



LA REVUE **INRA**  
**PRODUCTIONS**  
**ANIMALES**



2019

Volume 32 – Numéro 2

**Numéro spécial**



**ans**

**De grands défis  
et des solutions  
pour l'élevage**

Revue éditée par l'INRA

4 numéros par an

<https://productions-animales.org/>

Hébergée par l'Université de Bordeaux :

Portail de revues scientifiques en libre accès

<https://open.u-bordeaux.fr/journals/>

#### **Directeur de la publication**

Christian Huyghe

INRA Paris, Directeur Scientifique « Agriculture »

#### **Directeur scientifique**

##### **Rédacteur en chef**

René Baumont

INRA

Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores

63122 Saint-Genès-Champanelle

e-mail : [rene.baumont@inra.fr](mailto:rene.baumont@inra.fr)

#### **Secrétariat d'Édition**

##### **Administration du site web**

Pascale Béraud

INRA

Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores

63122 Saint-Genès-Champanelle

e-mail : [paurh-ara@inra.fr](mailto:paurh-ara@inra.fr)

#### **Maquette**

DESK

25 Boulevard de la Vannerie

53940 Saint-Berthevin

<http://www.desk53.com.fr/>

#### **Composition, photogravure, impression**

DESK

25 Boulevard de la Vannerie

53940 Saint-Berthevin

<http://www.desk53.com.fr/>

---

N° ISSN : 2273-774X (édition papier) 2273-7766 (édition électronique)

N° ISBN : 978-2-7380-1433-7 (édition papier) 978-2-7380-1434-4 (édition électronique)

Copyright © 2019

Reproduction même partielle interdite sans l'autorisation des auteurs et de l'INRA

#### **Comité de rédaction**

Élisabeth Baéza (INRA Tours), Nathalie Bareille (Oniris Nantes), Denis Bastianelli (CIRAD Montpellier), Isabelle Cassar-Malek (INRA Clermont-Theix), Élodie Chaillou (INRA Tours), Vincent Chatellier (INRA Nantes), Luc Delaby (INRA Rennes), Anne Farruggia (INRA Saint Laurent de la Prée), Laurence Fortun-Lamothe (INRA Toulouse), Bénédicte Lebret (INRA Rennes), Sophie Lemosquet (INRA Rennes), Pascale Le Roy (INRA Rennes), Philippe Lescoat (AgroParis Tech), Marie-Odile Nozières (INRA Montpellier), Edwige Quillet (INRA Jouy-en-Josas), Daniel Sauvart (AgroParis Tech)

---



# NUMÉRO SPÉCIAL

## De grands défis et des solutions pour l'élevage

Coordonnateur :  
R. Baumont

Numéro spécial « De grands défis et des solutions pour l'élevage » : Avant-propos.	P. MAUGUIN	85
La revue INRA Productions Animales dans la production scientifique en élevage et sciences animales.	R. BAUMONT, A. GIRARD	87
Productions animales, usage des terres et sécurité alimentaire en 2050 : l'éclairage de la prospective Agrimonde-Terra.	C. LE MOUËL, O. MORA	95
L'internationalisation des marchés en productions animales.	V. CHATELLIER	111
L'évolution de la consommation de produits animaux en France : de multiples enjeux.	F. CAILLAVET, A. FADHUILE, V. MICHÈLE	131
Quelle place pour les produits animaux dans l'alimentation de demain ?	D. RÉMOND	147
Les effets du processus d'intensification de l'élevage dans les territoires.	J.P. DOMINGUES <i>et al.</i>	159
Les performances économiques de l'élevage européen : de la « compétitivité coût » à la « compétitivité hors coût ».	V. CHATELLIER, P. DUPRAZ	171
Élevage et territoires : quelles interactions et quelles questions ?	J. LASSEUR <i>et al.</i>	189
Les productions animales dans la bioéconomie.	J.-Y. DOURMAD, T. GUILBAUD, M. TICHIT, T. BONAUDO	205
Évolution de la place de l'animal et des points de vue sur son élevage dans la société française : quels enjeux pour la recherche agronomique ?	A. FOSTIER	221
Quelles performances pour les animaux de demain ? Objectifs et méthodes de sélection.	P. LE ROY, A. DUCOS, F. PHOCAS	233
Rôle de l'environnement précoce dans la variabilité des phénotypes et l'adaptation des animaux d'élevage à leur milieu.	F. PITEL <i>et al.</i>	247
Gérer la diversité animale dans les systèmes d'élevage : laquelle, comment et pour quels bénéfices ?	M.-A. MAGNE <i>et al.</i>	263

## Sommaire

---

Élevage de précision et bien-être en élevage : la révolution numérique de l'agriculture permettra-t-elle de prendre en compte les besoins des animaux et des éleveurs ?	I. VEISSIER <i>et al.</i>	281
Évolution de l'usage des antibiotiques en filières bovines : état d'avancement et perspectives.	V. DAVID <i>et al.</i>	291
Intégrer les changements d'échelle pour améliorer l'efficacité des productions animales et réduire les rejets.	P. FAVERDIN, J. VAN MILGEN	305
Quelle science pour les élevages de demain ? Une réflexion prospective conduite à l'INRA.	J.-L. PEYRAUD <i>et al.</i>	323

---

Illustration de couverture : [Desk](#) et [Pascale Béraud](#)

# Numéro spécial « De grands défis et des solutions pour l'élevage » : avant-propos

Philippe MAUGUIN

INRA Paris, Siège, 147 rue de l'Université, 75338, Paris, France

Courriel : [philippe.mauguin@inra.fr](mailto:philippe.mauguin@inra.fr)

■ Pour marquer le passage des 30 ans de la revue, ce numéro spécial contribue à la mise en débat des grands défis auxquels l'élevage est confronté aujourd'hui et sans doute demain, et à la recherche de solutions pour son avenir, dans une agriculture qui devra produire, améliorer l'état de l'environnement aujourd'hui largement dégradé, et répondre aux attentes d'une société plus urbanisée et plus éloignée de la réalité agricole et biologique.

## Avant-Propos

La revue INRA Productions Animales est entrée dans sa quatrième décennie. Créée en 1988, elle a publié plus de 1 200 articles pour transférer des synthèses scientifiques issues des travaux de l'INRA et de ses partenaires en sciences animales et sur l'élevage. L'ambition de la revue est de produire des articles accessibles à un large public d'utilisateurs des résultats de la recherche, depuis les chercheurs eux-mêmes, les enseignants et les étudiants, jusqu'aux professionnels de l'élevage et les décideurs publics.

En trois décennies, le contexte et les enjeux des productions animales ont considérablement évolué. Il y a 30 ans, l'élevage et son intensification en France, en Europe et dans le monde étaient synonymes d'une meilleure productivité permettant de couvrir les besoins alimentaires des populations humaines, une plus grande efficacité de la production avec une moindre consommation de ressources pour chaque unité de viande, de lait ou d'œuf produite, une meilleure performance économique des exploitations agricoles

et des industries agro-alimentaires. Aujourd'hui lorsqu'on entend parler d'élevage dans les médias européens, c'est le plus souvent pour pointer du doigt des aspects négatifs : contribution de l'élevage au réchauffement climatique via les gaz à effets de serre émis, concurrence pour l'utilisation des terres dans un contexte où il faut nourrir une population croissante, perte de biodiversité, pathologies nutritionnelles liées à des consommations trop élevées de produits animaux dans les pays occidentaux, conditions d'élevage « intensives » pouvant entraîner des souffrances animales. C'est aussi une demande voire un plébiscite des produits, y compris animaux issus de l'agriculture biologique et plus généralement de systèmes plus extensifs. Mais, de façon partagée entre ces deux périodes éloignées d'une génération humaine, l'élevage permet la subsistance des populations pauvres dans de nombreuses régions du monde, les animaux peuvent valoriser de nombreuses ressources alimentaires non directement consommables par l'Homme, l'élevage est le premier producteur de fertilisants pour les cultures, les protéines animales sont des nutriments de haute qualité et les vecteurs de nombre de micronutriments et sont

difficilement substituables en totalité dans l'alimentation de l'Homme, et l'élevage contribue au patrimoine culturel de l'Humanité notamment à travers les paysages qu'il façonne et par l'utilisation des produits animaux dans les gastronomies de toutes les régions du monde.

Dans ce contexte et pour marquer le passage des 30 ans de la revue, la rédaction a souhaité contribuer par ce numéro spécial à la mise en débat des grands défis auxquels l'élevage est confronté aujourd'hui et sans doute demain et à la recherche de solutions pour son avenir, dans une production agricole et alimentaire qui devra produire, améliorer l'état de l'environnement aujourd'hui largement dégradé, et répondre aux attentes d'une société plus urbanisée et plus éloignée de la réalité agricole et biologique. C'est aussi l'occasion de réaffirmer la ligne éditoriale de la revue qui veut aborder les thématiques relatives aux sciences animales et à l'élevage dans toutes leurs dimensions, des sciences biologiques et agronomiques aux sciences économiques et sociales.

La construction de ce numéro est le fruit d'une réflexion croisée entre le comité de rédaction de la

revue, les directions des départements de recherche « Physiologie Animale et Systèmes d'Élevage », « Génétique Animale », « Santé Animale », « Sciences pour l'Action et le Développement » et « Sciences sociales, Agriculture et Alimentation, Espaces et Environnement », et la direction scientifique « Agriculture » de l'INRA. Après un article introductif qui analyse le positionnement de la revue dans la production scientifique internationale, ce numéro propose une série de 15 articles partant des aspects globaux – économiques, territoriaux et sociétaux – pour aller vers les questions relatives aux animaux de demain et à leur conduite.

Pour ouvrir cette série d'articles, Chantal Le Mouël et Olivier Mora apportent l'éclairage de la prospective Agrimonde-Terra sur les productions animales à l'horizon 2050 et Vincent Chatellier analyse les conséquences de l'internationalisation des marchés en productions animales. Puis, France Caillavet *et al.* proposent une réflexion sur les enjeux socio-économiques posés par l'évolution de la consommation de produits animaux en France et Didier Rémond une réflexion sur la place des produits animaux dans l'alimentation de demain. Joao Pedro Domingues *et al.* reviennent sur les effets du processus d'intensification de l'élevage depuis plusieurs décennies, et Vincent Chatellier et Pierre Dupraz analysent comment l'élevage européen peut développer des stratégies de compétitivité hors coût à l'avenir. Jacques Lasseur *et al.* montrent com-

ment une meilleure intégration des dimensions territoriales de l'élevage peut contribuer à redéfinir un élevage durable, et Jean-Yves Dourmad *et al.* comment l'élevage en tant que transformateur et producteur de bioressources peut être un important moteur de la bioéconomie. Enfin, un défi majeur pour l'élevage est l'évolution de la place de l'animal et des points de vue sur son élevage dans la société. C'est ce qu'aborde l'article d'Alexis Fostier en cherchant à en identifier les enjeux pour la recherche.

De quels animaux les systèmes d'élevage auront-ils besoin demain et comment les conduire ? Pascale Leroy *et al.* analysent comment les programmes d'amélioration génétique s'enrichissent et doivent encore s'enrichir de nouveaux caractères pour répondre à la diversification attendue des performances animales. Frédérique Pitel *et al.* montrent l'importance de l'environnement d'élevage dans le jeune âge dans la construction des phénotypes des animaux adultes et de leurs capacités d'adaptation. Marie-Angelina Magne *et al.* proposent des pistes pour mieux gérer et valoriser la diversité animale dans les systèmes d'élevage dans le cadre de la transition agro-écologique de l'agriculture. Isabelle Veissier *et al.* s'interrogent sur les conséquences de la révolution numérique en agriculture et montrent comment les techniques d'élevage de précision peuvent être utilisées pour mieux prendre en compte à la fois les besoins des animaux et des éleveurs afin d'améliorer le bien-être

en élevage. Valérie David *et al.* font le point sur la mise en œuvre réussie du plan « EcoAntibio » et la réduction effective de l'usage des antibiotiques et proposent des perspectives d'ordre technique, sociologique et organisationnel pour poursuivre cette réduction et un usage raisonné et responsable des antibiotiques en élevage. Enfin, Philippe Faverdin et Jaap van Milgen proposent une réflexion sur l'amélioration de l'efficacité des productions animales et la réduction des rejets en mettant en lumière l'importance d'intégrer les changements d'échelle de l'animal au système d'élevage dans les solutions proposées pour en garantir les bénéfices espérés.

Il n'était pas possible d'être exhaustif et bien d'autres sujets auraient pu aussi être traités. Aussi pour conclure ce numéro, Jean-Louis Peyraud *et al.* proposent une synthèse de la réflexion scientifique prospective « Science pour les élevages de demain » conduite par l'INRA qui permet de mettre en perspective l'ensemble des priorités de recherche en sciences animales et élevage.

Je remercie chaleureusement tous les auteurs et les relecteurs des articles, et je ne doute pas que ce numéro sera largement utilisé et fera date dans l'histoire de la revue.

Bonne lecture à toutes et à tous !

Philippe MAUGUIN  
Président-Directeur Général de l'INRA

## Résumé

Pour marquer le passage des 30 ans de la revue, ce numéro spécial contribue à la mise en débat des grands défis auxquels l'élevage est confronté aujourd'hui et sans doute demain, et à la recherche de solutions pour son avenir, dans une agriculture qui devra produire, améliorer l'état de l'environnement aujourd'hui largement dégradé, et répondre aux attentes d'une société plus urbanisée et plus éloignée de la réalité agricole et biologique.

## Abstract

### **Special issue "Major challenges and solutions for livestock farming": Foreword**

To mark the 30<sup>th</sup> anniversary of the journal, this special issue contributes to the debate on the major challenges facing livestock farming today and probably in the future, and to the search for solutions for its future, in an agriculture that will have to produce, improve the state of the environment, which is now largely degraded, and meet the expectations of a more urbanized society that is further away from agricultural and biological reality.

# La revue INRA Productions Animales dans la production scientifique en élevage et sciences animales

René BAUMONT<sup>1</sup>, Agnès GIRARD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Clermont Auvergne, INRA, Vetagro Sup, UMR Herbivores, 63122, Saint-Genès-Champanelle, France

<sup>2</sup>INRA, UR1037 Laboratoire de Physiologie et Génomique des Poissons, 35042, Rennes, France

Courriel : [rene.baumont@inra.fr](mailto:rene.baumont@inra.fr)

■ **Éditée depuis 30 ans, la revue INRA Productions Animales se positionne en tant que revue de transfert dans ce domaine. Comment se situe-t-elle par rapport à la production scientifique de l'INRA et de la communauté internationale ? Dans quelle mesure les thématiques qu'elle traite reflètent-elles l'évolution des recherches conduites en France et en Europe ?**

## Introduction

Prenant la suite du « Bulletin technique du Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix », la revue « INRA Productions Animales » a vu le jour en 1988 en tant que revue de transfert du secteur animal de l'INRA. Depuis plus de 30 ans maintenant, cet objectif a été maintenu (Perez *et al.*, 2008). Il s'agit de publier des articles de synthèse sur tous les sujets concernant les productions animales, à destination de l'ensemble des utilisateurs des résultats de la recherche (étudiants, enseignants, conseillers, chercheurs, décideurs...) pour mieux faire connaître les travaux et les réflexions menés par l'INRA et ses collaborateurs.

La revue n'a donc pas vocation à publier des résultats primaires de la recherche, mais des synthèses de résultats scientifiques permettant une prise de recul et une mise en perspective devant faciliter leur appropriation et leur mise en œuvre par les lecteurs. L'ambition de la revue est de conjuguer

rigueur de l'information scientifique et exigence de l'écriture dans un langage accessible à un large public. C'est une revue francophone, dont certains de ses articles peuvent être repris pour publication en anglais, et qui reprend également des articles publiés dans des revues anglophones, notamment dans la revue « Animal ».

Depuis la création de la revue, le contexte et les enjeux des productions animales ont considérablement évolué : mondialisation et ouverture progressive des marchés avec les réformes successives de la Politique agricole commune (Pac), révolutions technologiques avec l'arrivée de la sélection génomique et maintenant des techniques de précision, prise en compte croissante des impacts environnementaux de l'élevage (positifs et négatifs) et du bien-être animal, remise en cause par la société de certaines formes d'élevage, voire de l'activité d'élevage en tant que telle, etc. Dès ses débuts, les éditeurs ont cherché à inscrire la revue dans ces évolutions et à éclairer ses lecteurs par des numéros thématiques consacrés à

des avancées scientifiques majeures et à des questions d'actualité. Ainsi le premier numéro spécial de la revue a été publié en 1991 et s'intitulait « Préparer l'élevage de demain » ; le premier dossier publié en 1993 était consacré à la réforme de la Pac. La revue a publié au total 24 numéros spéciaux, 26 dossiers et 4 numéros hors-série. Pour illustrer la diversité des thèmes abordés et la volonté de répondre aux grands enjeux de l'élevage, citons à titre d'exemple, le numéro hors-série consacré aux « Encéphalopathies spongiformes transmissibles animales » (2004) ; les numéros spéciaux sur les « Biotechnologies animales » (1998), le « Bien-être animal » (2007), « Quelles innovations pour quels systèmes d'élevage ? » et sur « L'élevage en Europe : une diversité de services et d'impacts » (2017) ; ainsi que les dossiers consacrés aux « Gaz à effets de serre en élevage bovin » (2011), au « Phénotypage animal » (2014) et dernièrement aux « Ressources alimentaires pour les animaux d'élevage » (2018).

Pour introduire ce numéro spécial consacré à « De grands défis et des

solutions pour l'élevage », nous avons analysé la place occupée par la revue INRA Productions Animales dans la production scientifique de l'INRA et plus largement de la communauté scientifique internationale en sciences animales et en élevage, à partir d'une analyse bibliométrique. Nous avons aussi étudié l'évolution des thématiques abordées dans la revue, par rapport à celles des publications de l'INRA et celles de l'ensemble de la catégorie « Agriculture, dairy and animal sciences » du « Web of Science™ » et évalué dans quelle mesure elle a été en phase avec l'évolution des enjeux liés à l'élevage.

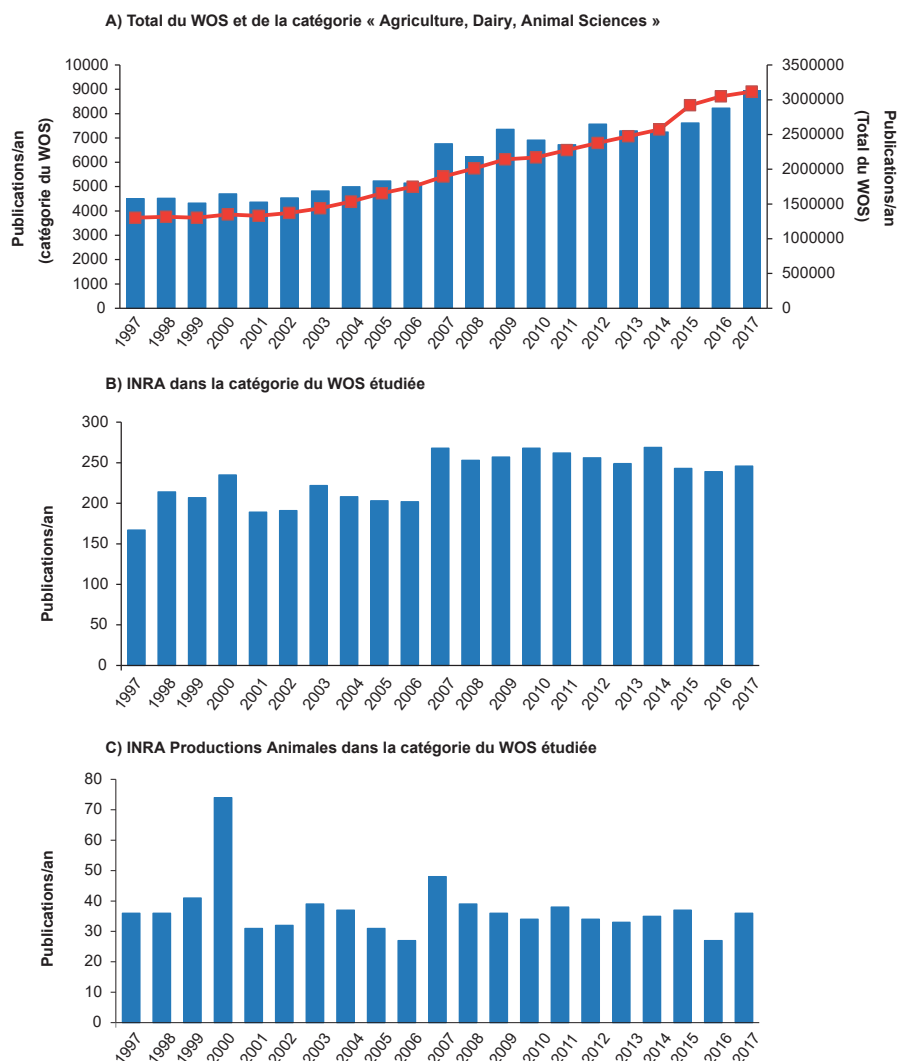
## 1. Les données et les outils d'analyse utilisés

### ■ 1.1. Les données du « Web of Science™ »

Le « Web of Science™ Core Collection » (WOS) est une base de données documentaire internationale et multidisciplinaire produite par la société Clarivate Analytics. Elle recense les principales revues scientifiques, livres et actes scientifiques depuis 1956. Chaque référence indexée dans le WOS contient les auteurs, leurs affiliations et la revue dans laquelle l'article est publié ainsi que son titre, son résumé et des mots-clés. Les revues sont réparties dans des groupes (« WOS categories ») correspondant à des champs thématiques ou disciplinaires, par exemple pour ce qui nous concerne « Agriculture, dairy and animal sciences » et « Veterinary Sciences ». Le WOS répertorie aussi les citations des références indexées ce qui permet de calculer un certain nombre d'indicateurs, comme par exemple le facteur d'impact d'une revue (ratio entre le nombre de citations en année  $n$  des articles publiés en années  $n-1$  et  $n-2$  et le nombre d'articles publiés en années  $n-1$  et  $n-2$  dans cette revue) ou le facteur  $h$  d'un auteur (nombre  $h$  de publications citées plus de  $h$  fois).

La revue INRA Productions Animales est référencée dans le WOS en intégralité depuis 1997 dans les deux catégories citées précédemment. Notre analyse a donc porté sur la

**Figure 1.** Évolution entre 1997 et 2017 du nombre total de publications référencées dans le WOS (courbe rouge) et dans la catégorie « Agriculture, dairy and animal sciences » du WOS (A), et au sein de cette catégorie les publications de l'INRA (B) et de la revue INRA Productions Animales (C).



période allant de 1997 jusqu'à 2017, qui était la dernière année complètement référencée, en août 2018, lorsque l'analyse a été réalisée. Elle a concerné la catégorie « Agriculture, dairy and animal sciences » du WOS, qui constitue le cœur de la revue. Sur cette période, en se limitant aux articles de recherche, de synthèse et éditoriaux (les types de documents que l'on retrouve dans la revue INRA Productions Animales), cette catégorie du WOS contient 781 références de la revue, 4 831 références publiées dans différents journaux par des auteurs affiliés à l'INRA et un total de 125 425 références. Une analyse de l'évolution annuelle du nombre de publications, de leur nombre de citations et de la répartition par pays et par organisation a été conduite.

### ■ 1.2. L'analyse lexicale des titres, mots-clés et résumés

L'analyse lexicale a été réalisée sur la plateforme CorText (<https://managerv2.cortext.net>), développée par le Laboratoire Interdisciplinaire Sciences Innovations Sociétés (LISIS). Cette plateforme vise à renforcer les capacités de recherche et d'études sur la dynamique de la science, de la technologie, de l'innovation et de la production de connaissances.

Dans un premier temps, nous avons constitué la liste des termes décrivant le corpus des références analysées à partir de l'extraction lexicale des mots et termes présents dans le titre, le résumé et les mots-clés. La plateforme CorText



permet une extraction automatique des termes que nous avons complétée par un travail de regroupement en concepts afin d'éviter le plus possible les termes redondants. Une liste de 152 concepts ou termes décrivant le corpus des références indexées dans la catégorie « Agriculture, dairy and animal science » du WOS a été ainsi constituée.

Dans un deuxième temps, nous avons analysé l'évolution entre 1997 à 2017 de l'occurrence des termes de la liste afin d'identifier les thèmes dominants, en régression ou en émergence. Les résultats de cette analyse sont représentés sous forme de graphique permettant de visualiser l'évolution de la hiérarchie entre les termes les plus utilisés au cours du temps.

Dans un troisième temps, nous avons isolé dans le corpus des références les publications avec au moins un auteur affilié à un laboratoire européen. Nous avons ensuite réalisé une cartographie des termes afin d'identifier les associations de termes ou de concepts les plus fréquentes dans les différents corpus de références. Nous présentons ici la cartographie obtenue sur les corpus des références publiées par *i)* les auteurs européens, *ii)* l'INRA et *iii)* INRA Productions Animales.

## 2. La place de la revue dans les publications de l'INRA et de la communauté internationale

Le nombre total de publications référencées dans le WOS entre 1997 et 2017 a été multiplié par 2,4. Le nombre de publications dans la catégorie « Agriculture, dairy and animal sciences » a suivi globalement cette progression en passant de 4 500 à près de 9 000 références par an (figure 1). En revanche sur la même période, la production de l'INRA dans cette catégorie est restée stable entre 200 et 260 publications par an, comme celle de la revue qui a été en moyenne de 39 articles référencés par an.

L'évolution contrastée de la production mondiale et de celle de l'INRA

**Tableau 1.** Les 15 premiers pays contribuant à la production scientifique de la catégorie « Agriculture, dairy, and animal sciences » du WOS.

Pays	Nombre de références	% du Total
USA	25 697	20,49
Inde	11 130	8,87
Brésil	9 377	7,48
Chine	6 914	5,51
Allemagne	6 727	5,36
Canada	6 541	5,22
France dont INRA dont INRA Productions Animales	5 957 4 831 731	4,75 3,85 0,62
Italie	5 802	4,63
Espagne	5 279	4,21
Japon	5 003	3,99
Australie	4 428	3,53
Angleterre	3 862	3,08
Pologne	3 842	3,06
Pays-Bas	3 474	2,77
Corée du Sud	2 857	2,28

s'explique très vraisemblablement par la montée en puissance au cours des 20 dernières années de l'Inde, du Brésil et de la Chine qui se classent respectivement aux 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> places derrière les USA parmi les pays contribuant le plus à la production scientifique dans cette catégorie du WOS (tableau 1). La France, avec 5 957 références, soit 4,75 % du total mondial, se classe au 7<sup>e</sup> rang et est le 2<sup>e</sup> pays européen derrière l'Allemagne.

Avec 4 831 références, l'INRA représente plus de 80 % de la production française dans cette catégorie et un peu moins de 4 % de la production mondiale. L'INRA se classe à la 2<sup>e</sup> place des organisations les plus représentées, derrière l'« Indian Council of Agricultural Research » et devant l'« United States Department of Agriculture ». Suivent

respectivement aux 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> places, « Wageningen University Research », « Agriculture Agri Food Canada », et l'« Universidade Estadual Paulista ».

Les 781 références d'INRA Productions Animales (sur un total de 1 204 articles publiés par la revue depuis 1988) représentent 16,2 % de la production totale de l'INRA dans cette catégorie du WOS depuis 1997. La revue INRA Productions Animales est la deuxième revue de cette catégorie dans laquelle les chercheurs de l'INRA publient, derrière la revue « Animal » si on lui ajoute les revues lui ayant précédées (*Animal Research*, *Animal Science* et les *Annales de Zootechnie*) pour tenir compte du fait qu'elle n'a été créée qu'en 2008. Suivent par ordre décroissant du nombre de publications issues de l'INRA, les deux revues américaines *Journal of Dairy*

Science et Journal of Animal Science la revue de l'INRA Génétique Sélection Évolution et une autre revue de transfert, la revue Fourrages.

Ces quelques chiffres montrent le fort investissement des chercheurs en productions animales de l'INRA à la fois pour produire des résultats scientifiques et pour les synthétiser dans les publications de synthèse et de transfert, activité indispensable pour atteindre les utilisateurs finaux des recherches et qui prend tout son sens dans un organisme de recherche finalisée dont la devise est « Science et Impact ».

En termes de citations, les articles de l'INRA publiés dans la catégorie « Agriculture, dairy and animal sciences » sont cités en moyenne 18,05 fois avec un nombre de citations annuel qui croît régulièrement et qui a atteint les 9 000 citations en 2017. Pour ce qui est des articles publiés dans INRA Productions Animales, le taux moyen de citation s'élève à 4,83. Cette relative faiblesse peut s'expliquer d'une part, par la langue de publication de la revue, le français, qui ne représente que 1,0 % des publications de la catégorie derrière l'Anglais (93,2 %), le Portugais (3,2 %) et l'Allemand (1,1 %), et d'autre part, par le fait que les lecteurs d'une revue de transfert n'ont pas forcément vocation à écrire eux-mêmes des articles scientifiques. Toutefois, ce nombre de citations, ainsi que le facteur d'impact de la revue, qui est d'environ 0,75 depuis plusieurs années, attestent d'une pénétration de la revue dans le monde de la recherche.

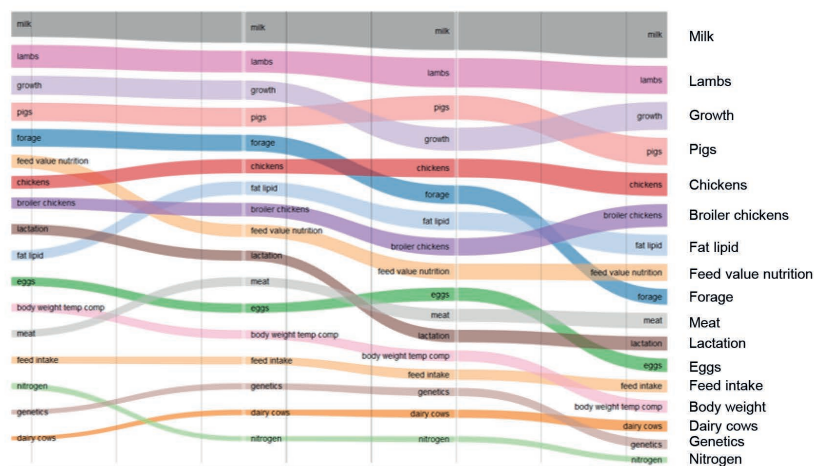
### 3. L'évolution des thématiques abordées en sciences animales et élevage

#### ■ 3.1. Évolution des termes utilisés dans les publications internationales, de l'INRA et de la revue depuis 20 ans

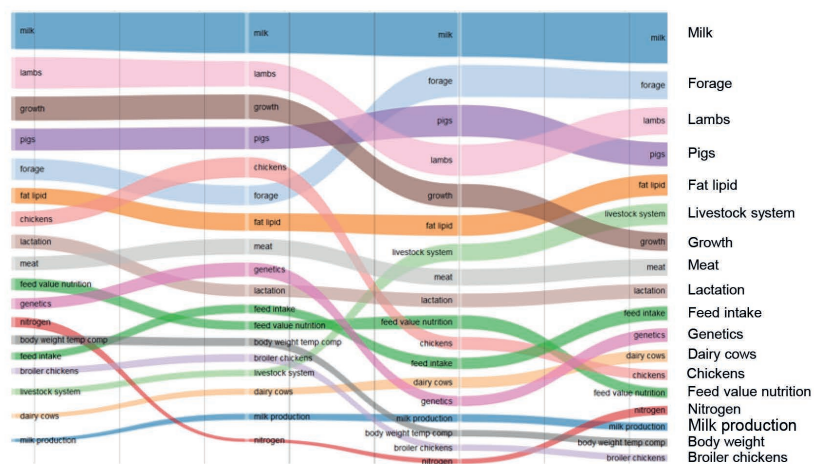
Sur l'ensemble des références de la catégorie du WOS étudiée, on constate une grande stabilité des termes les plus fréquents (figure 2a). Les quatre termes les plus fréquents à la fin de la période analysée (« milk », « lambs », « growth » et

**Figure 2.** Évolution entre 1997 et 2017 de la fréquence des termes sur les corpus de publications de la catégorie « Agriculture, dairy and animal sciences » du WOS (A) des publications de l'INRA au sein de cette catégorie (B) et de celles de la revue INRA Productions Animales (C).

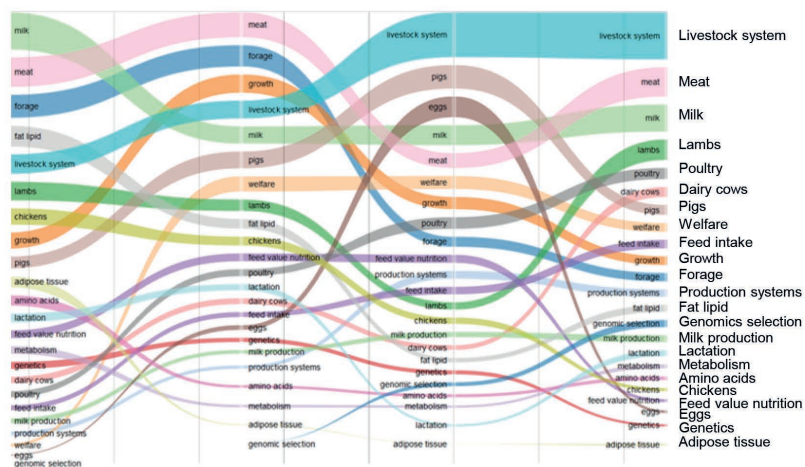
#### A) Catégorie « Agriculture, Dairy, Animal Sciences » du WOS



#### B) INRA



#### C) INRA Productions Animales



« pigs ») l'étaient déjà 20 ans auparavant et dans le même ordre. On note également que l'importance relative de ces 4 termes se renforce au cours du temps.

Au total, les termes « milk » et « growth » sont présents dans plus de 16 % des publications. Le terme « lambs » n'était pas attendu aussi fréquemment utilisé

compte-tenu de l'importance moindre de cette production. Sa fréquence élevée, que l'on retrouve dans tous les corpus analysés (cf. ci-dessous) pourrait s'expliquer par l'utilisation des agneaux et plus largement de l'espèce ovine comme espèce modèle dans un certain nombre d'études. Les termes caractérisant la production de volailles (« *chickens* » et « *broiler chickens* ») montrent également une grande stabilité à l'exception du terme « *eggs* » dont la fréquence décroît au cours des dernières années. En revanche, on note un recul du terme « *forage* » qui passe de la cinquième à la neuvième place du classement, bien qu'étant présent dans 11,9 % des publications.

Dans l'ensemble des publications de la catégorie du WOS étudiée, le terme « *livestock system* » est en croissance ; il se classe en 17<sup>e</sup> position en termes de fréquence et est présent dans 6,9 % des publications. En revanche, les termes relatifs à des enjeux de société comme le bien-être animal et les émissions de méthane demeurent plus loin dans le classement des fréquences d'utilisation : ainsi « *welfare* » apparaît en 27<sup>e</sup> position et est présent dans 3,9 % des publications et « *methane production* » seulement en 91<sup>e</sup> position et est présent dans 0,5 % des publications. Il est vraisemblable qu'une partie des recherches sur ces thématiques sont publiées dans des journaux appartenant à d'autres catégories du WOS. Pour la production de méthane, cela peut aussi s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'un domaine de recherche qui ne concerne principalement que les ruminants et pas toutes les productions animales.

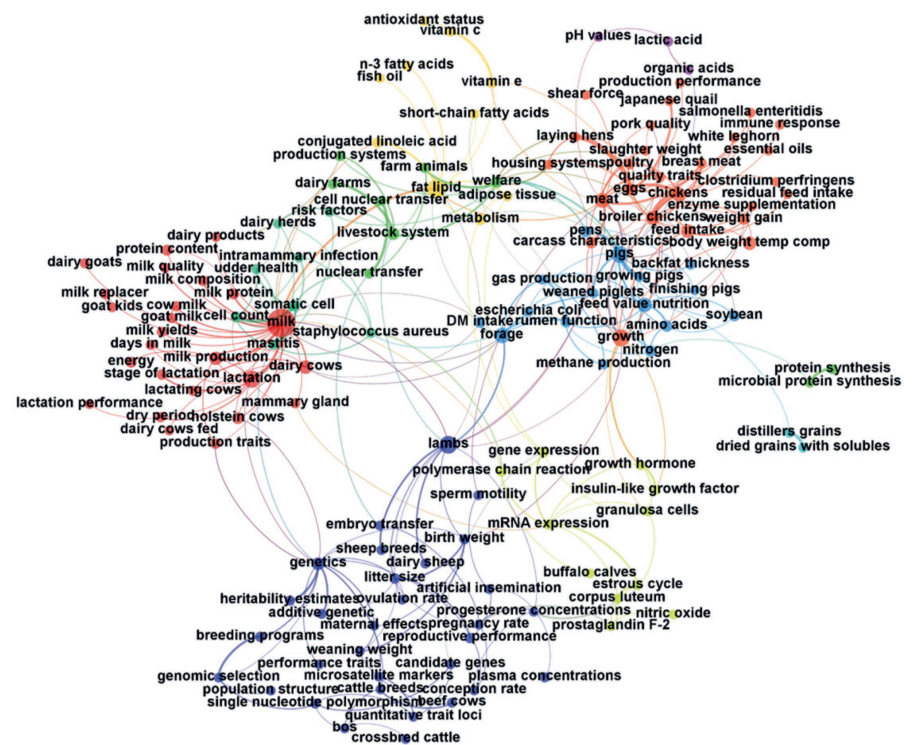
Le profil de fréquence des termes utilisés dans les publications de l'INRA et son évolution présente des différences nettes avec celui de la catégorie du WOS étudiée (figure 2b). Ainsi, si le classement des cinq termes les plus fréquents était identique à celui de la catégorie au début de la période analysée, il a fortement évolué au cours des 20 dernières années et s'en démarque assez nettement aujourd'hui. Le terme le plus fréquent dans les publications de l'INRA est également « *milk* », le terme « *forage* » n'a pas reculé au contraire et se retrouve le 2<sup>e</sup> le plus fréquent à la fin de la période

analysée alors que le terme « *growth* », en net recul, se retrouve en 7<sup>e</sup> position à la fin de la période. En termes d'espèces animales, l'importance de « *lambs* » et de « *pigs* » est comparable dans le corpus INRA à celle observée dans le corpus total de la catégorie du WOS. En revanche, les termes « *chickens* » et « *broiler chickens* », qui caractérisent les volailles sont relativement moins importants dans le corpus INRA. Enfin, le corpus des publications de l'INRA se caractérise par une forte fréquence du terme « *fat lipids* » en 5<sup>e</sup> ou 6<sup>e</sup> position selon les périodes considérées et par la montée en puissance du terme « *livestock system* », quasiment absent il y a 20 ans et qui devient le 6<sup>e</sup> terme le plus fréquent dans les dernières années.

Le profil de fréquence des termes utilisés dans les publications de la revue INRA Productions Animales et son évolution se démarquent encore plus de celui de la catégorie du WOS, mais aussi de celui des publications de l'INRA (figure 2c). Le terme le plus fréquemment utilisé dans la revue INRA Productions Animales est « *livestock system* » depuis plus de cinq ans. Les termes « *milk* » et « *meat* » qui étaient les premiers au début de la période

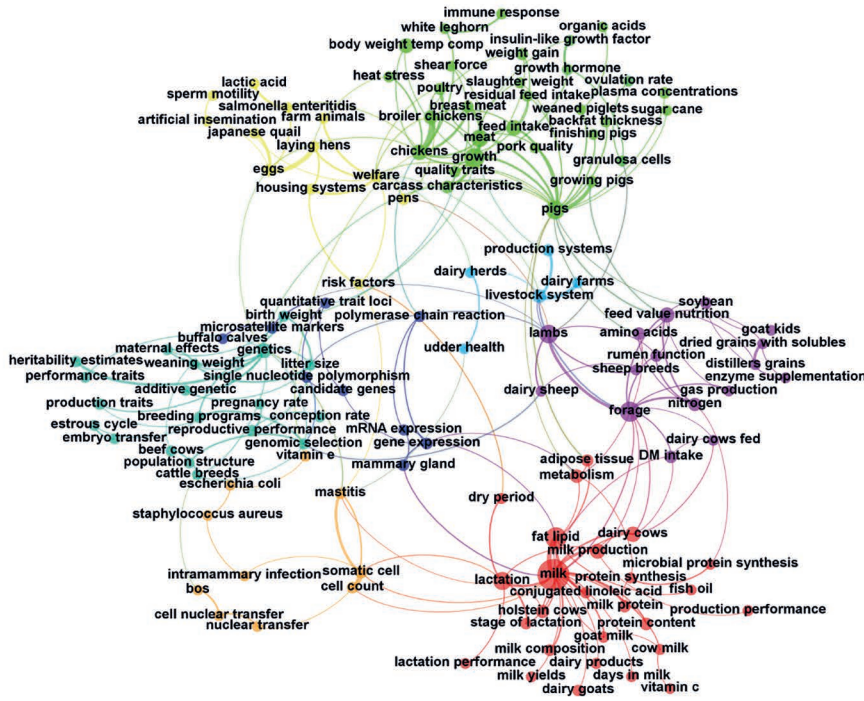
restent importants en 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> position respectivement. Comme pour les publications de la catégorie du WOS étudiée on observe un recul du terme « *forage* ». L'ensemble des termes caractérisant les espèces animales se retrouve dans le classement, mais avec des fréquences moindres que dans les publications de la catégorie du WOS et dans celles de l'INRA. Cela peut s'expliquer par le fait que la revue publiant des articles de synthèses, ceux-ci traitent moins fréquemment d'une espèce en particulier. En termes de thématiques émergentes on note une forte montée en puissance du terme « *welfare* » dans les publications de la revue à partir du milieu des années 2000, celui-ci se classant à la 8<sup>e</sup> position des termes les plus fréquemment utilisés, et plus récemment du terme « *genomic selection* », ce dernier se classant à la 14<sup>e</sup> position en fin de période analysée. Notons aussi que sur un corpus de références de taille plus limitée comme celui de la revue INRA Productions Animales, des fluctuations importantes peuvent être liées à des numéros thématiques, comme par exemple l'importance du terme « *eggs* » en 2010 associé à un dossier sur l'œuf paru cette année-là.

Figure 3. Cartographie des termes utilisés dans les publications comprenant au moins un auteur affilié à un laboratoire européen dans la catégorie « Agriculture, dairy and animal sciences » du WOS.

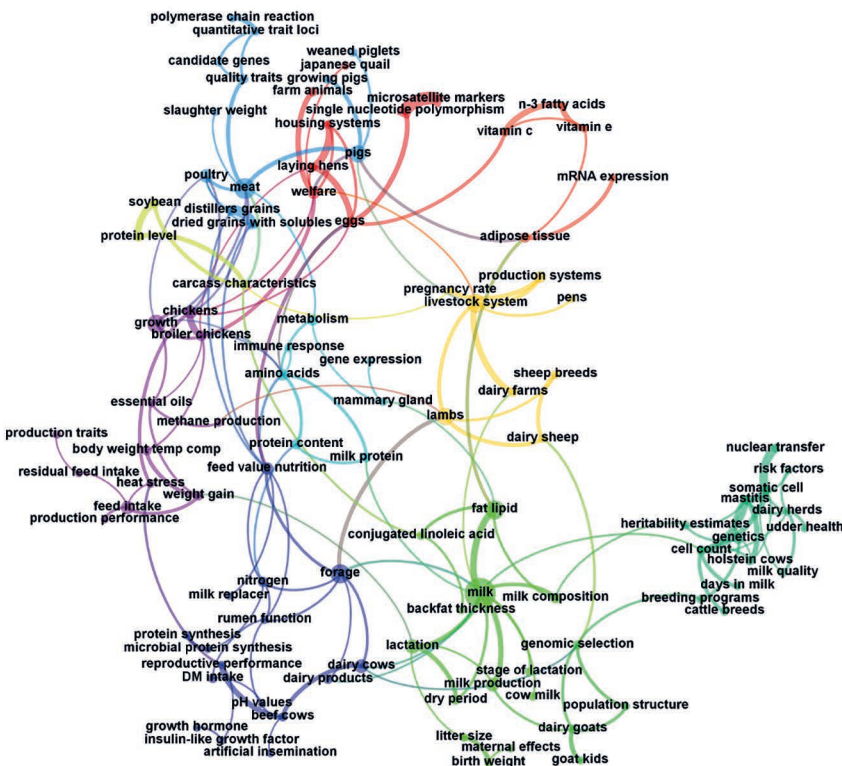


**Figure 4.** Cartographie des termes utilisés dans les publications de l'INRA (A) et de la revue INRA Productions Animales (B) dans la catégorie « Agriculture, dairy and animal sciences » du WOS.

**A) Publications de l'INRA**



**B) Publications d'INRA Productions Animales**



**3.2. Cartographie des associations de termes dans les publications européennes, de l'INRA et de la revue**

La cartographie des termes utilisés dans les publications des « auteurs européens » (affiliés à un laboratoire européen) fait apparaître de nombreuses communautés de termes (ou clusters), mais également de nombreux termes attachés à un cluster qui pointent également sur un autre (figure 3). Le cluster centré sur « milk » comprend les thèmes liés à la lactation, à la qualité du lait et à la santé de la mamelle. Il présente des liens avec les clusters centrés sur « fat lipids », « livestock systems », « forage » et « genetics ». Le cluster centré sur les mots « meat » et « growth » comprend le thème qualité de la viande et est en forte relation avec les clusters caractérisant les espèces monogastriques (porcs et volailles). Le terme « welfare » fait partie du cluster « livestock system », mais en position excentrée car il est aussi en forte relation avec les espèces monogastriques. Le cluster centré sur la génétique et la reproduction est principalement relié au terme « milk », ce qui atteste d'un poids important des publications sur la génétique des animaux producteurs de lait. Le cluster centré sur « fat lipid » est à égale distance des deux principaux groupes « milk » et « meat – growth ». Enfin le cluster centré sur la nutrition est plus proche de ceux des animaux producteurs de viande, « pigs » en particulier, à l'exception des mots « forage » et « DM intake » qui sont également fortement liés aux groupes de termes caractérisant les animaux producteurs de lait et aux aspects concernant le rumen et les émissions de gaz.

On retrouve globalement les mêmes associations de termes dans les cartographies des termes utilisés dans les publications de l'INRA et de la revue INRA Productions Animales que dans celle des publications européennes (figure 4a et 4b). On peut identifier toutefois quelques spécificités, avec par exemple les termes « milk » et « fat lipids » qui sont dans le même cluster sur la carte de la revue, ce qui traduit une association plus forte qu'aux niveaux européens et de l'INRA. On

Voir figure 3 pour description des algorithmes utilisés et la signification des clusters et des liens.

peut noter aussi que la position et le contenu du cluster « *livestock system* » diffèrent selon la carte considérée. Au niveau européen, il se trouve proche du cluster centré sur « *milk* », alors qu'au niveau de l'INRA il est proche du terme « *lambs* » et que sur la carte de la revue « *livestock system* » et « *lambs* » sont dans le même cluster. Au niveau européen « *livestock system* » et « *welfare* » se retrouvent dans le même cluster alors que le terme « *welfare* » se trouve dans d'autres clusters sur les cartes de l'INRA et de la revue. Mais sur les trois cartes le terme « *welfare* » se trouve proche du terme « *housing system* » et des termes caractérisant les espèces monogastriques. Malgré ces quelques nuances, il apparaît que les recherches conduites par l'INRA dans le domaine des productions animales, et en particulier celles diffusées par la revue INRA Productions Animales, se positionnent clairement sur les axes de recherches que l'on retrouve dans les publications des chercheurs européens.

## Conclusion

La revue INRA Productions Animales existe depuis plus de 30 ans et a acquis une place spécifique dans le monde des sciences animales par la publication d'articles de synthèse issus des travaux de l'INRA. La publication de la revue depuis 2018 en « *open access* » sur le portail de revues scientifiques en libre accès de l'université de Bordeaux (<http://open.u-bordeaux.fr/journals/>) est en adéquation avec sa vocation de revue de transfert destinée à un large public et a pour objectif d'en augmenter la visibilité.

## Références

Perez J.M., Farce M.H., Caste D., 2008. La revue INRA Productions Animales a 20 ans. *INRA Prod. Anim.*, 2008, 21, 5-10.

## Résumé

Depuis 30 ans, la revue INRA Productions Animales publie principalement des articles de synthèse sur tous les sujets concernant les productions animales à destination d'un large public d'utilisateurs des résultats de la recherche. À partir de la base de données « *Web of Science*<sup>™</sup> » (WOS) et dans le périmètre limité à la catégorie « *Agriculture, dairy and animal sciences* » dans laquelle la revue est indexée depuis 1997, cet article propose une analyse du positionnement de la revue dans la littérature scientifique internationale, européenne et de l'INRA. Dans une production scientifique multipliée par deux entre 1997 et 2017 dans cette WOS catégorie (9 000 articles en 2017), le nombre d'articles publiés chaque année par l'INRA (environ 250) et par la revue (entre 30 et 35) est stable. La France est le 7<sup>e</sup> pays contributeur derrière les USA, l'Inde, la Chine, le Brésil, l'Allemagne et le Canada. L'analyse lexicale de l'ensemble des références du WOS montre une grande stabilité des termes les plus fréquemment utilisés qui restent dominés par les problématiques de production. En revanche, l'analyse de l'évolution

Dans une littérature scientifique en sciences animales et sur l'élevage en forte expansion, en particulier du fait de la montée en puissance de l'Inde, de la Chine et du Brésil, le nombre de publications de l'INRA et de la revue dans la catégorie du WOS étudiée sont stables. L'impact international des publications de l'INRA dans le WOS est notable avec 18 citations par article publié. Celui de la revue INRA Productions Animales est plus modeste, notamment du fait qu'elle est publiée en français, et le public scientifique n'est pas le public prioritairement visé par la revue. Celui-ci est en large partie constitué de professionnels de l'élevage, d'étudiants et d'enseignants à différents niveaux de formation qui pour la plupart n'ont pas vocation à écrire eux-mêmes des articles scientifiques. Aussi nous semble-t-il indispensable pour le lectorat du secteur de la formation et de la recherche-développement de conserver la publication en français des articles de la revue, ce qui permet aussi d'atteindre les pays francophones d'Afrique, d'une partie de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Néanmoins, une formule de publication à la fois en français et en anglais permettrait certainement d'augmenter l'impact de la revue au niveau international. Les progrès des techniques de traduction automatique laissent espérer que la mise en œuvre de publications bilingues sera facilitée dans un proche avenir.

L'analyse lexicale du corpus de références dans la catégorie « *Agriculture, dairy and animal science* » du WOS montre une grande stabilité des termes les plus fréquemment utilisés qui restent dominés par les problématiques de production (« *milk, growth,*

*meat...* »). Cette stabilité est cohérente avec la forte augmentation des contributions de pays comme l'Inde, la Chine et le Brésil. Au-delà de cette stabilité on observe des évolutions spécifiques aux publications de l'INRA et de la revue, que l'on retrouve également au niveau européen. Ces spécificités concernent la montée en puissance des publications sur les systèmes d'élevage et sur des thématiques comme le bien-être animal ou la sélection génomique par exemple. L'analyse des associations de termes montre une grande similitude entre les trois niveaux analysés : Europe, INRA et la revue. Au cours de 20 dernières années, la revue INRA Productions Animales a donc su renouveler ses thèmes en cohérence avec les évolutions des recherches conduites à l'INRA et en Europe, et produire des articles de synthèse scientifique sur les nouveaux fronts de science et les enjeux sociétaux pour l'élevage. Le présent numéro spécial consacré aux grands défis pour les productions animales de demain s'inscrit dans cette dynamique.

## Remerciements

Les auteurs de l'article remercient vivement Hughes Leiser pour l'appui technique dans les analyses réalisées sur la plateforme CorText. Le rédacteur en chef de la revue remercie la Direction Scientifique de l'INRA et les départements de recherches Phase, GA, Sad, SA et SAE2 pour leur soutien continu à la revue. Enfin la revue ne pourrait exister sans le travail assidu de Pascale Béraud, sa secrétaire de rédaction. Qu'elle en soit tout particulièrement remerciée ici !

des publications montre clairement l'émergence et la montée en puissance des recherches menées sur les systèmes d'élevage, le bien-être animal et la sélection génomique, à la fois en Europe et à l'INRA. Au final, les recherches conduites par l'INRA dans le domaine des productions animales, et en particulier celles diffusées par la revue INRA Productions Animales, sont au diapason des recherches conduites à l'échelle européenne.

## Abstract

---

### ***The journal "INRA Productions Animales" in the scientific production in the animal sciences and husbandry***

*For 30 years, the journal "INRA Productions Animales" has published mainly review articles on all subjects concerning animal production to a broad audience of users of research results. This article proposes an analysis of the position of the journal and its evolution in the scientific literature at the international, European and INRA level using data from the "Web of Science™" (WOS) database and the category "Agriculture, dairy and animal sciences" in which the journal has been indexed since 1997. Between 1997 and 2017, scientific production in this WOS category (9 000 articles in 2017) has been multiplied by two. During this period, the number of articles published each year by INRA (about 250) and by the journal (between 30 and 35) has been stable. France is the seventh largest contributor to the WOS category behind the US, India, China, Brazil, Germany and Canada. The lexical analysis of all the references of the WOS category shows a great stability of the most frequently used terms, which remain dominated by production issues. However, the analysis of the evolution of the publications clearly shows the emergence and the rise of research carried out on livestock production systems, animal welfare and genomic selection, both in Europe and at INRA. In the end, the research conducted by INRA in the field of animal production, and in particular those disseminated by the journal INRA Productions Animales, correspond to research conducted at the European level.*

BAUMONT R., GIRARD A., 2019. La revue INRA Productions Animales dans la production scientifique en élevage et sciences animales. In : Numéro spécial, De grands défis et des solutions pour l'élevage. Baumont R. (Éd). INRA Prod. Anim., 32, 87-94.

<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2543>

# Productions animales, usage des terres et sécurité alimentaire en 2050 : l'éclairage de la prospective Agrimonde-Terra

Chantal LE MOUËL<sup>1</sup>, Olivier MORA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> UMR 1302, SMART-LERECO, INRA, 35000, Rennes, France

<sup>2</sup> UAR 1241, DEPE, INRA, 75000, Paris, France

Courriel : chantal.le-mouel@inra.fr

■ La prospective Agrimonde-Terra propose cinq scénarios d'usage des terres et de sécurité alimentaire à l'horizon 2050. Les productions animales sont un élément clé de ces scénarios et de leurs conséquences sur l'usage des terres et pour la sécurité alimentaire. La prospective Agrimonde-Terra n'apporte pas un message uniforme et globalisé sur la consommation de produits animaux, et notamment sur sa réduction, mais un message différencié en fonction des enjeux régionaux de la sécurité alimentaire.

## Introduction

L'élevage et la consommation de produits animaux sont au cœur des débats sur l'avenir des systèmes alimentaires à l'échelle globale. D'un côté, la croissance de la consommation de produits animaux est une tendance de long terme qui résulte de la transformation des régimes alimentaires liée à l'augmentation des revenus, à l'urbanisation et aux changements de style de vie (Kearney, 2010 ; Alexandratos et Bruisma, 2012 ; Popkin *et al.*, 2012 ; Zhai *et al.*, 2014). D'un autre côté, l'élevage est source d'impacts négatifs significatifs sur l'environnement et sur la santé humaine (FAO, 2006 ; Tilman et Clark, 2014 ; Godfray *et al.*, 2018). Il en résulte que dans les travaux qui s'interrogent sur les leviers qui permettraient de réduire les impacts négatifs sur l'environnement et/ou la santé des systèmes alimentaires mondiaux, la limitation de la croissance de la consommation de produits animaux, en particulier

de viande et plus spécifiquement de viande de ruminant, fait toujours partie des leviers invoqués (Stehfest *et al.*, 2009 ; Popp *et al.*, 2010 ; Wirsenius *et al.*, 2010 ; Bajželj *et al.*, 2014 ; Springmann *et al.*, 2016 ; Rööös *et al.*, 2017 ; Weindl *et al.*, 2017 ; Springmann *et al.*, 2018).

On retrouve le même consensus dans les travaux de prospective qui s'intéressent à la sécurité alimentaire mondiale et qui proposent des scénarios globaux d'évolution des systèmes alimentaires mondiaux : la transition vers des régimes alimentaires moins riches en énergie et moins riches en produits d'origine animale fait partie des options avancées pour nourrir une population mondiale croissante de manière durable (pour une revue, voir Le Mouël et Forslund, 2017, par exemple).

La prospective Agrimonde-Terra (Le Mouël *et al.*, 2018a) fait partie de ces travaux. Ses scénarios d'usage des terres et de sécurité alimentaire en 2050 confirment le rôle clé de l'élevage et de la

consommation de produits animaux au regard de l'usage des terres et de la sécurité alimentaire. Ils montrent également que l'évolution des régimes alimentaires vers une diète, en moyenne mondiale, moins riche en énergie, plus diversifiée et contenant moins de produits d'origine animale est nécessaire pour assurer la sécurité alimentaire mondiale à l'horizon 2050.

Les scénarios d'Agrimonde-Terra reposent sur quatre hypothèses d'évolution alternative des régimes alimentaires à 2050, qui donnent une place contrastée aux produits animaux, dans le temps mais aussi dans l'espace. En particulier, dans un souci de sécurité alimentaire régionale, Agrimonde-Terra fait l'hypothèse que les régimes alimentaires des régions en développement (Afrique sub-Saharienne et Inde) voient leur contenu en énergie et leur contenu en produits animaux augmenter à 2050, même lorsque la trajectoire générale d'évolution conduit ces contenus à diminuer en moyenne mondiale.

Cette hypothèse se révèle cruciale au regard de l'équilibre global entre l'offre et la demande de biomasse et en termes d'usage des terres au niveau mondial et régional, car, dans les scénarios d'Agrimonde-Terra, ces régions en développement très peuplées connaîtront une croissance démographique très rapide, tandis que leurs systèmes d'élevage peu performants en termes de rendements à l'hectare verront leur productivité s'améliorer à 2050, mais dans une mesure limitée comme l'ensemble des autres régions du monde.

Au total, si les résultats d'Agrimonde-Terra permettent de différencier clairement entre les scénarios qui ne seraient pas capables et ceux qui seraient susceptibles d'assurer la sécurité alimentaire mondiale en 2050, les résultats au niveau régional sont plus ambigus : pour les régions en développement, en particulier pour l'Afrique sub-saharienne, tous les scénarios conduisent à une expansion de la surface agricole difficilement soutenable.

L'objectif de cet article est double : après avoir décrit la méthode utilisée (partie 1) il s'agit tout d'abord de présenter les scénarios d'Agrimonde-Terra, en mettant en évidence le rôle des productions animales dans ces scénarios (partie 2) ; puis, dans un second temps, d'éclairer les enjeux des scénarios pour les productions animales dans le monde de demain (partie 3).

## 1. La méthode d'Agrimonde-Terra

Pour penser les futurs de l'usage des terres et de la sécurité alimentaire mondiale à l'horizon 2050, la méthode adoptée dans Agrimonde-Terra combine diverses approches : une analyse systémique, une méthode des scénarios basée sur l'analyse morphologique (Ritchey, 2011) et mobilisée à différentes échelles du système, la mise en œuvre de « forums prospectifs » où sont débattues les hypothèses d'évolution du système (de Jouvenel, 1972 ; Mermet, 2009), et la construction et l'utilisation d'un outil de modélisation et de simulation GlobAgri-AgT.

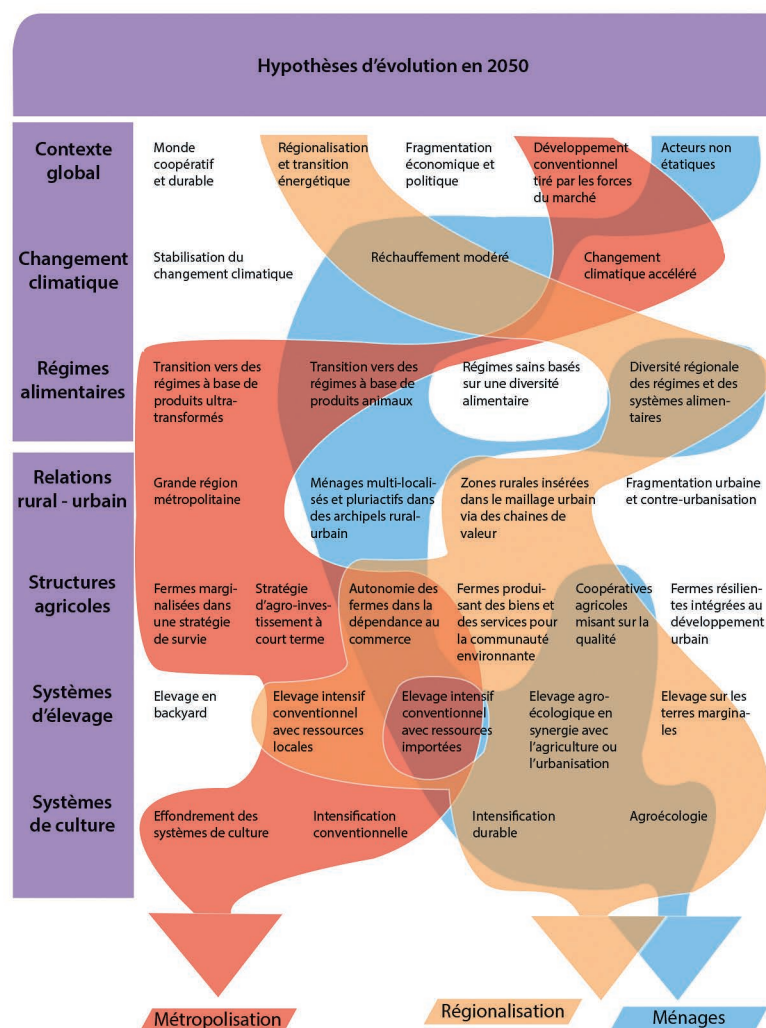
Agrimonde-Terra se définit comme un exercice à visée *exploratoire* dont le but est de préparer les acteurs et la recherche à différents futurs possibles, en leur fournissant des éléments de compréhension et d'anticipation des enjeux à venir sous la forme de scénarios. La méthode des scénarios basée sur une analyse morphologique permet d'envisager un grand nombre de scénarios alternatifs à partir d'une analyse commune des dynamiques du système, tout en prenant en compte un degré élevé d'incertitude (Zurek et Henrichs, 2007).

Dans l'approche systémique Agrimonde-Terra, les principaux déterminants des changements d'usage des terres ont été analysés dans un premier

temps : systèmes de culture, systèmes d'élevage, structures de production, relations entre les zones urbaines et rurales ; changement climatique, régimes alimentaires et contexte global. En s'appuyant sur une analyse rétrospective et prospective de ces déterminants, menée avec l'appui de groupes d'experts, des hypothèses d'évolution alternative d'ici 2050 de chaque déterminant ont été élaborées. Sur cette base, cinq scénarios contrastés ont été construits, en recherchant les combinaisons plausibles et pertinentes de ces hypothèses, et en s'appuyant sur un comité d'experts internationaux.

Les figures 1 et 2 permettent de visualiser la méthode de construction des scénarios. Le tableau morpholo-

**Figure 1.** Combinaisons alternatives d'hypothèses d'évolution à 2050 des déterminants constituant les scénarios « Métropolisation », « Régionalisation » et « Ménages » (Conception graphique : Élodie Carle).



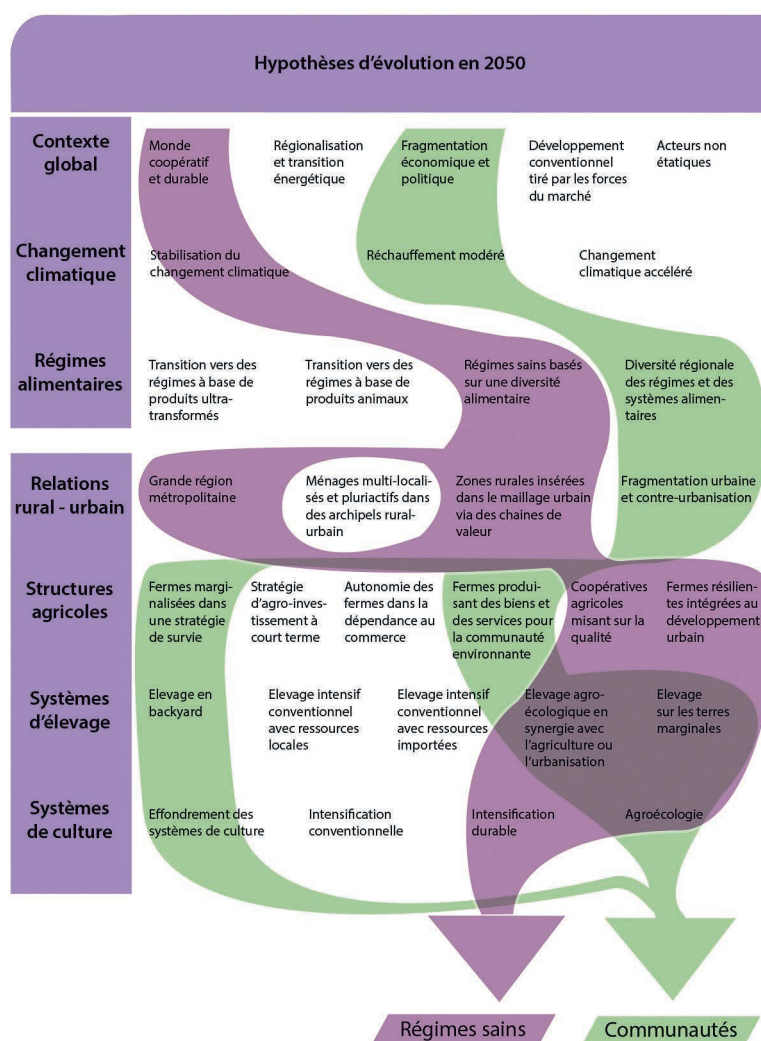


gique, sous-jacent dans ces graphiques, rapporte pour chaque déterminant du système (en ligne) les hypothèses d'évolution alternative à 2050 retenues (en colonne). Les cinq scénarios d'Agrimonde-Terra sont construits en combinant une ou plusieurs hypothèses d'évolution par déterminant (flèches de couleur sur les graphiques). Les trois premiers scénarios sont basés sur des tendances concurrentes actuelles identifiées dans la plupart des régions du monde (figure 1). Les deux derniers scénarios impliquent des ruptures potentielles qui pourraient changer radicalement le système « usage des terres et sécurité alimentaire » dans son ensemble (partie 2).

Dans une deuxième étape, les impacts des scénarios en termes d'usage des terres ont été évalués à l'aide du modèle GlobAgri-AgT (cf. encadré). Pour ce faire, chaque hypothèse d'évolution alternative à 2050 des différents déterminants du système a d'abord été quantifiée pour disposer, pour chaque hypothèse et pour chacune des 14 régions considérées, de valeurs pour les variables d'entrée du modèle<sup>1</sup>. Puis quatre des cinq scénarios ont été simulés, fournissant ainsi des résultats quantitatifs sur leurs impacts en termes d'usage des terres, de production agricole et de commerce international par région et pour le monde dans son ensemble.

1 La quantification des hypothèses d'évolution alternative à 2050 consiste, par exemple dans le cas des régimes alimentaires, à établir des règles de projections à 2050 (communes aux 14 régions du monde considérées mais différentes selon l'hypothèse d'évolution) du contenu énergétique et de la composition du régime alimentaire initial (2010) de chaque région. Combinées à une hypothèse de projection démographique à 2050, ces projections des régimes alimentaires fournissent la variation de la consommation humaine de chaque produit entre 2010 et 2050 dans chaque région. Ce sont ces variations qui, en même temps que toute une série d'autres variables d'entrée (comme les rendements végétaux, les efficacités animales, les surfaces cultivables maximales), sont introduites dans le modèle de bilans de biomasse, ce dernier fournissant en sortie les surfaces cultivées et les surfaces en prairies et pâtures permanentes, les productions, les importations et les exportations de chaque produit pour chaque région. La quantification des hypothèses d'évolution alternative à 2050 des déterminants du système est décrite en détail dans Le Mouël et Marajo-Petizon (2018).

**Figure 2. Combinaisons alternatives d'hypothèses d'évolution à 2050 des déterminants constituant les scénarios « Régimes sains » et « Communautés » (Conception graphique : Élodie Carle).**



Enfin, dans une dernière étape, articulant analyse qualitative et analyse quantitative, un récit a été élaboré pour chaque scénario. Chaque récit fournit une image des usages des terres et de la sécurité alimentaire en 2050, et détaille le moteur du scénario et la trajectoire du système vers son image en 2050.

## 2. Les récits des cinq scénarios d'Agrimonde-Terra

Les récits détaillés des scénarios sont disponibles dans Mora (2018a). Dans cette section nous synthétisons ces récits en deux temps : un premier temps consacré aux moteurs et aux tra-

jectoires vers 2050 des cinq scénarios ; un second temps centré sur leur image en termes d'usage des terres puis en termes de sécurité alimentaire en 2050.

### ■ 2.1. Moteur et trajectoire des scénarios

#### a. Métropolisation : des usages des terres pilotés par la métropolisation

En 2050, deux tiers de la population mondiale vivent dans des villes et plus de 15 % de la population urbaine réside dans des mégapoles (de plus de 10 millions d'habitants). S'appuyant sur l'émergence d'une large classe moyenne, ces mégapoles sont le cœur d'une économie mondiale qui s'organise autour d'un réseau mondial de

**Encadré. La plateforme GlobAgri et son application GlobAgri-AgT**

GlobAgri est une plateforme quantitative permettant de produire des bases de données cohérentes et des modèles de bilans ressources – utilisations de produits agricoles et agroalimentaires à partir de données FAOStat et de données complémentaires partagées par des scientifiques de plusieurs institutions. Les bases de données générées sont équilibrées et tiennent compte des liens entre produits (*via* l'alimentation animale ou les produits joints huiles-tourteaux d'oléagineux ou lait-viande par exemple). Les modèles de bilans équilibrent les ressources (production domestique plus importations moins exportations) d'une part, et les utilisations (consommation humaine, consommation animale et autres utilisations) d'autre part, pour chaque produit dans chaque région. Ils permettent de simuler les changements d'usages des terres induits par des modifications des utilisations de produits dans les différentes régions, étant donné un ensemble d'hypothèses d'évolution des autres variables du système (rendements végétaux et animaux, contrainte de terres disponibles pour l'agriculture, contrainte de terres cultivables, conditions du commerce international...). L'outil GlobAgri a été utilisé pour générer une base de données et un modèle de bilans spécialement spécifiés pour Agrimonde-Terra : GlobAgri-AgT.

GlobAgri-AgT comporte 33 agrégats de produits (26 agrégats de produits végétaux et 7 agrégats de produits animaux) et couvre 14 régions du monde. L'élevage y est représenté par 5 secteurs (lait, bovin viande, petits ruminants, porc et volaille) qui produisent 6 produits (lait, viande bovine, de petits ruminants, de porc, de volaille et œufs). Dans chaque secteur, plusieurs systèmes d'élevage co-existent : mixte, pastoral, urbain et autre pour les ruminants, mixte et autre pour les monogastriques, tels que définis dans Herrero *et al.* (2013). Les coefficients inputs/outputs entre les quantités des divers produits végétaux consommés par les animaux, (y compris l'herbe) et les quantités produites de produits animaux sont calibrés par système à partir des données sur les rations et les rendements animaux de Herrero *et al.* (2013), complétées par des données de Bouwman *et al.* (2005) et de Monfreda *et al.* (2008).

L'outil générique GlobAgri et son application GlobAgri-AgT sont décrits en détail dans Le Mouël *et al.* (2018b).

« villes globales » où se localisent l'essentiel des activités et des emplois. La création de valeur au sein des mégapoles s'appuie principalement sur la concentration des activités, et concerne les secteurs des services, de l'industrie, de la connaissance et de la finance. C'est la croissance économique et le maintien d'une trajectoire de développement conventionnelle qui sont privilégiées, et les préoccupations environnementales ont été reléguées au second plan.

Les firmes transnationales de l'agroalimentaire, de la distribution et de la logistique contrôlent désormais la majeure partie des marchés alimentaires, et mettent en relation des sites de production ruraux et des bassins de consommation majoritairement urbains. Depuis 50 ans, il y a eu une convergence globale des régimes alimentaires, caractérisée par l'augmentation de la consommation d'aliments ultra-transformés, commercialisés par de grandes firmes agroalimentaires, et de produits d'origine animale, en relation avec l'évolution des revenus et des

styles de vie, dans un contexte global de développement porté par les forces du marché et marqué par des changements climatiques rapides. L'agriculture intensive s'est développée grâce à des investissements privés (fonds d'investissement, firmes, bourgeoisie urbaine) dans des bassins de production éloignés des villes mais connectés aux marchés alimentaires. Cette agriculture, qui ne prend en compte qu'*a posteriori* les problèmes environnementaux, a conduit à une forte dégradation des sols et à un déplacement des zones cultivées (avec notamment une sélection des terres les plus aptes à ce mode d'intensification). L'ensemble constitué par l'agriculture intensive et les filières associées contribue désormais de façon importante aux émissions de gaz à effet de serre. De plus, l'affirmation d'une économie reliant des archipels urbains à l'échelle mondiale a laissé de vastes zones à l'écart de la croissance économique. Dans les zones rurales éloignées des métropoles, non connectées à elles, et considérées comme inaptées à une mise en valeur selon le modèle inten-

sif, une agriculture pratiquée par des paysans pauvres se maintient dans des conditions économiques et environnementales difficiles (sols dégradés, difficulté d'accès à l'eau). Les évolutions des régimes alimentaires ont conduit à un développement des maladies chroniques liées à l'alimentation ; la croissance des inégalités intra-urbaines et entre zones urbaines et rurales a engendré des problèmes de sous-nutrition ; l'impact fort du changement climatique sur la production agricole a provoqué une fragilité du système alimentaire qui génère ponctuellement des crises alimentaires dans les zones et pour les populations les plus vulnérables.

**b. Régionalisation : des usages des terres pour des systèmes alimentaires régionaux**

En 2050, les États se sont organisés au sein de blocs régionaux supra-étatiques. Une gouvernance à l'échelle de blocs régionaux, à la fois politique et économique, s'est développée pour traiter des enjeux globaux, dans une situation marquée par l'impossibilité d'instituer une gouvernance globale et l'échec d'une gouvernance par les seules forces du marché. Ces blocs régionaux ont reconfiguré les systèmes alimentaires et organisé la transition énergétique. Ils ont mis en œuvre un principe de « subsidiarité alimentaire » selon lequel tout ce qu'il est possible de produire à l'échelle régionale y est produit, et lorsque la production régionale est insuffisante, les produits nécessaires sont importés. Au sein des régions, les États visent également à une plus grande souveraineté énergétique *via* un accroissement de la production d'énergies renouvelables et le recours aux ressources fossiles disponibles régionalement.

La régionalisation des systèmes alimentaires s'est traduite par une reconfiguration de l'approvisionnement alimentaire et des chaînes de valeurs à l'échelle régionale, ainsi que par un retour à des régimes alimentaires régionaux plus traditionnels. Les firmes de la logistique, de l'agroalimentaire et de la distribution se sont coordonnées au sein des réseaux qui articulent des lieux de production ruraux, des activités de collecte et de transformation

localisées dans des villes intermédiaires, et une diversité de systèmes de distribution aussi bien ruraux qu'urbains. En 2050, chaque région a élargi sa palette d'offre alimentaire, en développant une diversité de filières s'appuyant sur les cultures culinaires régionales. Selon les régions, la production et la consommation de racines et de tubercules, ou bien de céréales secondaires et de légumineuses, ou bien de fruits et légumes se sont accrues. Ce développement des filières agroalimentaires a un effet d'entraînement sur l'agriculture et sur le développement rural en général. La re-diversification des productions a transformé les systèmes de culture et d'élevage. Ainsi, l'alimentation des animaux provient spécifiquement de productions végétales régionales, et des échanges de fertilisants organiques entre l'élevage et les cultures sont organisés sur des courtes et moyennes distances. En 2050, la transition nutritionnelle vers la consommation de produits ultra-transformés, largement amorcée dans les années 2000, a été limitée, tout comme ses impacts potentiels sur la santé.

#### c. Ménages : des usages des terres pour des ménages mobiles et multi-actifs

Dans un monde ultra-globalisé, mobile et hybride, les acteurs non-étatiques (ONG internationales, collectifs locaux, firmes multinationales, institutions académiques, fondations, collectivités, villes) dominent les transformations sociales, économiques et géopolitiques. Ils s'organisent, forment des réseaux ad-hoc qui ont un rôle moteur dans les échanges, et supplantent progressivement les gouvernements souverains. Dans un contexte économique dynamique mais relativement instable, les mobilités réversibles et temporaires de courte et de longue distance entre villes et campagnes, saisonnières ou transnationales, se développent, permettant aux individus de diversifier leurs revenus.

Les chaînes de valeur sont désormais fortement liées aux débats publics portant sur les caractéristiques des produits. Celles-ci sont co-définies avec des groupes concernés (citoyens, consommateurs, résidents...) ayant

des revendications de santé, de biodiversité, d'environnement, de lutte contre le changement climatique, etc. Ces revendications ont engendré une forte visibilité des pratiques et des groupes d'agriculteurs. La multi-activité des ménages agricoles se généralise, grâce au développement d'activités agricoles et non-agricoles, rurales ou urbaines, multi-localisées ; ces activités s'inscrivent dans des organisations en réseau. Le déploiement de ces réseaux s'est appuyé sur le développement des infrastructures de transport, des plateformes numériques, et plus généralement, sur un mouvement de désintermédiation dans les chaînes de valeur. Les structures d'exploitation qui s'insèrent dans ces réseaux sont diversifiées ; elles vont de la petite exploitation basée sur une main-d'œuvre familiale à la grande exploitation fortement capitalisée. Les réseaux d'acteurs publics et privés qui organisent la commercialisation des produits définissent des finalités aux activités agricoles et participent aussi à la reconfiguration des pratiques agricoles et du type d'intensification, en fonction du lien qu'ils entretiennent à l'opinion publique.

#### d. Régimes sains : des usages des terres pour une alimentation saine et de qualité

Dans la décennie 2020-2030, le poids économique considérable des maladies chroniques liées à l'alimentation dans les systèmes de santé et, de façon plus générale, les conséquences socioéconomiques de l'état de malnutrition des populations ont conduit la plupart des États à mettre en place un ensemble de politiques afin d'orienter la consommation rurale et urbaine vers des régimes alimentaires sains. Ces politiques ont convergé avec des dispositifs de gouvernance internationale de lutte contre le changement climatique qui concernent l'énergie, les transports et le bâtiment, le système alimentaire et le stockage du carbone. Dans ce cadre, des synergies multi-scalaires (territoriales, nationales et internationales) entre politiques alimentaires, agricoles et climatiques ont été mises en œuvre, afin que les politiques agricoles et alimentaires génèrent simultanément des effets massifs et positifs sur les régimes

alimentaires et le climat à l'échelle globale. Ainsi, des politiques globales d'amélioration des sols ont permis de restaurer des terres dégradées pour l'agriculture et d'améliorer le stockage du carbone dans les sols agricoles.

Une réorientation des systèmes d'approvisionnement alimentaire basée à la fois sur l'organisation des agriculteurs et la structuration des chaînes de valeur modernes a facilité l'accès à des aliments de qualité et diversifiés, tout en limitant la consommation de produits ultra-transformés, aussi bien pour les populations rurales qu'urbaines. Par rapport à 2010, les régimes alimentaires comportent en 2050 moins de produits animaux (dans les pays développés), de graisses, de sucres et d'édulcorants et de produits ultra-transformés, et plus de fruits et légumes, de céréales secondaires et de légumineuses. Dans certains pays en développement, la part des produits animaux dans le régime alimentaire s'est accrue pour répondre aux enjeux de sous-nutrition. Pour répondre aux enjeux de sur- et sous-nutrition, les systèmes de culture et les cultures se sont diversifiés, en intégrant des techniques d'agroécologie, tandis que les systèmes d'élevage, dont le développement a été limité, se sont re-couplés avec des productions végétales. Par ailleurs, une meilleure organisation des systèmes alimentaires a réduit les pertes et les gaspillages, en particulier en améliorant les capacités de stockage et de conservation des denrées alimentaires dans les pays du Sud. Le commerce international continue de jouer un rôle important mais il est à présent régulé par des normes nutritionnelles.

#### e. Communautés : des usages de la terre comme commun des communautés rurales dans un monde fragmenté

En 2050, de multiples crises concomitantes (crises financières, énergétiques, géopolitiques et écologiques) ont conduit à une situation mondiale fragmentée aussi bien politiquement qu'économiquement. Ces crises ont enrayé la croissance urbaine, ralentissant le processus de concentration de la population urbaine et des activités économiques dans de grandes métropoles.

La réduction des migrations rurales vers les grandes villes a engendré une fragmentation et une diffusion urbaine (avec un développement des petites villes), mais aussi une augmentation des populations rurales dans certaines régions où la natalité reste élevée (Asie, Afrique sub-Saharienne).

Dans certaines régions, pour faire face à une situation de crises multiples, les agriculteurs s'organisent collectivement à l'échelle des communautés et des territoires pour mettre en place des systèmes agroécologiques. Des dispositifs de coopération, définissant des règles de gestion collective, permettent de co-construire et de gérer les biens communs pour assurer une production durable d'aliments, d'énergie et de services environnementaux. Des synergies territoriales entre les systèmes d'élevage et les systèmes de culture se sont construites permettant à la fois d'améliorer la gestion de la fertilité des sols, et d'assurer l'autonomie de l'alimentation animale. Dans d'autres régions, l'agriculture de survie se développe dans un contexte de réduction de la taille des structures résultant de la croissance de la population rurale et agricole et de l'absence d'un développement économique urbain. Les processus d'intensification conventionnelle des cultures mis en place rencontrent deux types d'écueil suivant les régions et en fonction de l'accès aux intrants : une exploitation minière des sols, mais aussi une sur-intensification de la petite agriculture qui génère des impacts forts sur l'environnement.

## ■ 2.2. Les conséquences des scénarios d'Agrimonde-Terra en termes d'usage des terres

Les conséquences des scénarios sur l'usage des terres ont été simulées à l'aide du modèle de bilans de biomasse GlobAgri-AgT. Bien que le modèle fournisse des résultats pour 14 grandes régions du monde, dans ce qui suit nous ne considérons que les résultats pour le monde dans son ensemble. Les graphiques 1 et 2 indiquent que plusieurs hypothèses d'évolution à 2050 d'un déterminant peuvent coexister dans

un même scénario. Par exemple, dans le scénario Régimes sains, les systèmes de culture peuvent adopter une trajectoire d'intensification durable dans certains endroits et de transition vers l'agroécologie dans d'autres<sup>2</sup>. Dans l'analyse quantitative néanmoins, par souci de simplicité, nous avons considéré des scénarios constitués d'une seule hypothèse d'évolution par déterminant, s'appliquant partout dans le monde. Certains scénarios ont par conséquent été simulés sous différentes variantes, chaque variante correspondant à une hypothèse d'évolution possible d'un déterminant (tableau 1). Enfin, les spécificités du scénario Ménages (réseaux, mobilité, pluriactivité, agilité) étant plutôt liées aux structures agricoles et au modèle de développement rural, elles sont difficiles à prendre en compte dans le modèle, et nous ne fournissons pas de résultats quantitatifs pour ce scénario.

### a. Une expansion des terres agricoles au niveau mondial dans la plupart des scénarios

Presque tous les scénarios et leurs variantes conduisent à une expansion des terres agricoles au niveau mondial (tableau 2). L'expansion des terres agricoles mondiales varie néanmoins très fortement d'un scénario à l'autre et, pour chaque scénario, d'une variante à l'autre. L'expansion est particulièrement élevée pour les scénarios impliquant soit une augmentation significative du niveau des calories d'origine animale dans les régimes

2 Les hypothèses d'évolution des systèmes de culture sont présentées dans Réchauchère *et al.* (2018), leur traduction quantitative dans Le Mouël et Marajo-Petitson (2018). Dans Agrimonde-Terra, l'intensification durable des systèmes de culture est entendue comme une intensification de la production combinée à une réduction des impacts environnementaux, *via* la substitution d'intrants et la maximisation de leur efficacité grâce aux nouvelles technologies. L'évolution des systèmes de culture vers l'agroécologie implique en revanche une refonte totale des systèmes : diversification des cultures, agroforesterie, polycultures-élevage reposant sur les régulations biologiques qu'ils produisent eux-mêmes et sur des intrants locaux dans une recherche d'autonomie. Les règles générales de quantification des hypothèses d'évolution des systèmes de culture aboutissent en moyenne à des rendements à l'hectare en 2050 plus faibles en agroécologie qu'en intensification durable.

alimentaires (+ 1,3 milliard d'hectares ou + 27 % par rapport à la situation initiale pour Métropolisation\_Animp), soit une stagnation ou une détérioration générale des performances des systèmes de production agricole (+ 2 milliards d'hectares ou + 41 % pour Communautés\_EFF). Elle est beaucoup plus faible pour les scénarios impliquant soit une réduction du niveau calorique des régimes alimentaires (+ 142 millions d'hectares ou + 3 % pour Communautés\_AE), soit une augmentation limitée du niveau des calories d'origine animale dans ces régimes, accompagnée d'un mouvement de substitution significatif des viandes de ruminants par des viandes de monogastriques (+ 29 millions d'hectares ou + 0,6 % pour Régimes sains\_C et - 54 millions d'hectares ou - 1 % pour Métropolisation\_Ultrap).

L'expansion des terres agricoles résulte de l'ajustement simultané des surfaces cultivées et des surfaces en prairies et pâtures permanentes. La surface mondiale en cultures arables et permanentes s'accroît dans tous les scénarios, excepté Régimes sains\_C. Là encore, ce sont les scénarios présentant les régimes alimentaires les plus riches en calories d'origine animale ou les perspectives les plus sombres pour les rendements des cultures et la productivité des systèmes de production animale qui induisent les expansions de terre cultivée les plus larges au niveau mondial (respectivement, + 620 millions d'hectares ou + 40 % pour Métropolisation\_Animp et + 555 millions d'hectares ou + 36 % pour Communautés\_EFF). On peut noter l'expansion assez importante de terre cultivée induite par le scénario Métropolisation\_Ultrap (+ 243 millions d'hectares ou + 16 %). Outre les régimes alimentaires riches en calories embarqués dans ce scénario, l'hypothèse qui y est adoptée d'une substitution marquée entre viandes de ruminants et viandes de monogastriques (essentiellement de volaille) explique une large part de ce résultat (cf. partie 3). De la même façon, on peut souligner le caractère économe en terre cultivée du scénario Régimes sains (- 56 millions d'hectares dans sa variante C et + 50 millions d'hectares