

Cet article de la revue **Fourrages**,  
est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données  
et pour vous abonner :

**[www.afpf-asso.org](http://www.afpf-asso.org)**

# Quelle place pour l'élevage, les prairies et les produits animaux dans les transitions agricoles et alimentaires ?

M. Duru<sup>1</sup>, M. Benoit<sup>2</sup>, C. Donnars<sup>3</sup>, J. Ryschawy<sup>1</sup>, B. Dumont<sup>2</sup>

Les enjeux d'environnement et de santé sont encore trop souvent examinés séparément. Cet article présente une analyse conjointe des impacts positifs et négatifs de l'élevage (principalement de ruminants) et de la consommation de protéines animales sur l'environnement et la santé humaine.

## RÉSUMÉ

La réduction de la part des protéines animales dans le régime alimentaire des Européens est une option de plus en plus privilégiée par les scientifiques pour améliorer à la fois l'empreinte environnementale et la santé humaine. Les systèmes herbagers permettent de maximiser les bénéfices environnementaux et santé. Les conséquences de plusieurs pistes de changement sont examinées : réduire les protéines animales consommées (de 22 %, en cohérence avec la consommation de protéines recommandées, ou de 34 %, pour équilibrer protéines animales et végétales) ou utiliser pour l'élevage exclusivement des ressources non alimentaires pour l'homme. Les principaux verrous à la mise en œuvre de telles options sont étudiés et des pistes concrètes proposées.

## SUMMARY

### **Agricultural and agrifood transitions: exploring the potential roles of livestock, grasslands, and animal products**

In recent years, studies have underscored the negative effects of livestock systems and diets high in animal products. However, environmental and health impacts are often considered separately. In Europe, scientists have indicated that the best way to reduce such impacts is to reduce the dietary intake of animal proteins. Grass-based systems could help in this regard. Here, we examined the consequences of pursuing different types of solutions: 1) reducing the dietary intake of animal protein (by 22%, to bring current intake in line with recommended intake, or by 34%, to accomplish the same but also increase the relative reliance on vegetable protein) or 2) raising livestock exclusively using resources that humans cannot exploit for food. The main ways of implementing such strategies are examined, and concrete suggestions are provided.

L'élevage est aujourd'hui critiqué pour son emprise sur les terres (environ deux tiers des surfaces agricoles mondiales sont utilisées par l'élevage ; STEINFELD *et al.*, 2006) et pour la compétition entre l'alimentation humaine et l'alimentation animale (un tiers de la production mondiale de céréales est utilisé pour nourrir les animaux d'élevage ; SCHADER *et al.*, 2015) mettant en péril la sécurité alimentaire mondiale et les habitats naturels en raison de ressources en terre limitées. Il est aussi blâmé pour sa contribution importante aux émissions de gaz à effet de serre (GES), représentant 14,5 % des émissions anthropiques (GERBER *et al.*, 2013). Plus largement, il est admis que la consommation très élevée de

produits animaux dans les pays développés (un Européen en consomme deux fois plus que la moyenne mondiale) est une des causes majeures qui contribue à ce que l'humanité dépasse trois des « limites planétaires » que sont la perturbation du cycle de l'azote, le changement climatique et l'érosion de la biodiversité (ROCKSTRÖM *et al.*, 2009). Les régimes alimentaires occidentaux riches en viande et produits animaux transformés accroissent l'occurrence des maladies cardiovasculaires, du diabète (MICHA *et al.*, 2010) et du cancer colorectal (BOUVARD *et al.*, 2015). Ces connaissances convergent pour alerter sur les conséquences néfastes pour l'environnement et la santé humaine d'un accroissement de la consommation de

## AUTEURS

1 : UMR AGIR, INRA, Université Toulouse, INPT, F-31326 Castanet-Tolosan ; michel.duru@inra.fr

2 : Université Clermont-Auvergne, INRA, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

3 : DEPE, INRA, 147, rue de l'Université, F-75338 Paris Cedex 07

**MOTS CLÉS** : Acides gras essentiel, bovin, environnement, gaz à effet de serre, luzerne, ovin, porcin, prairie, prairie permanente, production de viande, production laitière, protéine, qualité des produits, ration de base, santé, services écosystémiques, système de culture.

**KEY-WORDS** : Alfalfa, basic diet, cattle, crop system, dairying, ecosystem services, environment, essential fatty acid, grassland, greenhouse-effect gas, health, meat production, permanent pasture, product quality, protein, sheep, swine.

**RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE** : Duru M., Benoit M., Donnars C., Ryschawy J., Dumont B. (2017) : «Quelle place pour l'élevage, les prairies et les produits animaux dans les transitions agricoles et alimentaires ?», *Fourrages*, 232, 281-296.

produits animaux (ALEKSANDROWICZ *et al.*, 2016 ; TILMAN et CLARK, 2014). Plusieurs auteurs estiment qu'une alimentation saine et durable suppose que les produits animaux ne fournissent pas plus de la moitié des apports protéiques totaux (GUÉGUEN *et al.*, 2016), contre deux tiers aujourd'hui dans les pays occidentaux.

**Plusieurs travaux prospectifs examinent les potentiels de réduction conjointe de l'empreinte environnementale de l'élevage et de ses impacts négatifs sur la santé humaine** (BIESBROEK *et al.*, 2014 ; GARNETT *et al.*, 2014). Le plus souvent, ils simulent les effets d'une réduction de la consommation de viande sans prendre en compte les différentes façons de la produire (YIP *et al.*, 2013 ; WESTHOEK *et al.*, 2016). Les scénarios les plus récents proposent de ne nourrir les ruminants qu'à partir des surfaces non arables (prairies permanentes obligatoires) alors que les monogastriques valoriseraient les sous-produits de l'agroalimentaire et les déchets, afin de supprimer toute concurrence pour l'usage des terres entre l'alimentation animale et l'alimentation humaine (VAN ZANTEN *et al.*, 2016 ; ZU ERMGASSEN *et al.*, 2016). Toutes ces études concluent qu'une forte réduction de la consommation des protéines animales serait un puissant levier pour réduire l'empreinte environnementale de l'élevage (ERB, 2016 ; POPP *et al.*, 2010). Les régimes alimentaires simulés se rapprochent d'un régime de type méditerranéen (FARCHI *et al.*, 2017) dont l'intérêt pour la santé humaine a été souligné par les agences nationales pour la santé en Europe (VAN DOOREN *et al.*, 2014). Ces scénarios sont cependant simplificateurs car ils ne considèrent que les surfaces toujours en herbe pour produire des fourrages (SCHADER *et al.*, 2015), sans prendre en compte la fourniture des autres services écosystémiques (DURU *et al.*, 2017a), ni la diversité de capacité productive des territoires d'élevage (RYSCHAWY *et al.*, 2015). Ils excluent des simulations les prairies temporaires incluses dans des rotations culturales, et ne tiennent donc pas compte des services intrants qu'elles fournissent aux cultures. Enfin, **ils ne tiennent pas compte du fait que l'alimentation des ruminants à l'herbe modifie favorablement la composition des produits en acides gras essentiels et en micronutriments** (FARRUGGIA *et al.*, 2008 ; MARTIN *et al.*, 2009 ; DURU *et al.*, 2017b) dont notre alimentation est déficitaire, et qui peuvent contribuer à réduire le risque d'apparition de maladies chroniques telles que l'obésité, le diabète, certains cancers, l'arthrite, l'asthme et les maladies cardiovasculaires, ainsi que certaines maladies du cerveau (dépression, Alzheimer) (MOLFINO *et al.*, 2014). Tous ces éléments montrent que **les effets des modes d'alimentation des animaux** (en particulier la place des prairies<sup>1</sup>) **sur l'environnement et la santé humaine, n'ont été jusqu'ici que très rarement considérés de manière conjointe.**

Dans une première partie, nous synthétisons donc les informations disponibles (i) sur l'utilisation des terres pour quantifier la compétition pour les ressources entre l'alimen-

tation animale et l'alimentation humaine, sur les émissions de GES par les systèmes ruminants et le stockage de carbone par les prairies ainsi que sur l'efficacité de conversion protéique selon le mode d'alimentation des animaux, et (ii) sur l'impact santé de l'élevage selon la part des produits animaux dans les régimes et le mode d'alimentation des animaux. Dans une deuxième partie, nous explorons de nouveaux scénarios sur la base des recommandations alimentaires (ANSES, 2016) et des besoins en surface pour l'alimentation humaine en cherchant à concilier enjeux d'environnement et de santé humaine. Nous examinons alors des leviers agronomiques permettant d'augmenter la valorisation des ressources herbagères (prairies à base de légumineuses) et l'efficacité des systèmes de production (en utilisant des races mixtes, à finalité lait et viande). Ces différentes pistes constituent une rupture par rapport aux dynamiques actuelles car elles nécessitent une transition à la fois agricole et alimentaire. C'est pourquoi, dans une troisième partie, nous examinons quelques-uns des verrous pouvant freiner ces transitions : politiques publiques, organisation des filières, lobbies, et proposons des pistes pour les lever.

## 1. Effets de l'élevage et des produits animaux sur l'environnement et la santé humaine

Les différents impacts environnementaux de l'élevage ont été analysés en détail à l'occasion de l'expertise scientifique collective sur les rôles, impacts et services issus des élevages en Europe (DUMONT *et al.*, 2016). Nous ne reprenons ici que ceux qui peuvent être atténués par des leviers ayant également des effets bénéfiques sur la santé humaine.

### ■ Impacts sur l'environnement et capacité à nourrir les populations

#### • L'élevage, une empreinte territoriale élevée et pour partie externalisée

Les animaux d'élevage mangent principalement de l'herbe, des fourrages annuels (tels que le maïs ensilage...), des céréales, des concentrés protéiques et énergétiques composés de céréales, de graines oléoprotéagineuses et de tourteaux, et certains coproduits industriels. Les surfaces en prairies représentent un peu moins de la moitié de la surface agricole utile européenne. La part des céréales destinée à l'alimentation animale, autrement dit entrant en compétition directe avec l'alimentation humaine, atteint un tiers au niveau mondial (SCHADER *et al.*, 2015) et 60% en Europe (FAOSTAT). En outre, l'alimentation animale est en partie externalisée. Ainsi, l'Europe importe environ 70% des protéines d'oléoprotéagineux (surtout du soja) pour la production d'aliments concentrés pour animaux (soit environ 18% des aliments en masse) (DUMONT *et al.*, 2016). Le tourteau de soja et les autres tourteaux ou graines d'oléoprotéagineux proviennent essentiellement d'hectares cultivés hors UE, principalement en Argentine et au Brésil. Ces flux déconnectent fortement les sites de production des matières

1 : Les surfaces en herbe utilisées pour la production de fourrages recouvrent une très grande diversité de niveaux d'anthropisation (végétations « naturelles » ou semées), de milieux (plaine, montagne, zones sèches ou humides, zones labourables ou non labourables), de degrés de pérennisation (couverts pérennes ou en rotation avec des cultures). Les espèces herbacées peuvent être associées à des espèces ligneuses de manière intentionnelle (pré-vergers, haies, arbres isolés) ou non (parcours, landes).

premières des zones d'élevage et des lieux de consommation des produits animaux. Ils génèrent des conséquences environnementales contrastées entre les régions d'importations (déforestation (BOEREMA *et al.*, 2016) et érosion de la biodiversité (CHAUDHARY et KASTNER, 2016)) et les régions utilisatrices (forts excédents d'azote dans les zones à haute densité animale en Europe : BILLEN, 2010 ; LASSALETA *et al.*, 2014 ; WESTHOEK *et al.*, 2016). Il s'ensuit que, dans les zones à haute densité animale, ces apports massifs d'azote génèrent des rejets polluants dans l'atmosphère et l'hydrosphère, et différents types de nuisances (odeurs, algues vertes, etc. ; SUTTON, 2011 ; DOURMAD *et al.*, 2017).

**En France, la part des protéines importées est plus faible que dans d'autres pays européens car le tourteau de colza tend à remplacer le tourteau de soja** (30 et 50 % des tourteaux, respectivement). Ainsi, **la production nationale de lait se fait principalement à partir de maïs ensilage et de céréales** (73 % des apports de matière sèche), puis d'herbe (13 %), de tourteaux (8 %) et de coproduits (6 %). **Pour la viande de ruminants** (bovins et ovins), **l'herbe est la principale ressource** (68 %), puis le maïs ensilage (26 %) et les tourteaux et coproduits (3 % chacun) (AGRESTE, 2013). Si l'on considère l'ensemble des ruminants, toutes espèces et productions confondues, les surfaces toujours en herbe, les prairies temporaires ou artificielles et le maïs ensilage contribuent respectivement à 54 %, 25 % et 21 % des fourrages ingérés (DEVUN et LEGARTO, 2011). En termes d'usage du sol, ces ressources représentent respectivement 67 %, 21 % et 12 % de la surface fourragère. Pour le porc et les volailles, les proportions de céréales dans la ration sont respectivement de 64 et 62 % (une grande partie étant produite en France), les tourteaux et graines d'oléoprotéagineux entrant pour 21 et 29 % des rations, et les co-produits pour 8 % de la ration des porcs (AGRESTE, 2013).

#### • Des émissions de gaz à effet de serre pour partie compensées par la séquestration du carbone

Les émissions de GES des animaux d'élevage se répartissent généralement en quatre catégories (GERBER *et al.*, 2013) : (i) la fermentation entérique issue de la rumination des herbivores qui libère du méthane (CH<sub>4</sub>), (ii) la gestion des effluents responsables de l'émission de composés gazeux, notamment du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O émis en bâtiment, lors du stockage puis de l'épandage des effluents sur les sols, (iii) la production d'aliments pour animaux qui comptabilise, dans une approche par analyse du cycle de vie (ACV), les émissions associées aux cultures qu'ils consomment (N<sub>2</sub>O émis par les sols fertilisés, CO<sub>2</sub> issu de la mécanisation et de la fabrication des intrants) et à la fabrication des aliments concentrés (CO<sub>2</sub> ; par ex. GODINOT *et al.*, 2015), (iv) la consommation d'énergie dans les élevages qui donne majoritairement lieu à des émissions de CO<sub>2</sub>.

Les estimations prennent donc en compte les émissions associées à la production des aliments du bétail (céréales, protéagineux, maïs et autres fourrages, herbe, paille et coproduits). **Les émissions globales de GES liées à l'élevage représentaient en 2007 entre 12 et 17 % des**

**émissions totales de l'UE-27** (BELLARBY *et al.*, 2013). Elles se décomposaient respectivement en 32 % pour le lait de vaches, 28 % pour la viande bovine, 26 % pour la viande porcine, 8 % pour les poulets, 3 % pour les petits ruminants et 3 % pour les œufs. Les émissions délocalisées à l'extérieur de l'Europe atteignaient 39 %, en grande partie du fait de changements d'usage des terres pour la culture des oléoprotéagineux (LEIP *et al.*, 2015). Les niveaux de GES par kg de produit sont plus élevés pour les viandes issues de ruminants que pour celles issues des monogastriques en raison de leur production de méthane entérique, des indices de consommation plus élevés des ruminants et de leur poids relatif dans le cheptel total. Le troupeau bovin allaitant est ainsi le plus gros émetteur de GES par kg de produit. La contribution très importante du système naisseur est due en grande partie au méthane entérique. Celui-ci est très globalement lié aux quantités d'aliments ingérés dans l'atelier naisseur par la vache allaitante et son veau, mais aussi par les génisses d'élevage (DOREAU *et al.*, 2017). Le lait de vache présente des émissions de GES par unité de protéines produites comparables à celles des monogastriques.

**Les émissions de GES dues aux ruminants peuvent être pour partie compensées par la séquestration de carbone dans le sol, essentiellement dans les prairies permanentes.** En zone tempérée, les sols des prairies peuvent séquestrer jusqu'à  $0,7 \pm 0,1$  t C/ha/an (SOUSSANA et LEMAIRE, 2014). Cependant, cette séquestration de carbone, élevée les premières années après implantation des prairies, **diminue beaucoup au-delà de 30 ans**, puis est très faible après 50 ans (SMITH, 2014). Un stockage additionnel est toutefois possible en optimisant la gestion du cycle des nutriments dans les prairies par des apports raisonnés d'azote minéral et un chargement adéquat (SOUSSANA et LEMAIRE, 2014). Une augmentation de la durée des prairies temporaires ou de leur superficie dans le contexte des systèmes de polyculture-élevage augmente la séquestration en carbone (PELLERIN *et al.*, 2013). A l'inverse, la conversion des prairies permanentes en terres arables est le premier facteur de diminution de la teneur en carbone des sols en Europe. Ce déstockage est bien plus rapide que le stockage (VERTÈS *et al.*, 2007 ; POEPLAU *et al.*, 2015). La part des prairies dans l'alimentation des ruminants n'est donc susceptible de compenser les émissions brutes de GES que dans certaines conditions, et les résultats sont très dépendants des hypothèses retenues. En France, en considérant une séquestration de C de 500 et 250 kg/ha/an respectivement pour des prairies de moins et de plus de 30 ans (DOLLÉ *et al.*, 2011), **les émissions brutes et nettes** (en eq CO<sub>2</sub> par litre de lait) sont respectivement de 1,03 et 0,97 pour les systèmes où la contribution du maïs est supérieure à 40 % de la surface fourragère. L'écart entre les émissions brutes et nettes se creuse (il est respectivement de 1,04 et 0,74 eq CO<sub>2</sub>/l) pour les systèmes où la part du maïs dans la surface fourragère allouée aux vaches laitières est inférieure à 20 % (ADEME, 2017). Des écarts d'émissions nettes similaires ont été calculés selon le mode d'alimentation des animaux dans d'autres réseaux d'élevage laitiers (GAC *et al.*, 2014). En outre, **les émissions de GES ramenées aux quantités de lait produites sont stables au-delà d'un rendement de 4000 l de lait produit par vache et par an, contrairement aux monogastriques pour**

lesquels l'intensification permet de réduire leur empreinte carbone par kg de produit. Ceci est à la fois observé à l'échelle globale des pays producteurs de lait (GERBER *et al.*, 2013) mais aussi lorsqu'on compare différents systèmes laitiers à l'échelle d'un territoire comme l'ouest de la France (ALARD *et al.*, 2002 ; LE GALL *et al.*, 2005 ; comparaison de fermes conventionnelles avec celles des réseaux Civam, DURU et THEROND, 2015). Pour des animaux à fort potentiel génétique de production, la réduction des émissions de CH<sub>4</sub> par litre de lait est en général contrebalancée par les surplus d'intrants nécessaires à la production et par le fort taux de renouvellement dans ces troupeaux. Pour les élevages allaitants (naissieurs ou naisseurs engraisseurs), les émissions varient entre 13 et 15 kg eq CO<sub>2</sub> par kg de viande vive, et tombent à 6-10 kg lorsqu'on prend en compte la séquestration du carbone (GAC *et al.*, 2014 ; DOREAU *et al.*, 2017). Les émissions nettes en CO<sub>2</sub> par kg de viande sont ainsi moindres dans les systèmes herbagers (12,6 kg eq CO<sub>2</sub> par kg de viande) où l'on utilise trois fois moins de maïs que dans les autres systèmes où les niveaux d'émissions se situent à 14,4 kg eq CO<sub>2</sub> par kg de viande (RABIER *et al.*, 2015).

#### • Une efficacité protéique et d'utilisation des terres dépendant de la place des prairies dans l'alimentation des animaux

Pour éclairer la place de l'élevage dans les systèmes alimentaires (c'est-à-dire de la production à la consommation), on calcule la surface mobilisée ou les kg de matières premières végétales nécessaires pour produire un kg de produit animal. Concernant l'efficacité protéique, les élevages consomment beaucoup plus de protéines végétales qu'ils n'en restituent sous forme de protéines animales (STEHFEST *et al.*, 2009 ; GODINOT *et al.*, 2015). Il faut en moyenne 5 à 6 kg de protéines végétales pour fabriquer 1 kg de protéines animales, ce qui veut dire que le « détour » par l'animal coûte environ 85 % des protéines végétales initiales. Ces valeurs varient de 2 à 10 kg selon les espèces (les volailles et les porcs étant plus efficaces que les bovins dont les rations à base de fourrages sont moins digestibles) et selon les produits (les productions de lait et d'œufs sont en moyenne plus efficaces que celles des viandes). Cependant, ces valeurs moyennes n'ont pas le même impact sur la sécurité alimentaire selon que **les protéines végétales utilisées proviennent de terres arables ou de surfaces toujours en herbe qui ne peuvent pas être mises en culture** du fait des conditions pédoclimatiques (pente, profondeur de sol...). Ainsi, les calculs révèlent-ils une **bonne efficacité de conversion des protéines dans les systèmes herbagers** (VAN ZANTEN *et al.*, 2015) **lorsqu'on rapporte les quantités de protéines animales produites aux seules protéines végétales directement valorisables par l'homme** qui sont nécessaires à les produire. Lorsque ce ratio est supérieur à 1, on considère même que le système d'élevage considéré contribue positivement à la sécurité alimentaire humaine. Des calculs récents indiquent des ratios supérieurs à 1 pour les systèmes laitiers herbagers, neutres (égaux à 1) pour la viande bovine produite à l'herbe, et inférieurs à 1 pour les monogastriques et les

bovins alimentés avec des rations riches en concentrés et en ensilage de maïs (ERTL *et al.*, 2015 ; PEYRAUD, 2017). La part de concentrés dans la ration et sa composition déterminent également le ratio obtenu. Un tel mode de calcul souligne l'intérêt des systèmes ruminants herbagers pour produire efficacement des protéines animales à partir de ressources non directement valorisables par l'homme. Lorsque ce calcul est fait non plus à partir des surfaces toujours en herbe et des coproduits, mais en incluant des surfaces en prairies temporaires pouvant être affectées à des cultures pour l'alimentation humaine, les valeurs d'efficacité calculées sont bien plus élevées puisque la part de protéines issues de surfaces entrant en compétition avec l'alimentation humaine diminue (LAISSE *et al.*, 2017).

#### ■ Impact santé de l'élevage et des produits animaux

**Les impacts sanitaires de l'élevage et de ses produits** sont de différents ordres. Les plus médiatisés sont liés à la survenue de **zoonoses**. Trois quarts des maladies infectieuses humaines émergentes (telles que Influenza H1N1 et H5N1, le Chikungunya, Ebola, etc.) sont zoonotiques (JONES *et al.*, 2008). Les institutions internationales (OMS, FAO) en ont pris la mesure en privilégiant dorénavant une approche globale et préventive de protection de la santé humaine et animale, dénommée « *One World-One Health* ». L'Europe est moins affectée que les autres régions du monde du fait d'une organisation prophylactique rigoureuse dans les élevages et les filières et d'une moindre diversité des maladies. Selon l'agence de sécurité alimentaire européenne, les zoonoses y sont majoritairement contractées par voie alimentaire et sont responsables d'environ 320 000 cas annuels chez les humains. La salmonellose reste la principale cause de toxi-infection alimentaire collective, *via* la consommation d'œufs dans la moitié des cas.

Hormis les épizooties, **les contaminations proviennent surtout des effluents d'élevage** qui diffusent dans l'environnement une partie des nutriments et des médicaments (hormones, antibiotiques) non assimilés ainsi que des bactéries, virus et parasites et polluants minéraux contenus dans leurs déjections. Bien que complexes à étudier (HOUDOT *et al.*, 2014), ces contaminations mettent en cause certains mésusages. Ainsi, entre 30 et 90 % des antibiotiques administrés aux animaux sont excrétés sans être métabolisés. Or ces substances antibiotiques, toujours actives, exercent une pression de sélection sur les bactéries du sol et contribuent donc au développement d'antibiorésistances qui mettent en péril des traitements médicaux humains (CARVALHO et SANTOS, 2016).

L'élevage est également impliqué dans les **émissions atmosphériques** d'azote réactif qui ont un impact sanitaire sur l'homme et les écosystèmes (SUTTON, 2011 ; PEYRAUD *et al.*, 2012). L'ammoniac émis dans les bâtiments d'élevage est une source directe de pollution pour les éleveurs mais, beaucoup plus largement, il contribue à une part importante (30-70 %) de la pollution de l'air par les particules fines (< 2,5 µm), au point d'être considéré par STOKSTAD

(2014) comme le premier facteur affectant la santé humaine issu de l'élevage au niveau mondial. Le détour par l'élevage pour la fabrication de protéines occasionne donc automatiquement des pertes d'azote réactif supérieures à celles occasionnées par la fabrication de la même quantité de protéines végétales. On peut enfin ajouter à l'empreinte de l'élevage d'autres impacts indirects dont les **pesticides apportés aux cultures dédiées à l'alimentation du bétail**, comme a proposé de le faire SUTTON (2011) à l'occasion d'une expertise européenne sur l'azote.

- **Les recherches en santé nutritionnelle montrent l'intérêt qu'il y aurait à consommer moins de produits animaux**

La **santé nutritionnelle** fait actuellement débat. Les produits animaux fournissent en effet des protéines de qualité mais leur consommation excessive est déconseillée. Les produits animaux sont des aliments denses en énergie et en nutriments, avec des protéines généralement plus digestibles que celles des légumineuses (TOMÉ, 2012) et des apports d'acides aminés mieux équilibrés que ceux des végétaux (CHARDIGNY et WALRAND, 2016). Ils apportent aussi des éléments comme le fer, le zinc et le sélénium sous une forme plus disponible que dans les produits végétaux (PEREIRA et VICENTE, 2013), et de la vitamine B12 qui n'existe pas dans les végétaux.

L'évaluation des effets de la consommation des produits animaux sur la santé humaine résulte en général de la comparaison de régimes alimentaires présentant des spécificités marquées. KATZ et MELLER (2014) ont par exemple comparé un régime équilibré selon les recommandations des agences de sécurité alimentaire (moins de produits animaux qu'un régime courant) à des régimes pauvres en sucres ou en matières grasses (régimes végétariens, méditerranéen, végan et paléolithique) vis-à-vis de leur bénéfice pour réduire les risques d'apparition de maladies chroniques. **Un régime alimentaire utilisant principalement des produits peu transformés** (avec peu de fractionnement des matières premières et peu d'additifs), **et en particulier des produits végétaux, présente des bénéfices indiscutables sur la santé et pour la prévention de nombre de maladies chroniques**. Une étude néerlandaise a par ailleurs montré qu'une substitution d'un tiers de la viande (toutes viandes confondues) par d'autres aliments (légumes, céréales, poissons) s'est traduite par une réduction du taux de mortalité entre 6 et 19% au bout de 16 ans dans une cohorte de 40000 personnes (BIESBROEK *et al.*, 2014). D'autres suivis de cohortes dans les pays occidentaux, comportant une forte proportion de participants végétariens, révèlent que ceux-ci ont une prévalence plus faible d'obésité et un risque plus faible d'infarctus et de nombreux cancers que les non végétariens, sans considérer les facteurs de risques autres que l'alimentation (APPLEBY et KEY, 2016). Les éléments issus de ces études épidémiologiques convergent pour montrer **des risques plus élevés liés à la consommation élevée de viande rouge et de viande transformée** (certaines charcuteries). Ces risques resteraient limités lorsque leur consommation est réduite dans le cadre d'un régime alimentaire équilibré (DE SMET et VOSSEN, 2016).

Il a par ailleurs été montré que les risques associés à la peroxydation des acides gras de la viande seraient réduits par ajout d'antioxydants au régime alimentaire (PIERRE, 2016). Au regard de l'augmentation du risque santé engendré par la consommation excessive de viande rouge et transformée, il a été établi des valeurs maximales d'apport. Dans la majorité des études épidémiologiques sur le cancer colorectal, il a été mis en évidence une augmentation significative du risque lorsque les consommations journalières dépassent la classe de référence, entre 70 et 80 g de viande (hors volaille) par jour (ANSES, 2016). Cette valeur rejoint la recommandation de la fondation de la recherche pour le cancer de ne pas dépasser une consommation de 500 g de viande hors volaille par semaine (WCRF, 2011). Pour les viandes transformées, en particulier les charcuteries, le risque de cancer colorectal serait significativement accru à partir de 25 g de produits consommés par jour.

Etant donné que **les apports moyens journaliers en protéines des français** (1,4 g/j/kg de poids corporel) **sont supérieurs aux apports nutritionnels recommandés** (0,83 g/j/kg) et même maximaux (1,2 g/j/kg ; ANSES, 2016), il serait bénéfique, pour notre santé, de réduire d'au moins 14% nos apports de protéines en réduisant en priorité les protéines animales dont l'empreinte environnementale est la plus forte. En outre, au-delà de la simple couverture des besoins de notre organisme en acides aminés indispensables, équilibrer les protéines animales et végétales dans notre alimentation garantit un apport suffisant en vitamines, minéraux, et fibres. Selon les nutritionnistes, les protéines végétales devraient ainsi représenter 50% de l'apport protéique total dans le cadre d'une alimentation saine et diversifiée (GUÉGUEN *et al.*, 2016).

A ce jour, **les produits carnés** (viandes, volailles, charcuteries) **apportent 33% des apports en protéines des adultes français, suivis par les produits laitiers** (17%), puis les poissons (8%) et les œufs (2%) (ANSES, 2017). En termes de quantité de produits animaux, la consommation de lait ou d'équivalents en produits laitiers est estimée à 0,8 l de lait par jour<sup>2</sup>. Ces niveaux de consommation se situent dans la moyenne européenne selon FAO STAT. Les productions de viande en France en 2010 s'élèvent à 1659 milliers t-ec (équivalent-carcasse) pour les bovins et ovins, 2250 pour le porc et 1769 pour les volailles (AGRESTE, 2016). Compte tenu des bilans à l'exportation et l'importation (+7% pour les bovins, -3% pour le porc et -10% pour la volaille), la consommation journalière moyenne est de 155 g-ec dont plus du tiers pour le porc.

- **L'aptitude des produits animaux à apporter des acides gras indispensables dépend des modes d'alimentation**

D'après les données de l'ANSES (2015), les apports en acide alpha-linolénique (ALA : oméga-3) et en acide linoléique (LA : oméga-6) sont respectivement de 0,9 et 10 g/j pour des recommandations de 1,8 et 10 g/j. Aujourd'hui, à

2 : La production laitière est de 24,6 milliards de litres dont 40% est exportée, principalement sous forme de fromage (CNIEL), et, dans le même temps, les importations de produits laitiers représentent 46% des exportations en valeur.

peine 5% des français ont ainsi des apports journaliers satisfaisants en ALA. Pour l'acide linoléique, la proportion de la population ayant des apports supérieurs aux recommandations est de 35%. Le rapport LA/ALA moyen est d'environ 10, alors qu'il devrait ne pas dépasser 5. Les effets de l'insuffisance en oméga-3 et du déséquilibre entre oméga-3 et oméga-6 contribuent aussi au développement de nombreuses maladies chroniques (SIMOPOULOS, 2006).

**La composition des produits animaux en ces acides gras dépend de leur alimentation, en particulier de la part de l'herbe dans la ration (y compris pour les monogastriques), ainsi que de la nature des lipides ingérés.** Pour le lait et la viande de ruminants, la teneur en oméga-3 est plus que doublée par une alimentation à l'herbe plutôt qu'à base de maïs ensilage (COUVREUR et al., 2006 ; VAN ELSWYK et McNEILL, 2014). Bien que la consommation de produits animaux nourris à l'herbe soit insuffisante pour atteindre les apports recommandés en oméga-3 (DURU et MAGRINI, 2016), l'alimentation à l'herbe constitue l'un des principaux leviers permettant d'équilibrer notre assiette (DOREAU et al., 2011 ; BUTLER, 2014) puisque le rapport oméga-6/oméga-3 de ces produits est inférieur au niveau maximal recommandé. Elle représente aussi une source importante en micronutriments, vitamines et en phénols ayant une fonction d'anti-oxydants (REYNAUD et al., 2010 ; DURU et al., 2017b).

Enfin, la filière Bleu-Blanc-Cœur, qui consiste à compléter l'alimentation de tous les animaux d'élevage en lin pour accroître la teneur des produits en oméga-3, est une autre voie pour améliorer la composition des produits animaux de notre assiette (MOUROT et TONNAC, 2015). L'incorporation d'huile de lin dans les rations des ruminants réduit également leurs émissions de méthane entérique

(MARTIN et al., 2008). Enfin, développer une « filière lin » contribue à diversifier les systèmes de cultures et a ainsi divers bénéfices environnementaux (MEYNARD et al., 2013).

### • Les synergies entre santé humaine et qualité de l'environnement

Outre les avantages attendus de la réduction de la consommation de produits animaux sur les impacts environnementaux (émissions de GES, eutrophisation, biodiversité...) et la santé humaine, de plus en plus de scientifiques soulignent les convergences entre qualité de l'environnement et santé humaine. Ainsi, les travaux sur les flux de nutriments dans l'environnement, en particulier sur le cycle de l'azote, ont montré que la cascade de fuites d'azote réactif a des conséquences néfastes sur les écosystèmes (NO<sub>3</sub>), le changement climatique (N<sub>2</sub>O) et sur la santé humaine (NH<sub>3</sub>) (SUTTON, 2011 ; PEYRAUD et al., 2012) : réduire ces pertes est ainsi une stratégie gagnante sur les deux tableaux et a des avantages économiques pour les éleveurs *via* la réduction des charges opérationnelles des exploitations. En alliant une alimentation le plus souvent à l'herbe (avec les atouts mentionnés ci-dessus) et une plus faible teneur des produits en résidus de pesticides et en antibiotiques, tous deux facteurs de risques potentiels pour certaines maladies, en particulier au cours de la petite enfance, l'élevage de ruminants en agriculture biologique constitue une option présentant encore plus de synergies entre environnement et santé (MIE et al., 2017). La section suivante analyse les principales pistes pour améliorer les bilans environnement et santé humaine de l'élevage et des produits de ruminants et propose des options supplémentaires à une simple réduction des effectifs globaux.

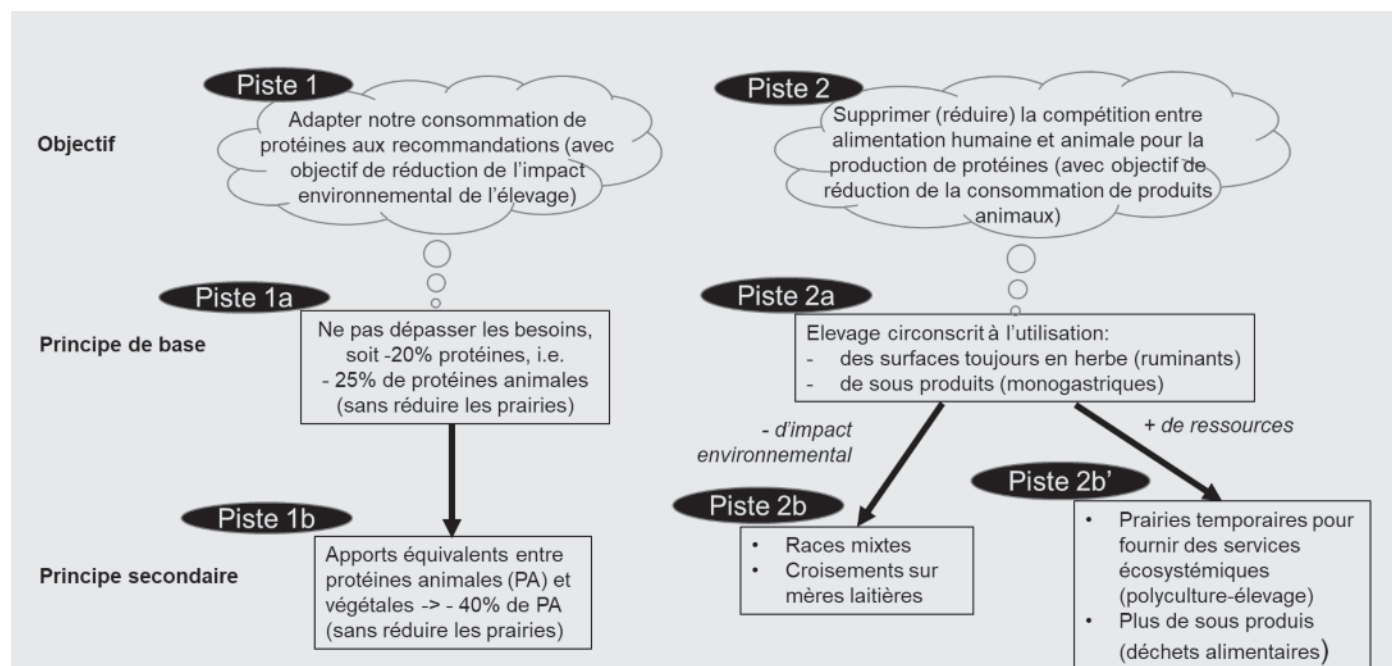


FIGURE 1 : Les différentes pistes analysées pour réduire les impacts de l'élevage et des produits animaux sur l'environnement et la santé humaine.

FIGURE 1 : Different strategies for reducing the impacts of livestock farming and the consumption of animal products on the environment and human health in France.

## 2. Consommer mieux pour favoriser les synergies entre environnement et santé

L'enjeu est ici de **fournir des ordres de grandeur** quant à la nature et l'amplitude des changements dans nos modes de production et de consommation à opérer pour réduire les impacts environnementaux de l'élevage tout en améliorant la santé humaine (VAN ZANTEN *et al.*, 2016). Les pistes étudiées visent à éclairer la décision publique ainsi que le comportement des consommateurs. Nous examinons ici **deux pistes principales pour réduire ces impacts**, schématisées dans la figure 1. L'une vise à adapter notre consommation de protéines aux recommandations nutritionnelles selon deux hypothèses de réduction de la part des protéines d'origine animale dans les régimes. L'autre vise à réduire ou éliminer la compétition entre alimentation humaine et animale en considérant différentes options agronomiques pour (i) tenir compte des différences d'impacts environnementaux selon la manière dont sont produits le lait et la viande de ruminants, et (ii) valoriser les services écosystémiques que fournissent les prairies permanentes ou temporaires à base de légumineuses.

Ces options sont examinées (principalement pour les ruminants) sans pour autant en quantifier précisément toutes les composantes ni les incidences, notamment économiques (tableau 1). A cette fin, nous nous sommes basés sur des données de composition moyenne des rations pour bovins et porcs (part des fourrages et des cultures) et des parts de surfaces consacrées à la production fourragère.

### ■ Adapter notre consommation de protéines aux recommandations (pistes 1)

La piste « protéines », piste 1a, vise d'abord à supprimer l'écart entre les recommandations maximales de

consommation en protéines (1,2 g/jour/kg de poids corporel) et les apports moyens observés (1,4 g/j/kg de poids corporel dont 35 % de protéines végétales), puis d'équilibrer la part des protéines animales et végétales. Ceci revient à **réduire de 14 % les apports totaux, soit une réduction de 22 % des apports de protéines animales** (monogastriques et ruminants) **dans notre régime alimentaire** sans réduire les apports en protéines végétales (piste 1a, figure 1). Pour les monogastriques, cette option entraînerait une baisse des besoins en blé, orge et maïs de près de 22 %, alors même qu'il ne s'agit que d'une option *a minima* de réduction des apports protéiques. Pour les ruminants, les fourrages provenant des prairies resteraient inchangés du fait des services environnementaux que celles-ci fournissent et de l'impact positif d'une alimentation à l'herbe sur les caractéristiques nutritionnelles des produits animaux. Réduire la production de lait et viande de 22 % tout en préservant les prairies suppose donc de **supprimer une part importante des apports en maïs ensilage et en céréales** (essentiellement utilisés pour les vaches laitières et l'engraissement des taurillons). Le maïs et les concentrés représentent respectivement 20 et 14 % de la ration des bovins en France (ROUILLE *et al.*, 2014). En appliquant la réduction d'effectif au seul troupeau laitier, cela reviendrait à supprimer l'ensilage de maïs pour ne pas réduire les surfaces en prairies. Une telle modification de l'alimentation du troupeau laitier entraînerait une réduction de la production laitière supérieure à 22 % puisque le rendement laitier à l'herbe est généralement moindre qu'avec une ration à base de maïs ensilage (-15 % d'après ACOSTA-ALBA *et al.*, 2012). Cela conduirait par ailleurs à une réduction d'environ 12 % de la production de viande puisque 48 % de la viande consommée en France est issue du troupeau laitier. De tels choix associés à une suppression des importations de viande bovine (qui représentent aujourd'hui 13 % de la consommation des ménages français) permettraient d'atteindre l'objectif de réduction des protéines animales consommées, mais cette option est susceptible d'être freinée par les accords commerciaux internationaux.

L'option 1b (figure 1) va au-delà de l'ajustement entre besoins et apports de protéines ; elle **visé un équilibre entre protéines végétales et animales**. Elle conduirait à une réduction supplémentaire des productions animales, afin de passer de 0,91 (c. à d. 1,4×0,65) à 0,6 (1,2/2) g/j/kg de poids corporel de protéines animales, soit une baisse supplémentaire de 34 %<sup>3</sup> compensée par un accroissement de la consommation de protéines végétales. La réduction des effectifs de monogastriques permettrait de réduire l'utilisation des céréales de près de 34 % si la proportion de coproduits reste au niveau actuel. Pour les ruminants, la forte réduction des surfaces en ensilage de maïs et en céréales ne serait plus suffisante. Il faudrait **soit réduire les surfaces en prairies temporaires** (tableau 1), **soit développer des élevages en agriculture biologique** avec des niveaux de production par hectare généralement plus faibles qu'en élevage conventionnel intensif (par exemple,

#### Parts des principaux aliments consommés

Ruminants (tous bovins) (ROUILLE <i>et al.</i> , 2014)	Herbe : 64 % MS
	Maïs : 20 % MS
	Concentrés : 14 % MS
Monogastriques (porc) (AGRESTE, 2013)	Sous-produits : 2 % MS
	Céréales : 79 % MS
	Concentrés : 10 % MS
	Sous-produits : 11 % MS

#### Production de fourrages en fonction du type d'utilisation du sol

Tous bovins (DEVUN et LEGARTO, 2011)	Surface toujours en herbe : 48,5 % MS
	Prairies temporaires : 24 % MS
	Fourrages annuels : 20 % MS
	Autres : 5,5 % MS

**TABLEAU 1 : Principales données utilisées pour quantifier en France les pistes de réduction des impacts de l'élevage et des produits animaux sur l'environnement et la santé humaine.**

**TABLE 1 : Key informations used to identify the most promising approaches for reducing the impacts of livestock farming and the consumption of animal products on the environment and human health in France.**

3 : Notons qu'un tel scénario permet encore de satisfaire le besoin en vitamine B12 qui n'est présente que dans les produits animaux puisque les apports seraient encore plus du double des recommandations (DURU *et al.*, 2017b)



-12% de production par vache et -35% par ha sur deux échantillons appariés en agriculture biologique et conventionnelle en Europe de l'ouest ; GRIGNARD *et al.*, 2013). Cette option 1b **conduirait aussi à libérer plus de surfaces cultivables** que l'option 1a, dont une partie pourrait être utilisée **pour produire des légumes secs** qui, du fait de leur richesse en protéines (GUÉGUEN *et al.*, 2016), viendraient en substitution partielle des protéines animales (SCHNEIDER et HUYGHE, 2015).

Actuellement, le niveau de consommation humaine des légumineuses à graines dans les pays développés est très faible (3 kg/an) bien qu'elles constituent un bon substitut aux protéines animales au regard notamment de leur complémentarité avec les acides aminés des céréales (EKMEKCIOGLU *et al.*, 2016 ; CHARDIGNY et WALRAND, 2016). Par rapport aux céréales, les légumineuses présentent aussi l'intérêt de réduire la consommation d'énergie non renouvelable imputable à la fabrication des engrais azotés ainsi que celui de réduire les impacts environnementaux liés aux émissions d'azote (réduction des pertes de nitrate par lessivage jusqu'à 20%, et des émissions de N<sub>2</sub>O jusqu'à 50% selon SCHNEIDER et HUYGHE, 2015). Par ailleurs, l'insertion d'une légumineuse dans des rotations céréalières peu diversifiées permet de bénéficier d'un effet de rupture des cycles des pathogènes et ainsi de réduire le recours aux produits phytosanitaires à l'échelle de la succession (réduction de 5 à 15% de l'indice de fréquence de traitement (IFT) ; CARROUÉE *et al.*, 2012). Les légumineuses ont, en plus, un effet bénéfique sur la teneur en matière organique des sols. Dans le réseau Dephy (POURCELOT *et al.*, 2014), les exploitations où sont cultivées des légumineuses à graines présentent, en moyenne, des IFT 10% plus faibles que dans les exploitations où il n'y en a pas, et aucune perte de productivité et de rentabilité n'a été observée au regard des références régionales.

## ■ Supprimer ou réduire la compétition entre alimentation animale et humaine pour la production de protéines (pistes 2)

**La piste 2a restreint l'élevage aux surfaces non utilisables pour l'alimentation humaine.** Les conséquences de tels scénarios pour les productions de ruminants et de porcs ont récemment été simulées (VAN ZANTEN *et al.*, 2016 ; ZU ERMGASSEN *et al.*, 2016). Cela consiste à n'alimenter les ruminants qu'à partir des surfaces en herbe, et les monogastriques qu'à partir de coproduits de cultures ou des industries agro-alimentaires (figure 1). Si l'on s'en tient aux données actuelles d'utilisation des coproduits, il faudrait réduire drastiquement l'effectif des monogastriques (tableau 1, ligne 2), ce qui n'est pas concevable car cela aboutirait à une réduction des protéines animales bien supérieure à celle recommandée pour notre santé (-34%, cf. piste 1b). Une telle piste nécessiterait donc de **fortement accroître la part des coproduits et des déchets alimentaires dans la ration des porcs** (ZU ERMGASSEN *et al.*, 2016). Ceci peut se faire sans pénaliser la vitesse de croissance des animaux, ni la qualité organoleptique de leur viande, mais nécessiterait une évolution drastique de la réglementation sanitaire relative à la collecte, au stockage

et à la transformation des déchets alimentaires (DUMONT *et al.*, 2017). **Pour les ruminants, ne conserver que les surfaces toujours en herbe** correspond à une réduction des ressources fourragères de 44% (tableau 1). Cela reviendrait à réduire d'au moins 50% la production de lait et de viande, tout en accroissant la part des protéines végétales consommées (RÖÖS *et al.*, 2016). De telles estimations sont supérieures à celles de l'option 1b. Mieux prendre en compte les enjeux environnementaux conduit donc à approfondir cette option en raisonnant de manière intégrée la production du lait et de la viande, mais aussi en prenant en compte les services que fournissent les prairies et méteils qui y sont associés dans les successions de culture et dans les paysages.

## • Raisonnement conjoint de la production de lait et de viande pour réduire l'empreinte environnementale

Nous avons vu que les impacts environnementaux de la production de viande bovine variaient considérablement selon les systèmes d'élevage et les modes d'alimentation. Ils diffèrent aussi selon l'orientation de la production. Les veaux issus de vaches laitières ou allaitantes ne produisent en effet pas les mêmes animaux adultes (conformation, durée de vie, etc.), ni les mêmes produits finaux. Ainsi, les élevages laitiers produisent du lait et de la viande : les évaluations environnementales répartissent alors généralement les impacts au *pro rata* de la valeur économique des deux produits (DE VRIES et DE BOER, 2010). De ce fait, **le coût environnemental alloué à la production de viande issue d'un élevage laitier est inférieur à celui issu d'un élevage allaitant où la viande supporte l'ensemble des coûts environnementaux**. Lorsqu'on calcule les émissions de GES au *pro rata* de la valeur des produits vendus (lait et viande), plusieurs études montrent que, dans les élevages laitiers, les impacts par kg de viande seraient réduits de 41% et l'occupation des terres de 49% en comparaison d'élevages allaitants des mêmes zones (DE VRIES *et al.*, 2015). En conséquence, **la production de viande provenant de races mixtes (à double finalité lait et viande), ou de vaches laitières inséminées avec des races à viande, présente un potentiel d'atténuation des impacts environnementaux de la production de viande bovine** (FAVERDIN et PEYRAUD, 2010). Cet argument offre une alternative (piste 2b) à l'option 2a présentée ci-dessus qui était fondée sur la seule réduction du troupeau laitier. Une étude prospective, Afterres 2050, a modélisé le cas français (SOLAGRO, 2014). Sur la base des quantités d'herbe disponibles en France, il serait possible de nourrir les 3,7 millions de vaches laitières et leur suite, ainsi que 8,5 millions de brebis et chèvres. La production de lait (plus faible à l'herbe qu'à base d'ensilage de maïs) serait moins élevée qu'aujourd'hui mais le troupeau de vaches allaitantes serait fortement réduit, passant de 4,1 à 1,1 millions de têtes. Cette évolution toucherait particulièrement les zones de montagne où se situe une part importante du troupeau allaitant français et dans lesquelles le troupeau laitier, qui a connu une forte diminution durant les dernières décennies, augmenterait à nouveau en bénéficiant des surfaces

herbagères libérées. Il s'ensuivrait une réduction importante de la production de viande, et une réduction de GES plus que proportionnelle compte tenu de ce qui a été indiqué ci-dessus. Une prospective sur l'élevage dans le Massif central (CERLES *et al.*, 2017) explore un scénario « AgroEco », avec une baisse de 30 % de la consommation de viande associée à une réduction de 50 % du cheptel allaitant, proche de cette option 2b.

• **Systèmes de polyculture-élevage avec des légumineuses pour maximiser la fourniture de services écosystémiques (piste 2b')**

Plutôt que d'envisager de réduire l'élevage de ruminants indépendamment de son ancrage territorial ou de le limiter aux surfaces toujours en herbe, une troisième option, **l'option 2b'** (figure 1) **repose sur la promotion de l'intégration entre cultures et élevage**. La complémentarité cultures - élevage permet de réduire les impacts environnementaux de l'agriculture, en particulier en recoupant les cycles de l'azote et du carbone (LEMAIRE *et al.*, 2014). Néanmoins, dans beaucoup d'exploitations spécialisées en grandes cultures, une telle évolution n'est pas envisageable au regard des investissements à réaliser (bâtiments d'élevage, machines, etc.), de la plus forte charge de travail en élevage et des compétences à acquérir pour les agriculteurs (gestion conjointe des animaux et des cultures) (PEYRAUD *et al.*, 2014 ; MARTIN *et al.*, 2016). L'intégration entre cultures et élevage pourrait ainsi se développer **non pas uniquement à l'échelle de l'exploitation mais aussi à l'échelle de territoires**. Des échanges localisés peuvent être développés selon des scénarios organisationnels plus ou moins poussés : multi-relationnel (sur le modèle des échanges paille - fumier traditionnels au coup par coup et sans réelle organisation), polycentrique (par petits groupes d'une dizaine d'agriculteurs auto-organisés) ou centralisé (autour d'une coopérative, avec une organisation très poussée des échanges ; MORAINÉ *et al.*, 2014). Plus le scénario organisationnel choisi est poussé, plus les systèmes sont transformés : diversification des rotations et des sources de fertilisation pour les céréaliers, approvisionnement local en aliments pour le bétail et en paille (MARTIN *et al.*, 2016). **De telles évolutions, qui nécessitent par exemple l'insertion de luzerne dans les rotations** de culture, suscitent l'intérêt des agriculteurs (MORAINÉ *et al.*, 2016). Les prairies riches en légumineuses apportent une diversité de services dans les systèmes et paysages de grandes cultures (cf. encadré 1) et fournissent une ressource riche en protéines aux élevages permettant de renforcer l'autonomie protéique du territoire (GARNIER *et al.*, 2016). Toutefois, l'accroissement de la part des légumineuses dans la ration des animaux dans les systèmes ovins viande engendre des défauts de flaveur et d'odeur des carcasses d'agneaux (DEVINCENZI *et al.*, 2014). L'intégration entre cultures (riches en protéines végétales) et élevage réduit en revanche la dépendance des éleveurs au tourteau de soja auquel est associé la déforestation avec ses conséquences sur la biodiversité (CHAUDHARY et KASTNER, 2016). Elle réduit l'utilisation de semences OGM et le risque de présence de résidus de glyphosate (BOEREMA *et*

*al.*, 2016). Elle **limite enfin l'utilisation des tourteaux de colza et de tournesol qui ne fixent pas l'azote et qui, surtout pour le colza, entraînent une utilisation importante de pesticides**. D'autres exemples analysent les effets d'une réintroduction de protéagineux comme le pois, le lupin et la féverole dans les rotations pour compléter les ruminants et les monogastriques avec des aliments locaux (RYSCHAWY *et al.*, 2017a). Ces scénarios, gagnants pour l'environnement et la santé humaine, demandent une forte motivation des agriculteurs, voire une contractualisation entre exploitations pour sécuriser les arrangements (MORAINÉ *et al.*, 2016). Une forme d'intégration encore plus aboutie consiste à **faire pâturer les couverts végétaux installés entre deux cultures principales** (MARTENS et ENTZ, 2011 ; BLANCO-CANQUI *et al.*, 2015). Par exemple, dans le

Les prairies fournissent des services à l'agriculture et à la société, fondés sur quatre fonctions : une ressource multifonctionnelle (BERANGER et BONNEMAIRE, 2008), une infrastructure écologique, un habitat pour des organismes ou encore des services « agronomiques » (DURU *et al.*, 2017a).

Les prairies permanentes ou temporaires sont d'abord une **ressource fourragère**, d'autant plus riche en protéines que la prairie contient des légumineuses et qu'elle est exploitée à des stades précoces, ce qui contribue à augmenter l'autonomie protéique des élevages. Elles sont aussi une source d'aliments multifonctionnels qui, d'une part, permettent d'augmenter systématiquement la teneur en oméga-3 du lait et de la viande par rapport à des rations riches en céréales ou en maïs ensilage (DURU et MAGRINI, 2016) et, d'autre part, présentent des propriétés anthelmintiques : des plantes riches en tannins pourraient permettre de réduire l'usage de médicaments pour les petits ruminants (HOSTE *et al.*, 2015) et les chevaux (COLLAS *et al.*, 2017).

Les prairies jouent également un rôle d'**infrastructure écologique** permettant de stocker une grande quantité de carbone dans les sols (SOUSSANA *et al.*, 2010), de réguler le cycle de l'eau et sa qualité (GASCUEL *et al.*, 2015), et de réduire l'érosion. Elles ont aussi une fonction d'habitat fournissant des services intrants à l'agriculture (régulation des insectes ravageurs, pollinisation) (HOLLAND *et al.*, 2016) et des **services culturels et esthétiques** à la société. Le niveau des services fournis dépend de la place et de la répartition des prairies dans les paysages. Par exemple, la fonction de lutte antiparasitaire est plus limitée dans les paysages « simplifiés ». La conservation de paysages hétérogènes, caractérisés par une proportion élevée d'habitats semi-naturels tels que les prairies et des champs relativement petits, est donc essentielle pour permettre un contrôle biologique efficace dans les systèmes de grandes cultures (RUSCH *et al.*, 2013).

En outre, lorsque les prairies sont insérées dans des successions de cultures, elles jouent un rôle de « **couvert de services** » pour l'agriculture (ALBIZUA *et al.*, 2015) en améliorant la fertilité des sols et en réduisant l'utilisation des pesticides si on n'utilise pas d'herbicide pour les détruire (LECHENET *et al.*, 2017).

En général, le niveau des services fournis par les prairies croît avec l'abondance des légumineuses (LÜSCHER *et al.*, 2014), le maillage spatial au niveau des paysages et la longueur des rotations de cultures.

ENCADRÉ 1 : **Services fournis par les prairies à l'agriculture et à la société.**

SIDEBAR 1 : **Services provided by grasslands to agriculture and society.**

Nord-Dakota ou en Californie, des agriculteurs en agriculture de conservation font pâturer des couverts végétaux en intercultures dans lesquels ils mélangent jusqu'à 12 espèces de plantes dont quatre variétés de légumineuses, quatre graminées et quatre oléagineux immatures. Ceci leur permet de nourrir à la fois le sol et les animaux pendant l'hiver (FRANZ-LUEBBERS et STUEDEMANN, 2015). La mise en place de telles intercultures permet aussi de diversifier la rotation et de couvrir les sols pour limiter leur érosion.

### 3. Verrous et leviers pour une transition environnementale et alimentaire

Les analyses présentées ci-dessus montrent qu'il existe des options gagnant-gagnant pour l'environnement et la santé humaine, mais les pistes examinées nécessitent des changements radicaux à la fois dans les systèmes agricoles et les systèmes alimentaires, ainsi que dans les politiques publiques associées.

#### ■ Systèmes agricoles et filières

Des verrous freinent l'introduction de légumineuses dans les systèmes de culture et d'élevage, ainsi que l'orientation de la production des ruminants vers des systèmes plus à l'herbe ou vers des systèmes à double finalité productive. Cette situation est historiquement liée aux accords internationaux, en particulier entre l'Europe et les USA (Gatt dans les années 60, accord de Blair House en 1992), qui ont pénalisé la production d'oléoprotéagineux européens. Par ailleurs, **les grandes firmes semencières et de l'agrochimie ont privilégié le soutien au développement de systèmes de cultures spécialisés basés sur les céréales, et ont longtemps été soutenues en cela par les subventions des politiques publiques européennes.** De plus, **le différentiel de compétitivité entre les céréales et les légumineuses à graines s'est également accru** du fait que ces dernières étaient jusqu'ici réservées à l'alimentation animale, ce qui les plaçait en concurrence directe avec le soja. Plusieurs leviers tels que l'analyse des charges opérationnelles, la gestion de l'azote, les innovations institutionnelles et les débouchés commerciaux sont à considérer simultanément pour promouvoir les légumineuses fourragères (MAGRINI et al., 2016). Celles-ci sont par ailleurs un atout majeur de l'élevage à l'herbe compte tenu de leurs effets positifs sur l'environnement et la santé humaine.

Dans les situations courantes de polyculture-élevage, le niveau d'intégration entre élevage et cultures n'est souvent que partiel, et semble engendrer des bénéfices (moins d'intrants, plus grande autonomie à l'échelle du territoire) sans s'émanciper totalement des achats d'aliments concentrés et de fertilisants minéraux (RYSCHAWY et al., 2017a). Les échanges entre exploitations spécialisées peuvent favoriser, par effet rebond, une intensification des productions liée à une sécurisation de l'approvisionnement, comme cela a été montré dans des systèmes laitiers de plusieurs pays européens (REGAN et al., 2017). Néanmoins, des études récentes impliquant des éleveurs de ruminants et des céréaliers dans des démarches participatives ont montré que **les échanges**

**entre exploitations permettaient de renforcer l'autonomie locale sans dégrader l'autonomie des exploitations ni intensifier les pratiques** (MORAINE et al., 2016 ; RYSCHAWY et al., 2017a). Enfin, la place des systèmes monogastriques qui produisent la plus grande part de la viande consommée en France reste à préciser, tant sont diverses les modalités d'associations entre cultures et élevages (DUMONT et al., 2013). L'intégration culture - élevage y paraît cependant moins simple à envisager car les aliments utilisés pour les monogastriques (céréales et protéagineux) viennent en concurrence directe des filières d'alimentation humaine.

**Le développement d'échanges entre exploitations spécialisées en grandes cultures et en élevage de ruminants ou de monogastriques dépend en fait de plusieurs verrous** que l'on peut classer de la manière suivante (MORAINE et al., 2017) : coûts « d'information », coûts de « prise de décision collective » et coûts « opérationnels et de pilotage », qu'il convient de distinguer et d'instruire. Ces questions nécessitent de considérer des scénarios techniques et organisationnels multi-niveaux, de l'exploitation au territoire. Le jeu (sérieux) Dynamix a été conçu pour favoriser la conception collective de tels scénarios en associant i) un modèle permettant d'établir des bilans offre-demande des matières échangées au sein du collectif qui prend en compte la reconception des exploitations (rotations, fertilisation organique et rations), ii) une évaluation multicritères des conséquences de ces échanges aux niveaux individuel et collectif et iii) un plateau de jeu intégrant une carte du territoire, des cartes animaux et cultures pour représenter les nouvelles productions/pratiques au niveau des exploitations, ainsi que des pions logistiques (fumier, fourrages, céréales) représentant les matériaux échangés et les modalités des échanges (volumes, moyens de stockage, transport ; RYSCHAWY et al., 2017b).

**Les races mixtes**, malgré des atouts liés à leur robustesse en termes de santé et de longévité (KAPTIJN et LANTINGA, 2016), **ont fortement régressé.** Ce déclin s'est fait en parallèle de la spécialisation des systèmes de production. Le différentiel historique entre le lait (prix soutenu par l'instauration des quotas laitiers en 1984) et la viande bovine a poussé à la spécialisation des races bovines laitières, y compris pour les produits laitiers sous signe officiel de qualité. La pression foncière peut également y pousser en privilégiant les génotypes les plus productifs (exemples des Pays-Bas, du Danemark, de la plaine du Pô). Les races bovines allaitantes se sont elles aussi spécialisées selon les standards des opérateurs italiens qui achètent une part importante de la production allaitante française sous forme d'animaux maigres (broutards) qui sont ensuite engraisés dans le nord de l'Italie. La spécialisation des activités (lait ou viande) rejoint aussi des préoccupations de simplification du travail de l'éleveur (compétences, réseau professionnel), et de son équipement. Ces orientations ont par ailleurs été largement soutenues par les filières, laitière en particulier, pour des raisons d'économies d'agglomération et d'échelle (PEYRAUD et al., 2012 ; ROGUET et al., 2015).

Des réflexions plus récentes relancent l'intérêt des races mixtes (DUMONT et al., 2016), en termes de valorisation de la diversité des ressources des exploitations, de

sécurisation face aux aléas (multifilières), de développement de circuits courts en proposant une gamme de produits aux consommateurs (économie de gamme), avec l'utilisation de races de terroirs moins spécialisées.

## ■ Systèmes alimentaires

La **promotion des légumineuses** à graines pour l'alimentation humaine doit aussi être pensée en même temps que la réduction de consommation de produits animaux pour recomposer un régime alimentaire équilibré. Bien que l'Union Européenne ait accordé des subventions spécifiques pour promouvoir la culture des légumineuses, leur production continue de baisser (MAGRINI *et al.*, 2016). Les situations gagnant - gagnant nécessitent d'abord un **changement dans les systèmes alimentaires**, car la piste visant à réduire les productions animales en France sans réduire la consommation de viande conduirait à augmenter les importations. **Plusieurs stratégies permettent de réduire la consommation de viande dans les pays développés** (DE BOER *et al.*, 2014) en modifiant la fréquence de consommation de viande et la taille des portions. En considérant l'ensemble des repas, des groupes de consommateurs d'horizons différents, de même que le président du GIEC, l'indien Rajendra Pachauri, promeuvent de petites portions de viande (« moins »), des viandes produites de façon plus durable (« mieux »), des plats accompagnés de protéines végétales (« protéines plus variées ») et des repas sans viande (« jours veggie »). Les comportements alimentaires étant particulièrement routiniers et culturels, les modifier, même à la marge, nécessite de faire appel à différentes stratégies : l'information ne suffit pas, il faut agir sur l'offre (en magasin, localisation et type de points de vente et restaurants), sur l'éducation à l'alimentation et imaginer divers « coups de pouce » (CAMPBELL-ARVAI *et al.*, 2014) qui aideront les consommateurs à se détourner d'un apport routinier de viande et à les attirer vers des protéines végétales. Ces instruments marketing, législatifs ou pédagogiques (recettes, informations sur le point de vente) s'appuient souvent sur des principes culinaires familiers (variété, équilibre, modération) tout en tablant sur l'innovation pour attirer les consommateurs vers de nouvelles associations sensorielles bénéfiques, ce qui nécessite de porter beaucoup d'attention aux détails et au contexte de leur mise en œuvre (DE BOER et AIKING, 2017).

Quant à l'**amélioration de la qualité des produits animaux en privilégiant ceux issus des ressources locales** et/ou performantes en matière d'environnement (prairie, recyclage de co-produits), **le consommateur ne peut actuellement pas choisir faute de traçabilité des modes d'alimentation**, excepté pour quelques produits avec cahiers des charges certifiés (certains fromages AOP et produits AB car majoritairement élevés à l'herbe). Evoluer vers un étiquetage standardisé des produits alimentaires devrait permettre aux consommateurs de faire des choix selon leurs valeurs. Des études récentes montrent que de tels choix sont également subordonnés aux représentations sociales des consommateurs (POQUET *et al.*, 2017). Notons également que le seul argument de la santé humaine pour réduire la consommation de produits animaux ne suffit pas pour réduire de façon importante l'impact environnemental

de l'élevage ; des critères environnementaux doivent être ajoutés pour guider les choix alimentaires (HORGAN *et al.*, 2016).

Enfin, les travaux sur le **gaspillage alimentaire** concluent généralement que les produits animaux représentent une part faible dans les volumes gaspillés mais que ce gaspillage a des conséquences importantes, liées à leur forte contribution aux impacts environnementaux (GES, utilisation de terres, consommation d'énergie et d'eau...). Les produits animaux représenteraient 40% de l'empreinte carbone des produits alimentaires en Amérique du Nord et Europe (FAO, 2013). Se préoccuper de réduire les pertes en animaux (conduite d'élevage, santé animale, épizooties, catastrophes naturelles) et les pertes tout au long des filières est donc un objectif en soi.

## ■ Lobbies, réglementations et politiques publiques

Depuis quelques années, les associations militant en faveur du végétarisme et du véganisme ont gagné une nette audience et font régulièrement irruption dans les médias par des images et actions choc. Leur revendication est d'exclure toute consommation de viande (végétariens) ou toute exploitation des animaux par l'homme quelle qu'en soit la finalité (végans : alimentation, laine, cuir, animal de compagnie, traction...). En même temps, les acteurs des filières animales poursuivent leur lobbying de longue date auprès des pouvoirs publics et mobilisent fortement le marketing pour promouvoir les produits issus de l'élevage. Ils s'appuient sur la dimension patrimoniale de ces produits (le camembert, le saucisson corse, le jambon de pays, etc.) et sur des messages qui renvoient à la santé (« *les produits laitiers sont nos amis pour la vie* » ; « *la viande rend fort* »...). Les pistes, envisagées dans cet article, qui visent à réduire la consommation en produits animaux, se situent entre ces deux « extrêmes ». Les néologismes « flexitariens » (apport protéique se partageant sans préférence entre végétaux et animaux) ou « demitariens » (apport carné divisé par deux) illustrent cette position intermédiaire. Les politiques publiques ont du mal à emboîter le pas au-delà de l'incitation à adopter ou s'approcher d'un régime méditerranéen plus riche en végétaux. Quelques instruments, comme **les scores de qualité alimentaire, pourraient pourtant encourager la substitution entre aliments** (MERTENS *et al.*, 2016) mais ils ne tiennent pas compte de l'environnement. De rares chercheurs étudient l'intérêt d'une taxe sur la viande ; ils montrent un impact très important sur les émissions de GES (DAHLBERG, 2017 ; SÅLL et GREN, 2015) mais qui ne tient pas compte des façons de produire. Plus généralement, **il convient d'amplifier les études différenciant les caractéristiques** (sensorielles, nutritionnelles, technologiques et sanitaires) **des produits animaux en fonction des systèmes et conditions d'élevage dont ils sont issus**, ainsi que des façons dont ces caractéristiques sont conservées, modifiées, dégradées ou améliorées lors des étapes de stockage et de transformations industrielles, artisanales puis domestiques chez les ménages eux-mêmes. Pour accompagner les changements

dans les systèmes alimentaires, certains auteurs suggèrent l'élimination graduelle de la subvention pour la production de viande, avec une exception pour les ruminants (bovin, ovin) entièrement nourris à l'herbe (BIRT, 2016). D'autres pointent du doigt la nécessité de **lever les réglementations sanitaires qui freinent l'utilisation des déchets en alimentation animale**, en particulier pour les porcs (ZU ERMGASSEN *et al.*, 2016) et les volailles. Ainsi, le Royaume-Uni affiche environ 15 millions de tonnes d'aliments qui sont mis au rebut chaque année. Une étude estime que récupérer ces déchets permettrait de réduire de 20% les surfaces nécessaires à l'alimentation des porcs en Europe (ZU ERMGASSEN *et al.*, 2016). Des approches similaires ont été explorées par SOLAGRO (2014) et VAN ZANTEN *et al.* (2016).

Notons aussi que, mis à part certaines associations de protection de la nature<sup>4</sup>, **il n'existe pas en France un lobby « prairie »** alors que ce serait nécessaire pour défendre ces modes de production « vertueux » tant pour l'environnement que pour la santé humaine ; il existe des filières dédiées aux USA (*Grass feed*) ou garantissant un minimum de pâturage en Europe (NIDERCORN, 2017). Ce serait alors une force pour tracer les produits issus d'animaux alimentés à l'herbe. Néanmoins, plusieurs produits avec signes de qualité (bio, label rouge, AOP...) mentionnent un lien explicite au sol qui souvent, mais pas toujours, sous-tend une contribution importante de la prairie à l'alimentation, ce qui limite les possibilités pour le consommateur d'influer sur les modes de production au travers de son acte d'achat. Par ailleurs, les images de production de lait et viande à l'herbe sont largement utilisées, souvent abusivement, pour influencer les actes d'achat.

**Les options analysées dans cet article supposent des incitations et un encadrement politique favorables et sécurisant pour accompagner les restructurations nécessaires dans les filières et les territoires d'élevage. Les orientations de la PAC 2015-2020 vont dans ce sens** avec 1/ la convergence des aides selon les différents types de production, les niveaux historiques étant particulièrement favorables aux grandes cultures et peu aux surfaces herbagères, 2/ le paiement redistributif, versé sur les 52 premiers hectares, et favorisant certains systèmes d'élevage (laitiers en particulier) de dimension faible à moyenne, 3/ le « paiement vert » qui, au-delà de l'objectif de maintenir un taux de prairies permanentes donné au niveau des régions et de promouvoir des surfaces d'intérêt écologique, pousse à diversifier les assolements, mais de façon insuffisante pour promouvoir une place significative des cultures fourragères (dont les prairies) dans les rotations de grandes cultures. Soulignons aussi la forte opportunité pour le développement des prairies que peut représenter le programme « 4 pour 1 000 » retenu par la COP (Conférence des parties) 21 et fortement promu par la France. La déclinaison de ce programme *via* la PAC 2020-2025 pourrait permettre un développement significatif des surfaces prairiales, y compris dans les systèmes de grandes cultures. L'exemple des GIEE (Groupement d'intérêt économique et environnemental) illustre l'opérationnalité des mesures en ce sens.

4 : <http://www.fne.asso.fr/actualites/sols-agricoles-terreau-des-productions-alimentaires-et-solution-pour-le-climat>

## Conclusion

Après des décennies de recherches et de développement agricole visant à donner accès à l'ensemble de la population à des régimes alimentaires incluant en particulier des produits d'origine animale, le contexte planétaire et les nouvelles connaissances acquises bouleversent les paradigmes et nous amènent à reconsidérer de façon fondamentale nos systèmes agri-alimentaires. Les pistes proposées cherchent à apporter des solutions aux enjeux multiples qui se présentent à nos sociétés, et peuvent bouleverser certains concepts et organisations. De multiples travaux de recherche convergent aujourd'hui en ce sens. Que l'enjeu premier soit l'environnement, la sécurité alimentaire ou la santé, l'orientation majeure qui ressort de cet article, comme de plusieurs travaux prospectifs récents (SOLAGRO, 2014 ; RÖÖS *et al.*, 2016 ; VAN ZANTEN *et al.*, 2016, ZU ERMGASSEN *et al.*, 2016), est la **nécessité de reconnecter les scénarios de modification des systèmes de production avec une modification des systèmes alimentaires**. Une voie majeure est de **réduire la consommation de produits animaux tout en privilégiant la place des prairies pour les ruminants et l'utilisation de co-produits pour les monogastriques**. Les prairies permanentes, mais aussi temporaires à base de légumineuses, deviendraient alors la ressource quasi exclusive des ruminants. L'expression maximale des services écosystémiques que peuvent fournir les prairies suppose cependant qu'elles maillent les paysages et les systèmes de cultures mieux qu'elles ne le font actuellement. Nous avons vu qu'on aurait aussi intérêt à faire marche arrière dans l'ultra-spécialisation des troupeaux : mixer les races ou trouver des compromis permettant de mieux valoriser la viande dans les élevages laitiers.

L'angle choisi a dirigé notre analyse sur les ruminants (principalement bovins), au détriment des monogastriques. Nous avons souligné les gains environnementaux potentiels si l'on utilisait davantage les coproduits et déchets alimentaires pour les nourrir. Les changements nécessaires, réglementaires et dans les filières, vont concerner une grande diversité d'acteurs (semenciers, organismes d'approvisionnement et de collecte, fabricants d'aliments du bétail, entreprises d'aval...) ce qui suppose un gros effort pour expliquer, convaincre et coordonner. Une analyse symétrique ciblant les monogastriques est d'autant plus importante à faire que leur consommation continue de croître, y compris en Europe ; ces viandes se substituent aux viandes rouges des bovins et ovins dont la consommation se tasse ou décroît.

**Les pistes esquissées dans cet article demandent également à être complétées**. D'une part, les exportations et importations qui sont la variable d'ajustement entre production et consommation n'ont pas ou peu été considérées. Pourtant, alors que la consommation interne est peu élastique, leurs fluctuations déterminent l'état du marché, tantôt déstabilisant les prix et la rentabilité des élevages, tantôt poussant la production à la hausse. C'est pourquoi certains acteurs plaident pour encadrer, voire réorienter, les stratégies commerciales à l'œuvre. Enfin, les questions de

l'emploi et des habitudes des consommateurs sont en toile de fond des transitions agricoles. Le scénario Afterres 2050 (SOLAGRO, 2014) dont les hypothèses voisinent celles de cet article montre que, outre le fait d'être bénéfique pour l'environnement et le climat, le scénario Afterres est créateur d'emplois (+ 140 000 emplois d'ici à 2050 en France), en relation avec la diversification des cultures (légumineuses) et le développement de formes d'agriculture, comme l'agriculture biologique, nécessitant plus d'actifs par ha et par unité de produit.

Accepté pour publication,  
le 23 novembre 2017

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACOSTA-ALBA I., LOPEZ-RIDAURA S., VAN DER WERF H.M., LETERME P., CORSON M.S. (2012) : «Exploring sustainable farming scenarios at a regional scale: an application to dairy farms in Brittany», *J. Clean Prod.*, 28, 160-167.
- ADEME (2017) : <http://www.ademe.fr/agriculture-transition>
- AGRESTE (2013) : *L'alimentation animale, principales destinations des productions végétales. Agreste synthèse 2013/208*, 9 p.
- AGRESTE (2016) : <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/>
- ALARD V., BÉRANGER C., JOURNET M. (eds) (2002) : *A la recherche d'une agriculture durable. Etude de systèmes herbagers économes en Bretagne*, INRA éd., 340 p.
- ALBIZUA A., WILLIAMS A., HEDLUND K., PASCUAL U. (2015) : «Crop rotations including ley and manure can promote ecosystem services in conventional farming systems», *Applied Soil Ecology*, 95, 54-61.
- ALEKSANDROWICZ L., GREEN R., JOY E.J.M., SMITH P., HAINES A. (2016) : «The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health: A systematic review», *PLoS ONE*, 11 (11), 1-16.
- ANSES (2015) : *Apports en acides gras de la population vivant en France*, ANSES.
- ANSES (2016) : *Avis et Rapports de l'Anses relatifs à l'actualisation des repères du PNNS?: Révision des repères de consommations alimentaires*, ANSES.
- ANSES (2017) : <https://www.anses.fr/.../l'anses-actualise-les-reperes-de-consommations-alimentaires->
- APPLEBY P.N., KEY T.J. (2016) : «The long-term health of vegetarians and vegans», *Proc. Nutrition Soc.*, 75(3), 287-293.
- BELLARBY J., TIRADO R., LEIP A., WEISS F., LESSCHEN J.P., SMITH P. (2013) : «Livestock greenhouse gas emissions and mitigation potential in Europe», *Global Change Biology*, 19 (1), 3-18.
- BÉRANGER C., BONNEMAIRE J. (2008) : *Prairies, herbivores, territoires : quels enjeux ?*, éd. Quae, Paris, 177 p.
- BIESBROEK S., BUENO-DE-MESQUITA H.B., PEETERS P.H.M., VERSCHUREN W.M.,... TEMME E.H.M. (2014) : «Reducing our environmental footprint and improving our health: greenhouse gas emission and land use of usual diet and mortality in EPIC-NL: a prospective cohort study», *Environmental Health?: A Global Access Science Source*, 13 (1), 27.
- BILLEN G., BEUSEN A., BOUWMAN L., GARNIER J. (2010) : «Anthropogenic nitrogen autotrophy and heterotrophy of the world's watersheds: Past, present, and future trends», *Global Biogeochem. Cycles*, 24, GB0A11.
- BIRT C.A. (2016) : «Food and Agriculture Policy in Europe», *AIMS Public Health*, 3 (1), 131-140.
- BLANCO-CANQUI H., SHAVER T.M., LINDQUIST J.L., SHAPIRO CA., ELMORE R.W., FRANCIS C.A., HERGERT G.W. (2015) : «Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils», *Agronomy J.*, 107 (6), 2449-2474.
- DE BOER J., AIKING H. (2017) : «Pursuing a low meat diet to improve both health and sustainability?: how can we use the frames that shape our meals?», *Ecological Economics*, 142, 238-248.
- DE BOER J., SCHÖSLER H., AIKING H. (2014) : «'Meatless days' or 'less but better'? Exploring strategies to adapt Western meat consumption to health and sustainability challenges», *Appetite*, 76, 120-128.
- BOEREMA A., PEETERS A., SWOLFS S., VANDEVENNE F., JACOBS S., STAES J., MEIRE P. (2016) : «Soybean trade: Balancing environmental and socio-economic impacts of an intercontinental market», *PLoS ONE*, 11 (5), 1-13.
- BOUVARD V., LOOMIS D., GUYTON K. Z., GROSSE Y., EL GHISSASSI F., ...STRAIF K. (2015) : «Carcinogenicity of consumption of red and processed meat», *Lancet Oncology*, 16 (16), 1599.
- BUTLER G. (2014) : «Manipulating dietary PUFA in animal feed: implications for human health», *The Proc. Nutrition Soc.*, 73 (March 2013), 87-95.
- CAMPBELL-ARVAI V., ARVAI J., KALOF L. (2014) : «Motivating Sustainable Food Choices», *Environ. and Behavior*, 46 (4), 453-475.
- CARROUÉE B., SCHNEIDER A., FLÉNÉT F., JEUFFROY M.H., NEMECEK T. (2012) : «Introduction du pois protéagineux dans des rotations à base de céréales à paille et colza: impacts sur les performances économiques et environnementales», *Innovations Agronomiques*, 25, 125-142
- CARVALHO I. T., SANTOS L. (2016) : «Antibiotics in the aquatic environments: A review of the European scenario», *Environ. Int.*, 94, 736-757.
- CERLES A., LHERM M., POUX X., AGABRIEL J. (2017) : «Étude prospective des filières viande de ruminants du Massif central à l'horizon 2050», *INRA Productions Animales*, 30 (2), 179-196.
- CHARDIGNY J., WALRAND S. (2016) : «A How might oil seeds help meet the protein challenge?», *OCL*, 23, 6p.
- CHAUDHARY A., KASTNER T. (2016) : «Land use biodiversity impacts embodied in international food trade», *Global Environ. Change*, 38, 195-204.
- COLLAS C., SALLÉ G., DUMONT B., CABARET J., CORTET J., MARTIN-ROSSET W., WIMEL L., FLEURANCE G. (2017) : «Are sainfoin or protein supplements alternatives to control small strongyle infection in horses?», *Animal*, May 24, 1-7.
- COUVREUR S., HURTAUD C., LOPEZ C., DELABY L., PEYAUD J.L. (2006) : «The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties», *J. Dairy Sci.*, 89 (6), 1956-69.
- DAHLBERG S. (2017) : *A French Meat Tax - An Effective Climate Mitigation Policy?*, master's thesis, <http://stud.epsilon.slu.se>
- DEVINCENZI T., PRUNIER A., METEAU K., NABINGER C., PRACHE S. (2014). «Influence of fresh alfalfa supplementation on fat skatole and indole concentration and chop odour and flavour in lambs grazing a cocksfoot pasture», *Meat Sci.*, 98, 607-614.
- DEVUN J., LEGARTO J. (2011) : «Fourrages conservés et modes de récolte», *Fourrages*, 206, 91-105.
- DOLLÉ J.B., AGABRIEL J., PEYRAUD J.L., FAVERDIN P., MANNEVILLE V., RAISON C., LE GALL A. (2011). «Greenhouse gases in cattle breeding: Evaluation and mitigation strategies [Les gaz à effet de serre en élevage bovin: Évaluation et leviers d'action]», *INRA Productions Animales*, 24 (5), 415-432.
- VAN DOOREN C., MARINUSSEN M., BLONK H., AIKING H., VELLINGA P. (2014) : «Exploring dietary guidelines based on ecological and nutritional values: A comparison of six dietary patterns», *Food Policy*, 44, 36-46.
- DOREAU M., BAUCHART D., CHILLARD Y. (2011) : «Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding», *Animal Production Sci.*, 51, 19-29

- DOREAU M., FARRUGGIA A., VEYSSET P. (2017) : «Aménités et impact sur l'environnement des exploitations françaises élevant des bovins pour la viande», *INRA Productions animales*, 30, 165-177.
- DOURMAD J.Y., DELABY L., BOIXADERA J., ORTIS C., MÉDA B., GAIGNÉ C., DUMONT B. (2017) : «Diversité des services rendus par les territoires à forte densité d'élevages, trois cas d'étude en Europe», *L'élevage en Europe : une diversité de services et d'impacts*, Dumont B. (éd.), *INRA Productions Animales*, 30, 303-320.
- DUMONT B., FORTUN-LAMOTHE L., JOUVEN M., THOMAS M., TICHIT M. (2013) : «Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21<sup>st</sup> century», *Animal*, 7 (6), 1028-1043.
- DUMONT B. (coord.), DUPRAZ P. (coord.), AUBIN J., BENOIT M., BOUAMRA-MECHACHEME Z., CHATELLIER V., DELABY L., DELFOSSE C., DOURMAD J.Y., DURU M., FRAPPIER L., FRIANT-PERROT M., GAIGNÉ C., GIRARD A., GUICHET J.L., HAVLIK P., HOSTIOU N., HUGUENIN-ELIE O., KLUMPP K., LANGLAIS A., LEMAUVIEL-LAVENANT S., LE PERCHEC S., LEPILLER O., MÉDA B., RYSCHAWY J., SABATIER R., VEISSIER I., VERRIER E., VOLLET D., SAVINI I., HERCULE J., DONNARS C. (2016) : *Rôles, impacts et services issus des élevages en Europe. Synthèse de l'expertise scientifique collective*, INRA, 126 p.
- DUMONT B., RYSCHAWY J., DURU M., BENOIT M., DELABY L., DOURMAD J.Y., MÉDA B., VOLLET D., SABATIER R. (2017). «Les bouquets de services, un concept clé pour raisonner l'avenir des territoires d'élevage», *L'élevage en Europe : une diversité de services et d'impacts*, Dumont B. (éd.), *INRA Productions Animales*, 30, 407-422.
- DURU M., THEROND O. (2015) : «Livestock system sustainability and resilience in intensive production zones: which form of ecological modernization?», *Regional Environ. Change*, 1651-1665.
- DURU M., MAGRINI M.B. (2016) : «Consommer des produits dont les animaux ont été alimentés à l'herbe est-il suffisant pour équilibrer notre alimentation en acides gras poly-insaturés ?», *Fourrages*, 228, 301-312.
- DURU M., PONTES L. DA S., SCHELLBERG J., THEAU J.P., THEROND O. (2017a) : «Grassland functional diversity and management for enhancing ecosystem services and reducing environmental impacts: a cross-scale analysis», *Agro-ecosystem diversity: Reconciling contemporary agriculture and environment quality* (à paraître).
- DURU M., BASTIEN D., FROIDMONT E., GRAULET B., GRUFFAT D. (2017b) : «Importance des produits issus de bovins au pâturage sur les apports nutritionnels et la santé du consommateur», *Fourrages*, 230, 131-140.
- EKMEKCIOGLU C., WALLNE P., KUNDI M., WEISZ U., HAAS W., HUTTER H. P. (2016) : «Red meat, diseases and healthy alternatives: A critical review», *Critical reviews in food science and nutrition*, 1-15.
- ERB K.H. (2016) : «Exploring the biophysical option space for feeding the world without deforestation», *Nature Communications*, 1-7.
- ERTL P., KLOCKER H., HÖRTENHUBER S., KNAUS W., ZOLLITSCH W. (2015). «The net contribution of dairy production to human food supply: The case of Austrian dairy farms», *Agric. Systems*, 137, 119-125.
- FAO (2013) : *Food wastage footprint. Impact on natural resources. Summary report*, 63 p.
- FARCHI S., SARIO M. DE., LAPUCCI E., DAVOLI M., MICHELOZZI P. (2017) : «Meat consumption reduction in Italian regions?: Health co-benefits and decreases in GHG emissions», *PloS one*, 12 (8), e0182960.
- FARRUGGIA A., MARTIN B., BAUMONT R., PRACHE S., DOREAU M., HOSTE H. et al. (2008) : «Quels intérêts de la diversité floristique des prairies permanentes pour les ruminants et les produits animaux», *INRA Productions Animales*, 21, 181-200.
- FAVERDIN P., PEYRAUD J.L. (2010) : «Nouvelles conduites d'élevage et conséquences sur le territoire : cas des bovins laitiers», *C.R. Académie d'Agriculture*, 1, 89-100.
- FRANZLUEBBERS A.J., STUEDEMANN J.A. (2015) : «Does grazing of cover crops impact biologically active soil C and N fractions under inversion and no tillage management?», *J. Soil and Water Conservation*, 70, 365-373.
- GAC A., AGABRIEL J., DOLLÉ J.B., FAVERDIN P., VAN DER WERF H. (2014) : «Le potentiel d'atténuation des gaz à effet de serre en productions bovines», *Innovations Agronomiques*, 37, 67-81.
- GARNETT T., APPLEBY M.C., BALMFORD A., BATEMAN I.J., BENTON T.G., BLOOMER P., ... HERRERO M. (2014) : *What is a sustainable healthy diet? A discussion paper*, Food Climate Research Network (FCRN), 31 p.
- GARNIER J., ANGLADE J., BENOIT M., BILLEN G., PUECH T., RAMARSON A., ... TALLEC G. (2016) : «Reconnecting crop and cattle farming to reduce nitrogen losses to river water of an intensive agricultural catchment (Seine basin, France) : past , present and future», *Environ. Sci. and Policy*, 63, 1-31.
- GASCUEL-ODOUX C., RUIZ L., VERTÈS F. (coord.) (2015) : *Comment réconcilier agriculture et littoral ? vers une agroécologie des territoires*, éd. Quae, coll. Matière à débattre & décider, 151 p.
- GERBER P.J., STEINFELD H., HENDERSON B., MOTTET A., ... TEMPIO G. (2013) : *Tackling climate change through livestock - A global assessment of emissions and mitigation opportunities*, FAO, Rome.
- GODINOT O., LETERME P., VERTÈS F., FAVERDIN P., CAROF M. (2015) : «Relative nitrogen efficiency, a new indicator to assess crop livestock farming systems», *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (2), 857-868.
- GRIGNARD A., STILMANT D., OENEMA, J., TIRARD, S., DEBRUYNE, L., HENNART, S., BOONEN, J. (2013) : «Comparaison des performances économiques et environnementales de fermes laitières biologiques et conventionnelles en Europe du Nord-Ouest», *Renc. Rech. Ruminants*, 20, 221-224.
- GUÉGUEN J., WALRAND S., BOURGEOIS O. (2016) : «Les protéines végétales?: contexte et potentiels en alimentation humaine», *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 1-9.
- HOLLAND J., BIANCHI F., ENTLING M.H., MOONEN A.C., SMITH B., JEANNERET P. (2016) : «Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: A review of European studies», *Pest Management Sci.*, 72 (9), 1638-1651.
- HORGAN G.W., PERRIN A., WHYBROW S., MACDIARMID J.I. (2016) : «Achieving dietary recommendations and reducing greenhouse gas emissions: modelling diets to minimise the change from current intakes», *Int. J. Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 13 (1), 46.
- HOSTE H., TORRES-ACOSTA J.F.J., SANDOVAL-CASTRO C.A., MUELLER-HARVEY I., SOTIRAKI S., LOUVANDINI H., ... TERRILL T.H. (2015) : «Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock», *Veterinary Parasitology*, 212 (1), 5-17.
- HOUOT S., PONS M.N., PRADEL M., SAVINI I., TIBI A. (2014) : *Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier. Impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques. Synthèse du rapport d'expertise*, INRA, Paris, 103 p.
- JONES K.E., PATEL N.G., LEVY M.A., STOREYGARD A., BALK D., GITTLEMAN J.L., DASZAK P. (2008) : «Global trends in emerging infectious diseases», *Nature*, 451 (7181): 990-U4.
- KAPTIJN G., LANTINGA E. (2016) : *Evaluation of the performance of dual-purpose cows in European pasture-based systems*, doctoral dissertation, University of Wageningen.
- KATZ D.L., MELLER S. (2014) : «Can we say what diet is best for health?», *Annual Review of Public Health*, 35, 83-103.
- LAISSE S., BAUMONT, DUSART L, GAUDRÉ D., ROUILLÉ B., BENOIT M., VEYSSET P., RÉMOND D., PEYRAUD J.L. (2017) : «L'efficacité nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage: un indicateur de valorisation par l'élevage de ressources végétales non consommables par l'Homme», *Inra Prod. Animales*, sous presse

- LASSALETTA L., BILLEN G., GRIZZETTI B., GARNIER J., LEACH A.M., GALLOWAY J.N. (2014) : «Food and feed trade as a driver in the global nitrogen cycle: 50-year trends», *Biogeochemistry*, 118 (1-3), 225-241.
- LECHENET M., DESSAINT F., PY G., MAKOWSKI D., MUNIER-JOLAIN N. (2017) : «Reducing pesticide use while preserving crop productivity and pro fi tability on arable farms», *Nature Plants*, 17008(March), 1-6.
- LE GALL A., VERTÈS F., PFIMLIN A., CHAMBAUT H., DELABY P., DURAND P., VAN DER WERF H.M.G., TURPIN N., BRAS A. (2005) : «Nutrient management at farm scale in France : How to attain policy objectives in regions with intensive dairy farming?», *Proc. 1<sup>st</sup> meeting of the EGF Working Group 'Dairy Farming Systems and Environment'*, J.F.F.P. Bos, Pflimlin A., Aarts H.F.M. and Vertès F. (eds.), PRI Report, 83, 111-139.
- LEIP A., BILLEN G., GARNIER J., GRIZZETTI B., LASSALETTA L., REIS S., ... WESTHOEK H. (2015) : «Impacts of European livestock production: nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land-use, water eutrophication and biodiversity», *Environ. Research Letters*, 10 (11), 115004.
- LEMAIRE G., FRANZLUEBBERS A., DE FACCIO CARVALHO P.C., DEDIEU B. (2014) : «Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality», *Agriculture, Ecosystems et Environment*, 190, 4-8.
- LÜSCHER A., MUELLER-HARVEY I., SOUSSANA J.F., REES R.M., PEYRAUD J.L. (2014) : «Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review», *Grass and Forage Sci.*, 69 (2), 206-228.
- MAGRINI M.B., ANTON M., CHOLEZ C., CORRE-HELLOU G., DUC G., JEUFFROY M.H., ... WALRAND S. (2016) : «Why are grain-legumes rarely present in cropping systems despite their environmental and nutritional benefits? Analyzing lock-in in the French agrifood system», *Ecological Economics*, 126, 152-162.
- MARTENS J.R.T., ENTZ M.H. (2011) : «Integrating green manure and grazing systems?: A review», *Canadian J. of Plant Sci.*, 91, 5, 811-824.
- MARTIN C., ROUEL J., JOUANY J. P., DOREAU M., CHILLIARD Y. (2008) : «Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil», *J. Animal Sci.*, 86 (10), 2642-2650.
- MARTIN B., HURTAUD C., GRAULET B., FERLAY A., CHILLIARD Y., COULON J.B. (2009) : «Herbe et qualités nutritionnelles et organoleptiques des produits laitiers», *Fourrages*, 199, 291-310.
- MARTIN G., MORAINÉ M., RYSCHAWY J., MAGNE M.A., ASAI M., SARTHOU J.P., ... THEROND O. (2016) : «Crop-livestock integration beyond the farm level: a review», *Agronomy for Sustainable Development*, 36 (3), 53.
- MERTENS E., VAN'T VEER P., HIDDINK G. J., STEIJNS J. M., KUIJSTEN A. (2016) : «Operationalising the health aspects of sustainable diets: a review», *Public Health Nutrition*, 20 (4), 739-757.
- MEYNARD J.M., MESSÉAN A., CHARLIER A., CHARRIER F., FARES M., LE BAIL M., ... SAVINI I. (2013) : «Freins et leviers à la diversification des cultures?: étude au niveau des exploitations agricoles et des filières», *OCL*, 20 (4), D403.
- MICHA R., WALLACE S., MOZAFFARIAN D. (2010) : «Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus a systematic review and meta-analysis», *Circulation*, 121 (21), 2271-2283.
- MIE A., ANDERSEN H.R., GUNNARSSON S., KAHL J., KESSE-GUYOT E., REMBIAŁKOWSKA E., QUAGLIO G., GRANDJEAN P. (2017) : «Human health implications of organic food and organic agriculture: a comprehensive review», *Environ Health*, 16 (1), 111.
- MOLFINO A., GIOIA G., FANELLI F., MUSCARITOLI M. (2014) : «The role for dietary omega-3 fatty acids supplementation in older adults», *Nutrients*, 6 (10), 4058-4072.
- MORAINÉ M., DURU M., NICHOLAS P., LETERME P., THEROND O. (2014) : «Farming system design for innovative crop-livestock integration in Europe», *Animal*, 8, 1204-1217.
- MORAINÉ M., DURU M., THEROND O. (2016) : «A social-ecological framework for analyzing and designing integrated crop-livestock systems from farm to territory levels», *Renewable Agriculture and Food Systems*, 1-14.
- MORAINÉ M., MELAC P., RYSCHAWY J., DURU M., THEROND O. (2017) : «A participatory method for the design and integrated assessment of crop-livestock systems in farmers' groups», *Ecological Indicators*, 72, 340-351.
- MOUROT J., TONNAC A. de (2015) : «The Bleu Blanc Cœur path?: impacts on animal products and human health», *OCL*, 22 (6).
- NIDERCORN M. (2017) : «Le «Lait de pâturage»?: quelles significations et incidences dans un groupe laitier comme Arla Foods?», *Fourrages*, 230, 123-126.
- PELLERIN S., BAMIÈRE L., ANGERS D., BELINE F., ... PARDON L. (2013) : *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport d'étude*, INRA, 92 p.
- PEREIRA P.M., VICENTE A.F. (2013) : «Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet», *Meat Sci.*, 93 (3), 586-592.
- PEYRAUD J.L. (2017) : «L'élevage contribue à la production durable de protéines», *Demeter*, 363-388.
- PEYRAUD J.L., CELLIER P., DONNARS C., RÉCHAUCHÈRE O. (éditeurs) (2012) : *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres. Synthèse du rapport d'Expertise scientifique collective*, INRA, 68 p.
- PEYRAUD J.L., TABOADA M., DELABY L. (2014) : «Integrated crop and livestock systems in Western Europe and South America: a review», *Europ. J. Agronomy*, 57, 31-42.
- PIERRE F. (2016) : «Produits carnés et risque de cancer : rôle du fer hémique et de la peroxydation lipidique», *Viandes & Produits Carnés*, 32?4?5, 1-7.
- POEPLAU C., DON A. (2015) : «Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops - A meta-analysis», *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 200, 33-41.
- POPP A., LOTZE-CAMPEN H., BODIRSKY B. (2010) : «Food consumption, diet shifts and associated non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases from agricultural production», *Global Environ. Change*, 20 (3), 451-462.
- POQUET D., CHAMBARON-GINHAC S., ISSANCHOU S., MONNERY-PATRIS S. (2017) : «Interroger les représentations sociales afin d'identifier des leviers en faveur d'un rééquilibrage entre protéines animales et végétales: approche psychosociale», *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 52 (4), 193-201.
- POURCELOT M., PY G., PASQUET M., SCHNEIDER A. (2014) : «Systèmes de culture avec légumineuses - Des atouts observés en exploitations agricoles», *Perspectives agricoles*, 414, 31-35.
- RABIER F., LIOY R., PAUL C., VAN STAPPEN F., STILMANT D., MATHOT M. (2015) : «Assessment of GHG Emissions and Their Variability of Meat Production Systems in Wallonia Based on Grass and Maize», *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 7, 223-228.
- REGAN J.T., MARTON S., BARRANTES O., RUANE E., HANEGRAAF M., BERLAND J., ... NESME T. (2017) : «Does the recoupling of dairy and crop production via cooperation between farms generate environmental benefits? A case-study approach in Europe», *Europ. J. Agronomy*, 82, 342-356.
- REYNAUD A., FRAISSE D., CORNU A., FARRUGGIA A., PUJOS-GUILLOT E., BESLE J.M., MARTIN B., LAMAISON J.L., PAQUET D., DOREAU M., GRAULET B. (2010) : «Variation in content and composition of phenolic compounds in permanent pastures according to botanical variation», *J. Agric. and Food Chemistry*, 58, 5485-5494
- ROCKSTRÖM J., STEFFEN W., NOONE K., PERSSON A., ... FOLEY J. (2009) : «Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity», *Ecology and Society*, 14.



- ROGUET C., GAIGNÉ C., CHATELLIER V., CARIOU S., CARLIER M., CHENUT R., ... PERROT C. (2015) : «Spécialisation territoriale et concentration des productions animales européennes: état des lieux et facteurs explicatifs», *INRA Prod. Anim.*, 28 (1), 5-22.
- RÖÖS E., PATEL M., SPÄNGBERG J., CARLSSON G., RYDHMER L. (2016) : «Limiting livestock production to pasture and by-products in a search for sustainable diets», *Food Policy*, 58, 1-13.
- ROUILLÉ B., DEVUN J., BRUNSCHWIG P. (2014) : «L'autonomie alimentaire des élevages bovins français», *OCL*, 21 (4), D404.
- RUSCH A., BOMMARCO R., JONSSON M., SMITH H. G., EKBOM B. (2013) : «Flow and stability of natural pest control services depend on complexity and crop rotation at the landscape scale», *J. Applied Ecology*, 50 (2), 345-354.
- RYSCHAWY J., TICHIT M., BERTRAND S., ALLAIRE G., ... DISENHAUS C. (2015) : «Comment évaluer les services rendus par l'élevage ? Une approche méthodologique sur le cas de la France», *INRA Productions Animales*, 28, 23-37.
- RYSCHAWY J., MARTIN G., MORAINÉ M., DURU M., THEROND O. (2017a) : «Designing crop-livestock integration at different levels: Toward new agroecological models?», *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 108 (1), 5-20.
- RYSCHAWY J., CHARMEAU A., MORAINÉ M., MARTIN G. (2017b) : «Dynamix, a serious game to design crop-livestock integration among farms: a case-study in France», Theatre presentation at the *EAAP meeting 2017*, Abstract 27084, 28 august-1 september, Tallinn, Estonie.
- SÄLL S., GREN I.M. (2015) : «Effects of an environmental tax on meat and dairy consumption in Sweden», *Food Policy*, 55, 41-53.
- SCHADER C., MULLER A., SCIALABBA N.E.H., HECHT J., ISENSEE A., ERB K.H., ... NIGGLI U. (2015) : «Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability», *J. Royal Soc. Interface*, 12 (113), 20150891.
- SCHNEIDER A., HUYGUE C. (éds) (2015) : *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables*, Quae éditions, France.
- SIMOPOULOS A.P. (2006) : «Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases», *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 60 (9), 502-507.
- DE SMET S., VOSSEN E. (2016) : «Meat: The balance between nutrition and health. A review», *Meat Sci.*, 120, 145-156.
- SMITH P. (2014) : «Do grasslands act as a perpetual sink for carbon?», *Global change biology*, 20 (9), 2708-2711.
- SOLAGRO (2014) : *Afterres 2050. Un scénario soutenable pour l'agriculture et l'utilisation des terres en France à l'horizon 2050*, éd. Solagro (Toulouse), 63 p.
- SOUSSANA J.F., LEMAIRE G. (2014) : «Coupling carbon and nitrogen cycles for environmentally sustainable intensification of grasslands and crop-livestock systems», *Agric., Ecosystems and Environ.*, 190, 9-17.
- SOUSSANA J.F., TALLEC T., BLANFORT V. (2010) : «Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands», *Animal*, 4: 3, 334-350.
- STEHFEST E., BOUWMAN L., VAN VUUREN D.P., DEN ELZEN M.G., EICKHOUT B., KABAT P. (2009) : «Climate benefits of changing diet», *Climatic change*, 95 (1-2), 83-102.
- STEINFELD H., GERBER P., WASSENAAR T.D., CASTEL V., DE HAAN C. (2006) : *Livestock's long shadow: environmental issues and options*, Food & Agriculture Org.
- STOKSTAD E. (2014) : «Ammonia pollution from farming may exact hefty health costs», *Sci.*, 343 (6168), 238-238.
- SUTTON M. (2011) : «Too much of a good thing», *Nature*, 5-7.
- TILMAN D., CLARK M. (2014) : «Global diets link environmental sustainability and human health», *Nature*, 515 (7528), 518-522.
- TOME D. (2012) : «Criteria and markers for protein quality assessment - a review», *The British J. Nutrition*, 108 Suppl., S222-9.
- VAN ELSWYK M.E., McNEILL S.H. (2014) : «Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The U.S. experience», *Meat Sci.*, 96, 535-540
- VAN ZANTEN H.H.E., MOLLENHORST H., KLOOTWIJK C.W., VAN MIDDELAAR C.E., DE BOER I.J.M. (2015) : «Global food supply: land use efficiency of livestock systems», *The Int. J. Life Cycle Assessment*, 21, 5, 747-758.
- VAN ZANTEN H.H.E., MEERBURG B.G., BIKKER P., HERRERO M., DE BOER I.J.M. (2016) : «Opinion paper?: The role of livestock in a sustainable diet?: a land-use perspective Opinion paper?: The role of livestock in a sustainable diet?: a land-use perspective», *Animal*, (January), 547-549.
- VERTÈS F., HATCH D., VELTHOF G., TAUBE F., LAURENT F., LOISEAU P., RECOUS S. (2007) : «Short-term and cumulative effects of grassland cultivation on nitrogen and carbon cycling in ley-arable rotations», *Permanent and temporary grassland: plant, Environment and Economy*, A. de Vliegler and L. Carlier (eds.), *Grassland Science in Europe*, 12, 227-246.
- DE VRIES M., DE BOER I. J. M. (2010) : «Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments», *Livestock Sci.*, 128 (1-3), 1-11.
- DE VRIES M., VAN MIDDELAAR C. E., DE BOER I. J. M. (2015) : «Comparing environmental impacts of beef production systems: A review of life cycle assessments», *Livestock Sci.*, 178, 279-288.
- WCRF (2011) : <http://www.wcrf.org/int/research-we-fund/continuous-update-project-findings-reports/colorectal-cancer>
- WESTHOEK H., LESSCHEN J.P., LEIP A., ROOD T., WAGNER S., DE MARCO A., ... SUTTON M. (2016) : *Nitrogen on the Table: The influence of food choices on nitrogen emissions and the European environment*, NERC/Centre for Ecology & Hydrology.
- YIP C.S.C., CRANE G., KARNON J. (2013) : «Systematic review of reducing population meat consumption to reduce greenhouse gas emissions and obtain health benefits: Effectiveness and models assessments», *Int. J. of Public Health*, 58 (5), 683-693.
- ZU ERMGASSEN E.K.H.J., PHALAN B., GREEN R.E., BALMFORD A. (2016) : «Reducing the land use of EU pork production: Where there's swill, there's a way», *Food Policy*, 58, 35-48.