech. Rum.*, 15, 135-138.
- Delaby L., Peyraud J.L., 2009. Valoriser les fourrages de l'exploitation pour produire du lait. *Fourrages*, 198, 191-210.
- Delaby L., Peyraud J.L., Faverdin P., 2001. Pâtur'IN : Le pâturage des vaches laitières assisté par ordinateur. *Fourrages*, 67, 385-398.
- Delaby L., Peyraud J.L., Delagarde R., 2003. Faut-il compléter les vaches laitières au pâturage ? *INRA Prod. Anim.*, 16, 183-185.
- Delaby L., Faverdin P., Michel G., Disenhaus C., Peyraud J.L., 2009. Effect of different feeding strategies on lactation performance of Holstein and Normande dairy cows. *Animal*, 3, 891-905.
- Delaby L., Horan B., O'Donovan M., Gallard Y., Peyraud J.L., 2010. Are high genetic merit Dairy cows compatible with low input grazing systems? *Grassland Sci. Europe*, 15, 928-930.
- Delaby L., Gallard Y., Leurent-Collette S., 2012. Quelle vache pour quel système ? Travaux issus du CasDAR Génésys, Institut de l'Élevage,

- Paris. <http://idele.fr/recherche/publication/idelesolr/recommends/quelles-vaches-laitieres-pour-quel-systeme.html>
- Dewhurst R., Delaby L., Moloney A., Boland T., Lewis E., 2009. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish J. Agric. Food Res.*, 48-2, 167-187.
- Dillon P., MacDonald K., Holmes S.C.W., Lopez-Villalobos N., Buckley F., Horan B., Berry D.P., 2007. Cow genetics for temperate grazing systems, meeting the challenge for pasture-based dairying. In : Proc. Austral. Dairy Sci. Symp., Melbourne, Australie, 152-184.
- Dollé J.B., Delaby L., Plantureux S., Moreau S., Amiaud B., Charpiot A., Manneville V., Chanseau A., Chambaut H., Le Gall A., 2013. Impact environnemental des systèmes bovins laitiers français. In : Numéro spécial, la vache et le lait. Faverdin P., Leroux C., Baumont R. (Eds). INRA Prod. Anim., 26, 207-220.
- Dufour A., Dedieu B., 2010. Rapports au temps de travail et modes d'organisation en élevage laitier. *Cah. Agric.*, 19, 377-382.
- Dumont B., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Thomas M., Tichit M., 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*, 7, 1028-1043.
- Duru M., Cruz P., Magda D., 2008. La conduite des couverts prairiaux et systèmes de flexibilité. In : L'élevage en mouvement. Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores. Editions Quae, Versailles, France, 57-72.
- Farruggia A., Pichot L., Perrot C., 1995. Bilan apparent des minéraux et systèmes de production. Essai de hiérarchisation des systèmes à partir des réseaux d'élevage. *Renc. Rech. Rum.*, 2, 355-360.
- Fiorelli J.L., Peyre D., 2001. Diagnostic simplifié de trésorerie fourragère au pâturage. In : Nouveaux regards sur le pâturage. Actes des Journées de l'AFPF (Ed), Paris, France, 21 et 22 mars, A41.
- Fiorelli J.L., Coquil X., Trommenschlager J.M., Bazard C., Blouet A., 2010. Des prairies permanentes, unique ressource d'un système laitier biologique en Lorraine. *Renc. Rech. Rum.*, 17, 45-48.
- Garambois N., Devienne S., 2012. Les systèmes herbagers économes du Bocage vendéen : une alternative pour un développement agricole durable ? *Innov. Agron.*, 22, 117-134.
- GIEC, 2013. Groupe de travail I. Résumé à l'attention des décideurs. Contribution au 5^{ème} rapport, Oct. 2013.
- Heins B.J., Hansen L.B., 2012. *Short communication*: Fertility, somatic cell score, and production of Normande × Holstein, Montbéliarde × Holstein, and Scandinavian Red × Holstein crossbreds versus pure Holsteins during their first 5 lactations. *J. Dairy Sci.*, 95, 918-924.
- Heins B.J., Hansen L.B., de Vries A., 2012a. Survival, lifetime production, and profitability of Normande × Holstein, Montbéliarde × Holstein, and Scandinavian Red × Holstein crossbreds versus pure Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 95, 1011-1021.
- Heins B.J., Hansen L.B., Hazel A.R., Seykora A.J., Johnson D.G., Linn J.G., 2012b. Short communication: Jersey × Holstein crossbreds compared with pure Holsteins for body weight, body condition score, fertility, and survival during the first three lactations. *J. Dairy Sci.*, 95, 4130-4135.
- Huquet B., Leclerc H., Ducrocq V., 2012. Modelling and estimation of genotype by environment interactions for production traits in French dairy cattle. *Gen. Sel. Evol.*, 44, 35-48.
- Huyghe C., Delaby L., 2013. Prairies et systèmes fourragers. La France Agricole Editions, Paris, France, 529p.
- Justes E., Beaudoin N., Bertuzzi P., Charles R., Constant J., Dürr C., Hermon C., Joannon A., Le Bas C., Mary B., Mignolet C., Montfort F., Ruiz L., Sarthou J.P., Souchère V., Tournebise J., Savini I., Réchauchère O., 2012. Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires : conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques. Synthèse du rapport d'étude. INRA Editions, Paris, France, 60p.
- Lee J.M., Clark A.J., Roche J.R., 2013. Climate-change effects and adaptation options for pasture-based dairy farming systems: a review. *Grass Forage Sci.*, 68, 485-503.
- Le Gall A., Faverdin P., Thomet P., Vérité R., 2001. Le pâturage en Nouvelle Zélande : des idées pour les régions arrosées d'Europe. *Fourrages*, 166, 137-163.
- Lemaire G., Pflimlin A., 2007. Les sécheresses passées et à venir : quels impacts et quelles adaptations pour les systèmes fourragers. *Fourrages*, 190, 163-180.
- Le Mezeq P., 2012. Le croisement laitier en France. Travaux issus du CasDAR Génésys, Institut de l'Élevage, Paris. <http://idele.fr/recherche/publication/idelesolr/recommends/le-croisement-laitier-en-france.html>
- Lherm M., 2008. Intérêts et limites économiques des systèmes d'exploitation « herbagères ». In : Prairies, Herbivores, Territoires. Quels enjeux ? Beranger C., Bonnemaire J. (Eds). Quae Editions, Paris, France, 71-90.
- Loiseau P., Louault F., Carrère P., Assmann T., Alvarez G., Delpy R., Soussana J.F., 2002. Flux de carbone et d'azote dans les associations de graminée et de trèfle blanc conduites en pâturage simulé. *Fourrages*, 169, 25-46.
- Mackie T.R., Parr C.R., Stakelum G.K., Bryant A.M., MacMillan K.L., 1996. Feed conversion, daily pasture intake and milk production of primiparous Friesian and Jersey cows calved at two different liveweights New Zealand. *J. Agric. Res.*, 39, 357-370.
- Mackey D.R., Gordon A.W., McCoy M.A., Verner M., Mayne C.S., 2007. Associations between genetic merit for milk production and animal parameters and the fertility performance of dairy cows. *Animal*, 1, 29-43.
- Martin G., Felten B., Magne M.A., Piquet M., Sautier M., Theau J.P., Thénard V., Duru M., 2012. Le rami fourrager : un support pour la conception de scénarios de systèmes fourragers avec des éleveurs et des conseillers. *Fourrages*, 210, 119-128.
- McCarthy B., Delaby L., Pierce K.M., Brennan A., Horan B., 2013. The effect of stocking rate and calving date on milk production of Holstein-Friesian dairy cows. *Livest. Sci.*, 153, 123-134.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2012. Chiffres clés du climat – France et monde, Service de l'observation et des statistiques, Paris, France, 48p.
- Moreau J.C., 2009. Prospective à l'échelle des systèmes d'élevage herbivore, adaptation et pistes de réflexion. In : Changement climatique. Conséquences et enseignements et l'élevage herbivore. Recueil de communications, Paris, France, 22 Octobre, 113-136.
- Nicolardot B., Mary B., Houot S., Recous S., 1996. La dynamique de l'azote dans les sols cultivés. In : Maitrise de l'azote dans les agro-systèmes, Lemaire G., Nicolardot B. (Eds). INRA, Paris, France, 87-103.
- Noury J.M., Pauthenet Y., Fourdin S., 2013. Systèmes d'élevage et changement climatique : perception d'éleveurs et stratégies d'adaptation aux aléas. *Fourrages*, 215, 211-219.
- Novak S., Delagarde R., Fiorelli J.L., 2013. Conception d'un système fourrager bioclimatique : la démarche initiée à Lusignan. *Fourrages*, 215, 241-246.
- Paccard P., Capitain M., Farruggia A., 2003. Autonomie alimentaire et bilans des minéraux des élevages bovins laitiers selon les systèmes de production. *Fourrages*, 174, 243-257.
- Parr J.F., Papendick R.I., Youngberg I.G., Meyer R.E., 1990. Sustainable Agriculture in the United States. In: Sustainable Agriculture. Syst. Edwards C., Lal R., Madden P., Miller R.H., House G. (Eds), Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, 50-67.
- Perrot C., 2010. Projection du nombre d'exploitations bovines laitières ou allaitantes françaises. Une approche par modélisation démographique intégrant des effets territoriaux. *Renc. Rech. Rum.*, 17, 211-214
- Perrot C., Caillaud D., Désarménien D., Dockès A.C., Guillaumin A., Reuillon J.L., 2009. France laitière 2015. Vers une accentuation des contrastes régionaux. Le dossier de l'économie de l'élevage n° 391, Institut de l'Élevage (Ed), Paris, France, 72p.
- Perrot C., Caillaud D., Chambaut H., 2011. Economies d'échelle et économies de gamme en élevage bovin laitier. Rapport d'étude au Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, Institut de l'Élevage (Ed), Paris, 123p. <http://agriculture.gouv.fr/Economies-d-echelle-et-economies>
- Peyraud J.L., Delaby L., Delagarde R., Pavie J., 2014. Les atouts sociétaux et agricoles de la prairie. In : Concilier productivité et autonomie en valorisant la prairie, Actes des Journées de l'AFPF (Ed), 25 et 26 Mars, Versailles, France, 5-16.
- Peyraud J.L., Duhem K., 2013. Les élevages laitiers et le lait demain : exercice d'analyse prospective. In : Numéro spécial, La vache et le lait. Faverdin P., Leroux C., Baumont R. (Eds). INRA, Prod. Anim., 26, 221-230.
- Peyraud J.L., Cellier P., Donnars C., Réchauchère O., 2012. Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective. Synthèse du rapport, INRA Editions, Paris, France, 84p.
- Peyraud J.L., Agabriel J., Benoit M., Duhem K., Lagriffoul G., Legarto J., Morin E., 2013. Vers des systèmes d'élevage de ruminants à hautes performances. *Renc. Rech. Rum.*, 20, 21-30.
- Piccand V., Cutullic E., Meier S., Schori F., Kunz P.L., Roche J.R., Thomet P., 2013. Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system. *J. Dairy Sci.*, 96, 5352-5363.
- Pochon A., 2008. Agronomes et paysans. Un dialogue fructueux. Sciences en questions, Quae (Ed), INRA, Versailles, France, 70p.

- Poly J., 1978. Pour une agriculture plus autonome et plus économe. Rapport INRA, Paris, France, 70p.
- Pottier E., Delaby L., Agabriel J., 2007. Adaptations de la conduite des troupeaux bovins et ovins aux risques de sécheresse. *Fourrages*, 191, 267-284.
- Poux X., 2008. Low inputs farming systems in Europe. What is at stake? In *Low Input Farming Systems: an Opportunity to Develop Sustainable Agriculture*. Proc. JRC Summer University, Ranco, Italy, 2-5 July 2007, 1-11.
- Prendiville R., Pierce K.M., Buckley F., 2009. An evaluation of production efficiencies among lactating Holstein-Friesian, Jersey, and Jersey × Holstein-Friesian cows at pasture. *J. Dairy Sci.*, 92, 6176-6185.
- Réseau Agriculture Durable, 2007-11. L'observatoire technico-économique. <http://www.agriculture-durable.org/lagriculture-durable/lob-servatoire-technico-economique/>
- Réseaux d'Elevage, 2013. Résultats 2011 et estimations 2012 pour les exploitations bovines lait. Coll. Résultats annuels, Institut de l'Elevage Editions, Paris, France, 50p.
- Ribeiro-Filho H.M.N., Delagarde R., Peyraud J.L., 2005. Herbage intake and milk yield of dairy cows grazing perennial ryegrass pastures or white-clover/perennial rye grass pastures at low and medium herbage allowance. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 119, 13-27.
- Rubin B., Hérisset R., Caillaud D., Jacquero M.P., You G., Leclerc M.C., Delaby L., Losq G., Courvoisier C., Pechuzal Y., 2013. Après quota. Piloter mon exploitation laitière dans un contexte ouvert. Guide de la flexi-sécurité en élevage. Institut de l'Elevage Editions, Paris, France, 80p.
- Servolin C., 1989. L'agriculture moderne. Coll. Points. Le Seuil Editions, Paris, France, 318p.
- Seuret J.M., Theau J.P., Pottier E., Pelletier P., Piquet M., Delaby L., 2014. Des outils d'aide à la gestion du pâturage pour mieux valoriser les prairies et renforcer la confiance des éleveurs. In : *Concilier productivité et autonomie en valorisant la prairie, Actes des Journées de l'AFPP (Ed)*, 25 et 26 Mars, Versailles, France, 69-80.
- Simon J.C., Vertès F., Decau M.L., Le Corre L., 1997. Les flux d'azote au pâturage. 1- Bilans à l'exploitation et lessivage du nitrate sous prairies. *Fourrages*, 151, 249-262
- Simon J.C., Grignani C., Jacquet A., Le Corre L., Pagès J., 2000. Typologie des bilans d'azote de divers types d'exploitation agricole : recherche d'indicateurs de fonctionnement. *Agronomie*, 20, 175-195.
- Teagasc, 2009. *Grazing Notebook*. Grazing guidelines throughout the year. Teagasc and Irish Farms Journal (Ed), Dublin, Irlande, 50p.
- Unifa, 2013. La fertilisation en France. <http://www.unifa.fr>
- Vance E.R., Ferris C.P., Elliott C.T., Hartley H.M., Kilpatrick D.J., 2013. Comparison of the performance of Holstein-Friesian and Jersey-Holstein-Friesian crossbred dairy cows within three contrasting grassland-based systems of milk production. *Livest. Sci.*, 151, 66-79.
- Veysset P., Tauriac R., Benoit M., Belvèze J., Patout O., Reuillon J.L., Morin E., Vallas M., 2013. Les systèmes d'élevage agrobiologiques du Massif Central : évolution (2008-2011) et analyse transversale (trans-productions) des résultats technico-économiques et de leurs déterminants. *Innov. Agron.*, 32, 317-331.
- Vertès F., Jeuffroy M.H., Justes E., Thiébaud P., Corson M., 2010. Connaître et maximiser les bénéfices environnementaux liés à l'azote chez les légumineuses, à l'échelle de la culture, de la rotation et de l'exploitation. *Innov. Agron.*, 11, 25-44.
- Washburn S.P., White S.L., Green J.T., Benson G. A., 2002. Reproduction, Mastitis, and Body Condition of Seasonally Calved Holstein and Jersey Cows in Confinement or Pasture Systems. *J. Dairy Sci.*, 85, 105-111.

Résumé

Après une période de grande stabilité des prix et des volumes produits, encadrée par une politique agricole commune forte, la filière laitière française entre dans une zone de turbulences et d'incertitudes. L'augmentation de la demande alimentaire mondiale, associée à l'abandon imminent des quotas laitiers devraient créer un climat d'enthousiasme et favoriser le développement de la production laitière en Europe. Mais ces dérégulations aboutissent aussi à de fortes tensions sur le marché mondial des produits agricoles qui renforcent les inquiétudes concernant l'avenir du potentiel de production laitière française. Les éleveurs s'interrogent sur l'évolution de leurs systèmes de production et notamment la pertinence de diverses options. Afin de limiter la sensibilité aux fluctuations du marché, les systèmes laitiers à bas intrants font le choix d'une réduction de leur dépendance grâce à une forte cohérence entre les potentialités du milieu et la demande du troupeau. Ils espèrent alors améliorer leurs revenus par la réduction des coûts tout en assurant la pérennité du système. Ce choix est un puissant stimulant d'innovations pratiques qui s'appuient souvent sur des traditions techniques revisitées et adaptées au contexte. Cette démarche, déjà mise en place par un certain nombre d'éleveurs, impose de disposer d'atouts structurels favorables au pâturage de longue durée, de constituer un stock de sécurité conséquent et de favoriser les légumineuses et le recyclage efficace des éléments. La conduite du troupeau, notamment en matière de répartition des vêlages, et le choix du type de vaches sont également des éléments stratégiques essentiels. Si les performances économiques et sociales de ces systèmes sont souvent conformes aux attentes, ces systèmes nécessitent au minimum apprentissage et conviction du fait d'un changement de paradigme dans l'évaluation des performances.

Abstract

Low input dairy systems: between traditions and innovations

After a period of stable and high milk prices and milk volume production, facilitated by the strong CAP, the French dairy sector now faces a difficult period. Global food demand is increasing and the pending EU milk quota abolition should create a positive environment and stimulate European milk production. These deregulations are also contributing to increased tension around agriculture products on the world market, reinforcing the concerns regarding the future of French milk production potential. Dairy cow breeders are concerned with the evolution of dairy systems and the current interest in diverse technical options. Low input dairy systems reduce their sensitivity to market fluctuations due to a strong link between local agronomic potential and animal demand. Reductions in the cost of production should result in increased income in those systems due to system durability. Such systems stimulate innovation through revival and adaptation of traditional technical practices. This process, already applied by some farmers, requires structural strengths to realize a long grazing season, to limit climatic stress impact through awareness and early adaptation of management, and to promote legume use and the efficient recycling of nutrients. Herd management, especially the calving pattern, and the type of cow are also necessary. If the economic and social performances of these systems are in accordance with expectations, they require knowledge and conviction due to the paradigm shift in the performance evaluation criteria of milk production systems.

DELABY L., FIORELLI J.-L., 2014. Elevages laitiers à bas intrants : entre traditions et innovations. In : Numéro spécial, Quelles innovations pour quels systèmes d'élevage ? Ingrand S., Baumont R. (Eds). INRA Prod. Anim., 27, 123-134.