

« La Terre » de Zola, une histoire biogéochimique de la Beauce au XIXe siècle

Juliette Anglade, Gilles Billen and Josette Garnier

Volume 15, Number 2, September 2015

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1035833ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Université du Québec à Montréal
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Anglade, J., Billen, G. & Garnier, J. (2015). « La Terre » de Zola, une histoire biogéochimique de la Beauce au XIXe siècle. *VertigO*, 15(2).

Article abstract

The Seine watershed has long been the foodshed of Paris city. Nowadays, diffuse pollutions from agricultural land due to the use of pesticides, synthetic fertilizers, and the concentration of animal husbandry, endanger drinking water resources and lead to coastal eutrophication problems. In this study, we attempt to reconstruct a biogeochemical history of the 'Beauce' region, at the end of the nineteenth century, between large progressive agricultural domains (200 ha) and small familial farms (less than 10 ha). The agronomic and environmental performances of those systems are assessed using the soil surface balance method based on the analysis of data from historical production statistics and several aspects of rural life and agricultural practices detailed in the famous 'naturalist' novel, *La Terre*, by Emile Zola. Wheat farming had already increased with the replacement of the traditional fallowing practice by leguminous nitrogen-fixing hay recycled by the livestock which transferred this nitrogen to arable land via grazing and manure application. The results show that nitrogen fluxes were approximatively in balance in those mixed-farming systems, thus minimizing nitrogen environmental losses and ensuring good water quality. In the large landing estates, the reduction in the area under natural grasslands, to around 10 % of the agricultural land use, together with mechanization, allowed to increase the commercial potentiality of cereal export, reaching 1460 kgN/km²/yr, i.e. 98 % of the production. This allowed to sustain the food demand of the growing urban population of the Industrial Revolution.

Tous droits réservés © Université du Québec à Montréal et Éditions en environnement VertigO, 2015



This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

<https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/>

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

<https://www.erudit.org/en/>

Juliette Anglade, Gilles Billen et Josette Garnier

« La Terre » de Zola, une histoire biogéochimique de la Beauce au XIXe siècle

Introduction

- 1 À l'heure où l'agriculture industrielle, devenue le premier secteur aval de l'industrie chimique lourde, domine la production agricole mondiale émergent de nombreux problèmes socioéconomiques et environnementaux. On assiste notamment à une contamination généralisée des eaux de surface et souterraines par les pollutions diffuses d'origine agricole (pesticides, et engrais de synthèse).
- 2 Depuis la fin des années 50, la fertilité des sols des régions de grande culture du nord de la France, dont la Beauce est emblématique, est assurée par les engrais azotés de synthèse issus du procédé Haber-Bosch mis au point à la veille de la première guerre mondiale pour la fabrication d'explosifs. L'utilisation d'engrais de synthèse, la sélection variétale et l'usage des pesticides pour lutter contre la pression parasitaire et les adventices ont permis la simplification des assolements, et l'explosion des rendements céréaliers. La récolte devenue excessive par rapport aux besoins régionaux est exportée sur le marché mondial ; c'est le débouché de 80 % de la production végétale du bassin de la Seine. En échos, la disparition des surfaces en prairies et légumineuses fourragères au profit des cultures céréalières plus rémunératrices et du maïs fourrage subventionné par la Politique agricole commune (PAC), a conduit à la perte de l'autonomie protéique de la France. L'élevage qui a progressivement disparu du centre du Bassin parisien se concentre désormais en périphérie (Grand Ouest, Nord et Bourgogne) (Mignolet et al., 2007), dans des ateliers d'élevage surdimensionnés pour répondre à l'excessive appétence carnée de notre régime alimentaire. Ainsi, une grande part des protéines nécessaires à l'alimentation du bétail sont importées, principalement d'Amérique latine sous forme de tourteaux de soja.
- 3 Dans cette agriculture à cycle ouvert marquée par un déséquilibre global des flux agro-alimentaires (Lassaletta et al., 2014), la mauvaise répartition des effluents d'élevage, et l'excès d'azote minéral épandu sur les sols agricoles entraînent des fuites importantes d'azote réactif dans l'environnement (Sutton et al., 2011 ; Galloway et al., 2004). Sur les terres arables, la majeure partie de ces pertes azotées se fait par lixiviation vers les aquifères et le réseau hydrographique, provoquant leur contamination nitrique (Green et al. 2004) avec des concentrations souvent supérieures aux normes de potabilité et aux normes environnementales, et des problèmes d'eutrophisation dans les zones marines côtières réceptrices, avec notamment à la prolifération d'algues indésirables (Lancelot et al., 2011 ; Passy et al., 2013). L'impérieuse nécessité de maîtriser cette cascade de l'azote pour recouvrer la capacité à produire une eau potable de qualité et préserver les écosystèmes aquatiques en appelle à des mutations profondes du système agricole actuel (Billen et al., 2013). La construction de schémas alternatifs nécessite un changement de regard, d'une focale sur la logique productiviste, vers un grand angle qui saura juger de l'équilibre entre qualité des produits, impact environnemental, et productivité. Néanmoins, adopter un nouveau regard ne signifie pas nécessairement faire table rase du passé. Au contraire, on conçoit aisément que l'on puisse tirer avantage des expérimentations historiques, afin de tendre éventuellement vers un renouveau.
- 4 Les approches de biogéochimie adoptant une perspective historique des changements de systèmes de production agro-alimentaire sont rares. Pour la France, il existe quelques études remarquables sur l'appréhension du métabolisme urbain (Barles, 2007 ; Barles et Lestel, 2007) et l'évolution de la surface de l'hinterland nourricier de la ville Paris (Billen et al. 2012 ; Billen et al. 2009) au travers de la reconstitution des flux d'azote. Toujours selon une approche de comptabilité des flux, Chatzimpiros (2010) aborde plus spécifiquement de l'impact

environnemental de l'évolution des activités d'élevage dans l'ouest de la France du XIXe au XXe siècle. Ces études sont principalement basées sur l'analyse de données statistiques et documents officiels (droit d'octroi, recensement agricole, statistiques de production...).

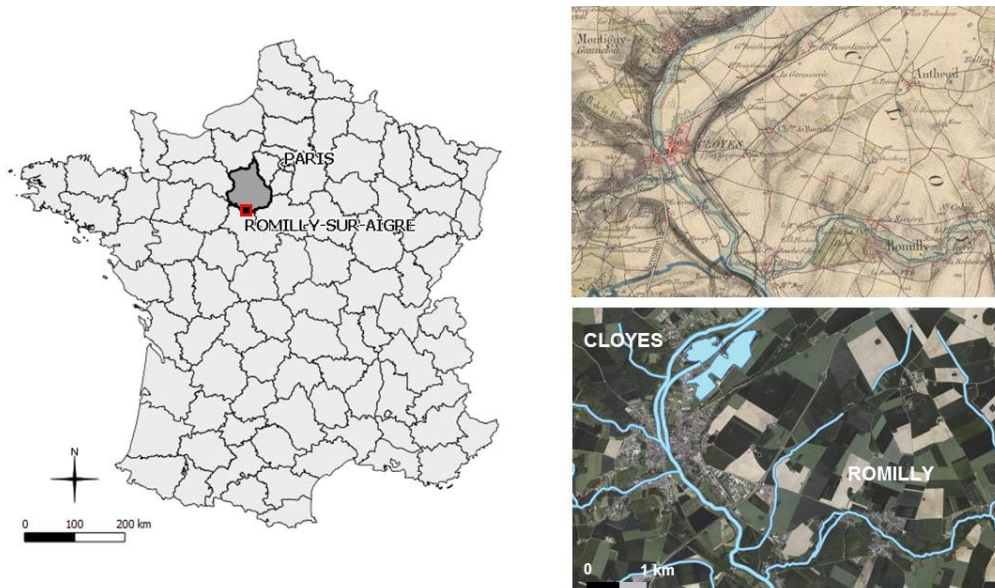
5 Dans cet article, on propose de reconstituer et d'analyser les flux d'azote dans les agrosystèmes pré-industriels de la seconde moitié du XIXe siècle qui suffisaient à nourrir la population urbaine du bassin de la Seine, au travers d'une relecture attentive du roman d'Émile Zola, *La Terre*. L'exploitation d'une source littéraire dans le cadre d'une étude quantitative de biogéochimie historique constitue une approche originale qui questionne la production de savoir. L'histoire de l'environnement a ceci de spécifique qu'elle se situe aux interfaces des frontières disciplinaires, afin notamment de réduire l'incertitude épistémique. Au XXe siècle, les renouvellements de la théorie littéraire postulent qu'aucun discours ne peut donner le réel lui-même, qu'on n'a jamais affaire qu'à des représentations et des constructions verbales, et qu'on ne peut donc attendre d'une œuvre littéraire aucune information comparable à celle d'un vrai document comme les fonds d'archives que dépouille un historien (Vaillant 2010). En effet, aujourd'hui, face à l'abondance informative, liée aux multiples flux médiatiques, aux enregistrements de données, le discours littéraire peut paraître peu fiable, mais jusqu'au XIXe siècle, la fonction testimoniale de la littérature demeurerait tout à fait centrale, en particulier concernant les romans réalistes. On peut bien sûr relativiser l'exactitude du roman zolien en comparaison du travail de transfiguration fictionnelle, mais ses carnets d'enquêtes (Zola et al., 1986) donnent à voir les préparatifs d'un écrivain qui se pense comme un savant, un reporter du social (Zola et al., 2003). En effet, l'art narratif de Zola est étayé par des informations d'une grande précision recueillies par l'auteur lui-même au cours de levés géographiques et de ce qu'on pourrait qualifier anachroniquement de reportages ethnographiques. Le luxe de détails consignés par Zola entre en résonance avec la phrase de son célèbre contemporain Gustave Flaubert qui affirmait que « la littérature prendra de plus en plus les allures de la science ». L'agencement de la narration, avec des insertions issues de ses carnets d'enquêtes de terrain et des recherches documentaires (ouvrages d'agronomie, d'économie, faits divers, etc.) suscite une intense sensation de conformité au réel d'où surgit la puissance dramatique de l'œuvre. Et ainsi ce roman, né d'une combinaison entre collecte de faits et création romanesque s'apparente à une monographie de la vie rurale. À tel point, que l'écrivain sera consacré « historien des paysans beaucerons » (Marcilhacy, 1957).

6 Nous faisons l'hypothèse que pour construire une image biogéochimique de la Beauce à la fin du XIXe siècle, les dimensions individuelles et sociales contenues dans le récit de fiction viennent utilement compléter l'analyse des statistiques agricoles d'Eure-et-Loir (Annuaire statistique de la France), qui donnent une image moyenne régionale lissée de l'agriculture masquant une diversité de modèles et de trajectoires possibles. Il s'agira en particulier de comparer le fonctionnement des petits héritages parcellaires traditionnels, à partir de l'exemple de la ferme de la famille Buteau, et des grandes exploitations modernes, à l'image du domaine de la Borderie. Les performances agro-environnementales des deux types d'exploitations seront évaluées en calculant les bilans d'azote des sols (Anglade, 2015 ; de Vries et al., 2011 ; Oenema et al., 2003).

Cadre spatio-temporel du récit

7 L'œuvre se situe dans le grand territoire agricole de la Beauce, connu comme le traditionnel « grenier » à blé de la France, et plus particulièrement en Eure-et-Loir, dans une commune des bords de l'Aigre, non loin de Cloyes, et fictivement nommée Rognes. Lorsque Zola choisit le site de Romilly-sur-Aigre pour inscrire son récit, il le fait pour englober tous les aspects de la paysannerie, toujours dans un souci minutieux de réalisme. Il écrit à Henri Céard dans une lettre datée du 6 mai 1886 : « *J'y aurai tout ce que je désire, de la grande culture et de la petite, un point central bien français, un horizon typique, très caractéristique, une population gaie, sans patois.* »

Figure 1. Carte de localisation de Romilly-sur-Aigre, dans le département d'Eure-et-Loir dans le nord de la France. Haut : carte française du XIXe siècle de l'état-major (1820-1866). Bas : vue aérienne actuelle. Source des données : <http://www.geoportail.gouv.fr>.



- 8 Et ainsi Zola décrit la vie sociale des paysans beaucerons, dans les années de récession qui succèdent à celles de très grande prospérité de l'agriculture française sous le Second Empire. La céréaliculture avait alors pris un essor formidable avec la révolution agricole qui a vu l'abandon de la jachère au profit d'une culture fourragère fixatrice d'azote, offrant un cadre propice à la révolution industrielle et sociale qui se déroulait en parallèle. À la fin du mois d'août, lorsque les blés sont mûrs, la Beauce est une mer blonde, partout où le regard porte la même monotonie, « rien que du blé, sans qu'on aperçût ni une maison ni un arbre, l'infini du blé ! »¹ « partout du blé, la mer de blé envahissante, débordante, couvrant la terre de son immensité verte »².
- 9 Mais l'amélioration des moyens de transport et avec elle le développement du libre-échange pèsent désormais sur le prix du blé. Le territoire beauceron se retrouve en concurrence avec le système agraire minier du Middle West américain, qui profite d'étendues gigantesques de sols vierges, parmi les plus fertiles du monde. Les paysans du roman sont inquiets en parlant du blé de « là-bas », où les terres sont si fertiles « qu'il fallait les épuiser par une moisson préparatoire, ce qui ne les empêchait pas de donner deux récoltes ». Et de leurs voix tremblantes, ils supplient qu'on les sauve « de cette abondance, de ce pain à bon marché qui menaçait le pays »³. Tandis que le monde paysan frémit, l'industrie, elle, profite du bas prix du pain pour payer ses ouvriers moins cher, ces mêmes ouvriers qui pour la plupart ont été poussés à l'exode rural lors de la suppression des communaux parce qu'alors trop modestes pour accéder à la propriété. Et ainsi c'est tout le corps social qui craque de cet antagonisme. Zola souligne à plusieurs reprises cet affrontement, notamment dans les discussions de comptoirs entre les paysans, et le député du canton M. de Chédeville. « - Ca ne peut pas finir... Si le paysan vend bien son blé, l'ouvrier meurt de faim ; si l'ouvrier mange, c'est le paysan qui crève... Alors, quoi ? Je ne sais pas, dévorons-nous les uns les autres ! »⁴.
- 10 Dans ce climat de crise, deux conceptions de la paysannerie française s'affrontent au travers de la petite et de la grande propriété. Le cœur du roman est là, dans la question sociale de la propriété, dans la description diachronique et synchronique de deux mondes qui coexistent sur un même territoire. Zola livre explicitement cette intention dans une lettre adressée à Van Kolff le 27 mai 1886 : « Ce roman m'épouvante moi-même, car il sera certainement un des plus chargés de matière, dans sa simplicité. J'y veux faire tenir tous nos paysans, avec leur histoire, leurs mœurs, leur rôle ; j'y veux poser la question sociale de la propriété, j'y veux montrer où nous allons, dans cette crise de l'agriculture, si grave en ce moment. »
- 11 La révolution agricole qui débute à la fin du XVIIIe siècle et se poursuit tout au long du XIXe siècle amène le triomphe de l'individualisme agraire. La Révolution de 1789 vient consacrer

les droits individuels, et en 1793 ce qu'il restait des grands domaines seigneuriaux est déclaré bien national et vendu par lots aux enchères. Et ainsi, en 1860, la Beauce est une campagne très morcelée, où la petite propriété, l'héritage en dessous de vingt hectares, représente 80 %, tandis que les biens communaux ont disparu. À l'échelle de la France en 1892, Mayaud (1999) rapporte que 85 % des 5.5 millions d'exploitations avaient moins de dix hectares, et 35 % moins de un hectare. Cependant, quelques grands domaines perdurent, rachetés par de riches bourgeois extraits depuis trois siècles de la souche paysanne et faisant le choix de retourner à la culture, « à la grande culture, à l'aristocratie du sol, qui remplaçait l'ancienne toute puissance féodale »⁵. C'est le cas de la ferme de la *Borderie* qui subsiste de l'ancien domaine seigneurial des Rognes-Bouqueval, dont 190 ha furent acquis lopin par lopin par Isidore Hourdequin, un ancien employé des gabelles de Châteaudun, et père d'Alexandre Hourdequin, le maître de la *Borderie* dont on suit au fil des pages les essais agronomiques.

12 La petite paysannerie est incarnée par la famille des Fouan, avec La Grande, Mouche et ses trois enfants Hyacinthe, Fanny et Buteau, ainsi que Michel et ses deux filles Françoise et Lise. Dès le début de l'intrigue, il est question d'un partage de la terre, puis du mariage entre les deux cousins Lise et Buteau, soucieux de conserver l'héritage familial si péniblement acquis par 400 ans de lutte acharnée depuis que les Fouan, anciens serfs des Rognes-Bouqueval, avaient été affranchis sous Philippe le Bel.

13 La cohabitation de ces deux types de paysanneries est questionnée à de nombreuses reprises dans l'ouvrage, comme en témoigne cette réplique du fermier Hourdequin :

14

« [...] La lutte s'établit et s'aggrave entre la grande propriété et la petite... Les uns, comme moi, sont pour la grande, parce qu'elle paraît aller dans le sens du progrès, avec l'emploi de plus en plus larges machines, avec le roulement des gros capitaux... Les autres, au contraire, ne croient qu'à l'effort individuel et préconisent la petite, rêvent de je ne sais quelle culture en raccourci, chacun produisant son fumier lui-même et soignant son quart d'arpent, triant ses semences une à une, leur donnant la terre qu'elles demandent, élevant ensuite chaque plante à part sous cloche... Laquelle des deux l'emportera ? »⁶

15 Il existe certes des considérations sociales évidentes qui opposent ces deux systèmes, mais on peut aussi s'interroger sur le degré réel de contraste entre ces exploitations eu égard aux pratiques agricoles (assolements, rotations, fertilisation, mécanisation). C'est pourquoi nous proposons dans la partie suivante de caractériser les deux agrosystèmes en reconstituant leurs flux d'azote, et d'analyser leurs performances au travers de la relation fertilisation totale-rendement-surplus. Ont-elles le même niveau de productivité, le même potentiel d'export pour supporter l'accroissement démographique des villes, la même capacité à fournir une eau de bonne qualité ?

Caractérisation des pratiques agricoles et bilans azotés des sols

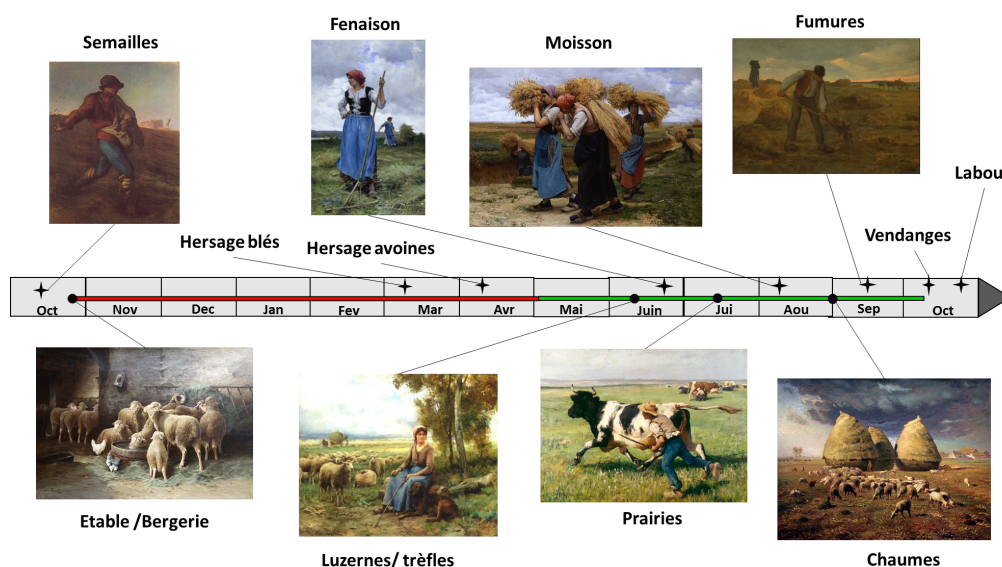
16 L'œuvre évoque le déroulement des activités quotidiennes d'un village beauceron au rythme des travaux saisonniers. Qu'il s'agisse de la grande ou de la petite propriété, le calendrier des pratiques culturales est le même. Le plan du roman suit le cycle d'une année agricole, en débutant par les semailles d'automne, puis la fenaison (fauchage et fanage) dans la seconde partie, la moisson dans la troisième, les vendanges dans la quatrième et enfin les semailles de printemps et labours d'hiver dans la dernière (Figure 2).

Gestion du cheptel

17 La gestion du cheptel est centrale pour assurer la fertilité des sols. Les animaux sont gardés l'hiver à l'étable, les moutons sont conduits dans les luzernières ou trèfles à partir du mois de mai, tandis que les vaches ne sont conduites dans les prés naturels qu'après la fenaison, et enfin, en août après la moisson, les moutons sont parqués dans les chaumes « *jusqu'aux derniers soleils brûlants de septembre* »⁷. Avec la disparition des communaux, le temps de pâture des bovins dans les prairies naturelles est très réduit, trois mois et demi en moyenne. Seuls quelques hectares en prairie demeurent en fond de vallée, sur les mauvaises terres pour

les cultures, principalement situées en bordure de cours d'eau. Zola décrit l'Aigre comme « une rivière lente et limpide, dont les courbes se déroulent parmi les prairies, au milieu des bosquets de saules et de peupliers ». ⁸ On trouve ici ce que nous appellerions anachroniquement des zones tampons permettant la rétention des contaminants d'origine agricole (Hill, 1996) !

Figure 2. Calendrier de la vie agricole (gestion du cheptel et travail de la terre) au XIXème siècle d'un village beauceron d'après le roman de Zola, La Terre.

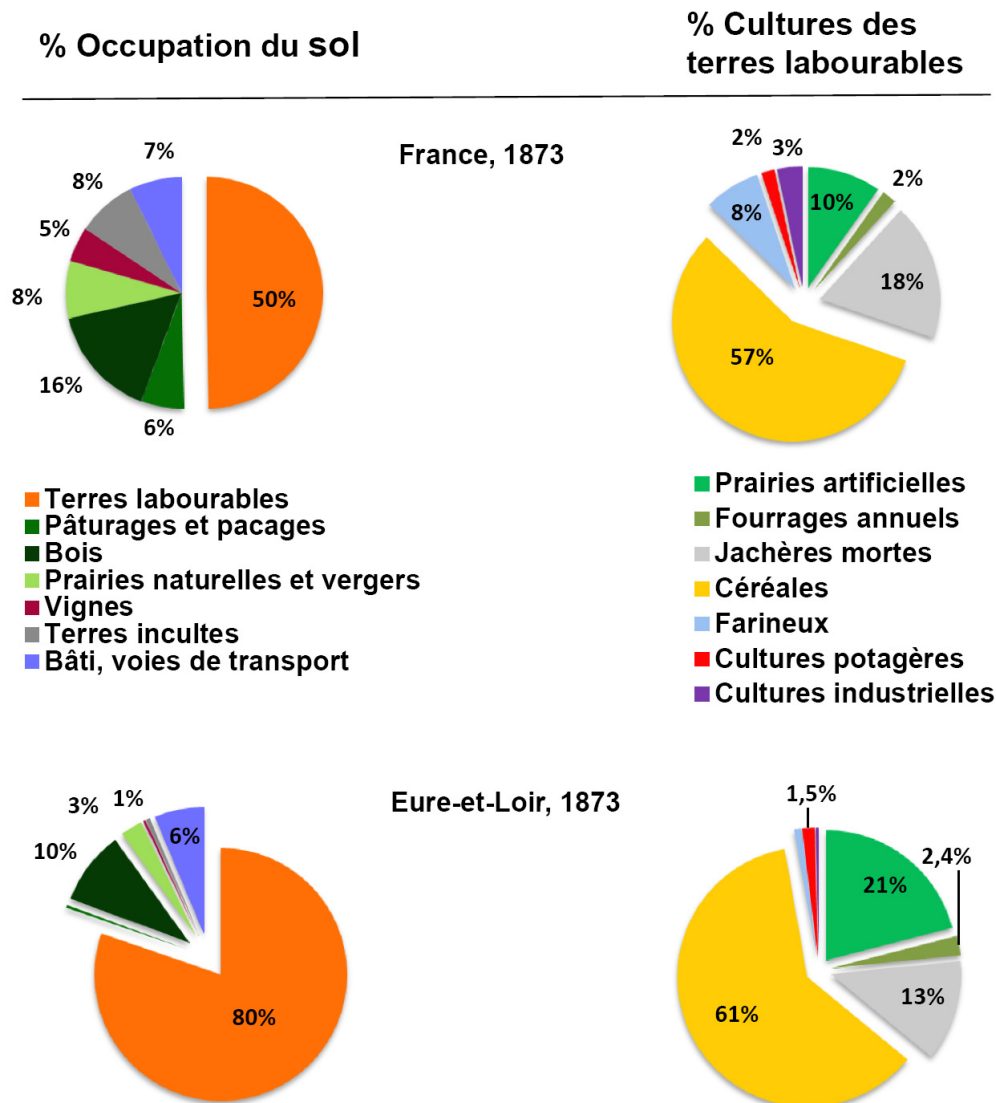


Crédits : Le semeur (1850) J.F. Millet ; Fenaison (1884) J. Dupré ; Les glaneuses (1857) J. Dupré ; L'épandage du fumier (1855) J.F. Millet ; Moutons et poules dans la bergerie (vers 1880) J.G. Bahieu ; Bergère gardant son troupeau (fin XIXe s.) J. Dupré ; La vache échappée (1885) J. Dupré ; Meules : Automne (1894) J.F. Millet

Performances productives

18 La Beauce est toute dédiée aux céréales et plantes fourragères. Le paysage du roman, fruit de la révolution agricole et de la consécration de l'assolement triennal, est celui de « pièces à l'infini, étalées dans tous les sens » dont on distingue les nuances dans « le vert jaune du blé, le vert de l'avoine, le vert gris du seigle [...], parmi les plaques rouges des trèfles incarnats » ⁹. L'examen des statistiques agricoles de 1873 en témoigne directement au travers de l'occupation des sols, avec en Eure-et-Loir plus de 80 % de l'espace occupé par les terres labourables, dont plus de deux tiers de céréales et 20 % en prairies artificielles (Figure 3).

Figure 3. Diagramme d'occupation du sol et assolement des terres labourables en 1873 en France métropolitaine et pour le département d'Eure-et-Loir, d'après les données compilées de l'Annuaire des statistiques de la France.

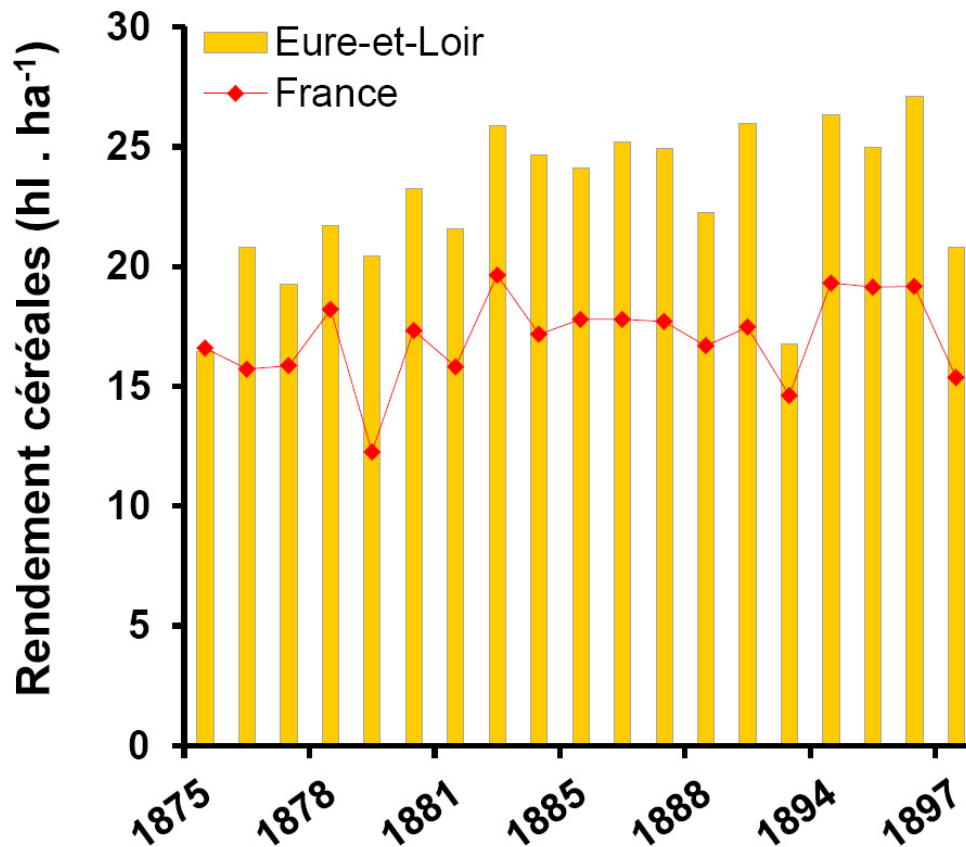


19 Pareillement, dans les deux exploitations considérées on pratique l'assolement triennal. L'abandon des jachères au profit de prairies artificielles comprenant des cultures fourragères fixatrices d'azote, trèfle ou luzerne essentiellement, qui apportent une quantité substantielle d'azote au sol, a permis un accroissement de la productivité avec des rendements céréaliers pouvant atteindre les 20 qx/ha, avec une moyenne de 15 qx/ha pour le blé et de 12,5 qx/ha pour l'avoine, traduisant une adaptation des campagnes à la demande urbaine. Il est notable que la fertilité des sols beaucerons confère des capacités de rendement supérieures à la moyenne française (Figure 4). Cependant, Hourdequin souligne les limites agronomiques d'un tel système qui recourt à des rotations courtes « *il était illogique de demander deux céréales de suite, l'avoine et le blé* »¹⁰. Pour autant, il ne mettra en pratique aucun allongement de la rotation.

20 Pour comparaison on soulignera qu'aujourd'hui dans la même région les exploitations conduites en agriculture biologique (donc sans engrais de synthèse et pesticides) atteignent des rendements céréaliers de 40 à 60 qx/ha (Anglade et al., 2015), soit 2 à 3 fois supérieurs à ceux de la fin du XIXe siècle. Ces meilleures performances témoignent du fait que l'agriculture biologique ne constitue un retour en arrière, mais est porteuse d'innovations, notamment dans la gestion des rotations, généralement longues (7 à 12 ans) où les céréales sont cultivées, en alternance avec des légumineuses graines (lentilles, pois, féveroles) et des légumineuses fourragères pluriannuelles en tête de rotation pour maîtriser les adventices et assurer la fertilité

azotée du système. Les rotations conventionnelles actuelles sont plus courtes (3-4 ans) et font se succéder après une tête de rotation de type colza ou betterave, deux céréales avec un rendement élevé de l'ordre de 80 qx/ha, grâce à l'usage d'engrais de synthèse et de pesticides.

Figure 4. Rendements céréaliers moyens en France et en Eure-et-Loir à la fin du XIXe siècle. Données compilées d'après l'Annuaire des statistiques de la France.



Autonomie et capacité d'export

- 21 Hourdequin s'inquiète également de l'écart au modèle ancestral de complémentarité entre culture et élevage, avec un recul notable des activités d'élevage dû au morcellement à outrance des parcelles héritées de la révolution « *la Beauce ne vivait plus que de ses moutons [...], le Perche s'enrichissait avec l'élevage* »¹¹. De fait, les surfaces agricoles et les bâtiments du domaine de la Borderie lui permettent d'entretenir un cheptel relativement important avec un troupeau de 800 moutons, 15 chevaux, 30 vaches, 600 volailles (poules, canards, pigeons) et quelques porcs. Cependant, en comptabilisant le cheptel en Unité Gros Bétail (en modifiant le rapport UGB/tête actuel pour tenir compte du fait que la taille moyenne des animaux d'élevage a fortement augmenté au cours du XXe siècle), ramenée à la surface de l'exploitation, la densité de bétail est effectivement faible avec environ 0.37 UGB/ SAU (Surface Agricole Utile). C'est à peu près le même ratio (0.33) que l'on obtient sur la petite propriété des Buteau, avec les deux vaches Blanchette, la Coliche, et l'âne Gédéon (Tableau 1). Ces faibles valeurs sont néanmoins plus élevées que les valeurs actuelles dans la même région, où même les élevages ovins ont quasi-intégralement disparus. En 2010, à l'échelle de l'ensemble des terres agricoles du département d'Eure-et-Loir, on dénombrait 0.13 UGB/ha (Anglade et al., 2015). À l'inverse, dans le Grand Ouest, les animaux sont concentrés dans des ateliers de production de viande et de lait, allant jusqu'à 2.2 UGB/ha de la SAU départementale en Bretagne.

Tableau 1. Caractéristiques fonctionnelles et performances productives et environnementales du domaine de la Borderie et de la ferme de Buteau (Beauce, Nord de la France) à la fin du XIXe siècle.

Agro-systèmes de la fin du XIX ^e s.	Domaine de la Borderie	Ferme de Buteau
<i>Caractéristiques de l'exploitation</i>		
Surface agricole totale (SAT), ha	200	7.25
Surface agricole utile (SAU), ha	190	6
Terres labourables, ha	170	4
Surface pâturage, ha	20	2
Autres surfaces : forêts, vignes, ha	10	1.25
Cheptel, UGB	71	2.0
Chargement animal, UGB/ha de SAU	0.37	0.33
Population de l'exploitation, nb d'habitants équiv.	15.5	4.2
<i>Performances productives</i>		
Rendement du blé, 100 kg/ha/an	1.5	1.5
Production céréalière, kgN/km ² /an	1480	961
Potentiel d'export (céréales), kgN/km ² /an	1460	809
Productions animales, kgN/km ² /an	354	272
Potentiel d'export (viande + lait), kgN/m ² /an	325	61
Capacité portante (céréales), habitant/km ²	563	424
Capacité portante (viande+lait), habitant/km ²	97	75
Densité de population rurale, habitant/km ²	7.8	58
<i>Performances environnementales</i>		
Fertilisation terres arables, kgN/ha	68	66
% Fertilisation animale	31	32
% Fertilisation chimique ou autre	3	-
% Fixation symbiotique	66	68
<i>Surplus</i>		
Surplus SAU, kgN/ha/an	15	20
Surplus prairies permanentes, kgN/ha/an	0.16	30
Surplus terres arables, kgN/ha/an	17	15
Concentration nitrique (mgN/l)	6.5	5.7

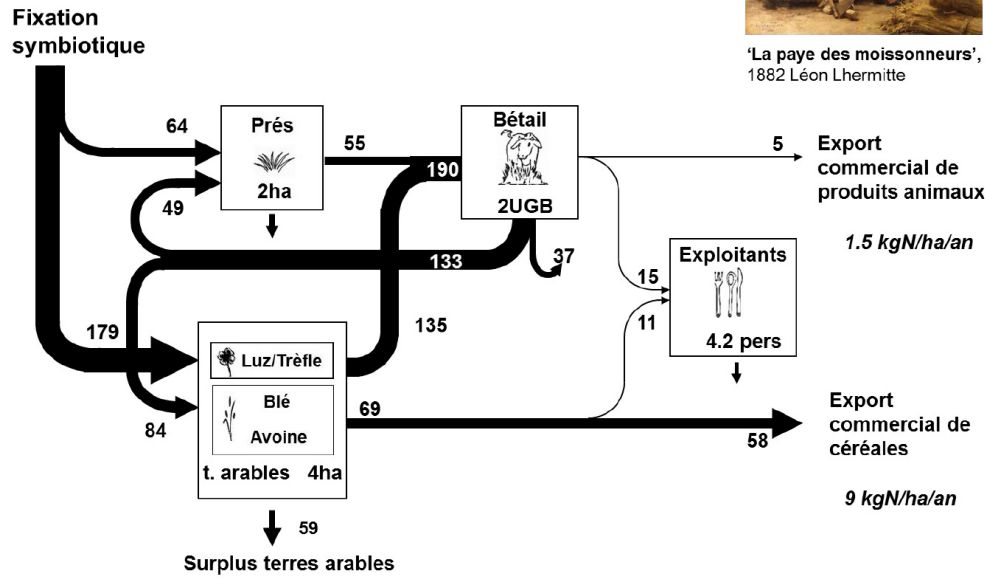
22 Bien que la densité de bétail soit similaire dans les deux fermes, les débouchés pour les productions animales diffèrent, avec dans la ferme des Buteau des animaux destinés à la subsistance et aux travaux des champs, et dans le cas de la *Borderie* une production destinée à la vente. Il existe également une différence importante concernant les types de surfaces fourragères à partir desquelles le bétail est nourri et les excréments sont restitués. En effet, le domaine de la *Borderie*, consacre plus de 85 % de ses surfaces aux terres arables, tandis que les surfaces en prairies permanentes naturelles (peu productives) sont réduites à 10 % pour y parquer les vaches après la fenaison. La sole de légumineuses fourragères riches en protéines en tête de rotation assure la majeure partie des besoins alimentaires du cheptel ovin en pâture et en bergerie l'hiver. Et en retour 70 % de l'azote contenu dans les excréments animaux contribue à la fertilisation des terres arables (Figure 5). Dans la ferme des Buteau, davantage tournée

- vers l'autonomie alimentaire de la famille, les prairies naturelles occupent encore près du tiers de l'exploitation, les terres cultivables ne représentant que 55 % des surfaces.
- 23 Cette différence d'occupation du sol entre les deux exploitations (proportion de terres arables), explique la différence de capacité portante, c'est-à-dire la densité de population soutenable par rapport à la production supérieure d'environ 25 % dans la Borderie (Tableau 1) bien que les successions culturales soient identiques. Notons également dans ces chiffres de capacité portante, encore une fois les signes d'une forte spécialisation territoriale pour la production céréalière, puisqu'il existe dans les deux exploitations un facteur 6 entre les capacités portantes en céréales et en produits animaux.
- 24 Mais ce qui distingue le plus fondamentalement les deux fermes, c'est l'augmentation de la productivité du travail humain permis par un usage de plus en plus important d'outils mécanisés (semoir mécanique, faneuse mécanique, moissonneuse mécanique, machine à battre...). La main d'œuvre nécessaire par ha de terres arables de la famille Buteau est près de 10 fois supérieure à celle nécessaire dans les terres labourables de la Borderie. Une moissonneuse mécanique peut se substituer à une équipe de douze moissonneurs ! Et la batteuse à manège remplace le battage lent, au jour le jour, suivant les nécessités. Ainsi, le progrès mécanique qui se met en place sonne la fin de l'antagonisme séculaire entre la grande et la petite propriété acquise par la révolution.
- 25 L'avènement de la grande propriété mécanisée marque un tournant décisif dans les logiques de production et bouleverse les flux migratoires (exode rural). En effet, les grands domaines permettent une économie tournée vers l'export, au détriment de la densité de population rurale, seulement 8 hab/km² contre 58 hab/km² en considérant un maillage de petites exploitations familiales similaires à celle des Buteau. Après satisfaction des besoins alimentaires des habitants et travailleurs de l'exploitation, soit 2,6 kgN/pers/an en pain et céréales et 3,6 kgN/pers/an en viandes et produits laitiers (Billen et al., 2012) , il reste un potentiel d'export considérable de 1460 kgN/km²/an en céréales (soit 560 pers./km²/an) et 325 kgN/km²/an en viande et produits laitiers (soit 90 pers./km²/an) (Tableau 1). Cet excédent de production est acheminé vers les pôles urbains et en particulier Paris, afin de rencontrer les besoins alimentaires d'une ville en pleine croissance démographique. En chiffres absolus, le domaine de la Borderie (200 ha) peut subvenir chaque année aux besoins de 1120 habitants urbains en céréales et de 180 habitants urbains en produits animaux. L'exploitation de la famille Buteau est tournée vers l'autonomie de la population rurale, elle exporte près de deux fois moins de céréales (809 kgN/km²/an pour 311 pers./km²/an) et presque aucun produit animal, seul un peu de lait (61 kgN/km²/an).
- 26 La course à la productivité des plus grands domaines semble être principalement motivée par les lois du marché, et le développement du libre-échange, notamment avec les États-Unis qui profitent de la fertilité des terres vierges du Middle-West. Or, ce sont ces mêmes grands domaines qui dominent les centaines de petits propriétaires que compte chaque commune, et qui vont imposer la voie des nouvelles pratiques agricoles. Les grands fermiers de la Beauce sont désignés comme « chefs de pays » et en exercent le rôle, à l'image du fermier Hourdequin, maire de la commune de Rognes. Son engagement dans la doctrine productiviste est fortement relayé par sa foi dans le progrès scientifique, par opposition à son incrédulité en matière de religion, réservée à la routine paysanne.
- 27 Le bouleversement des logiques de production, de la subsidence locale aux échanges internationaux, entraîne Hourdequin à engager, irréversiblement, tout son capital dans une série de nouvelles expériences que ce soit pour le choix des semences (p. ex : variété écossaise de poulard pour son blé), ou encore dans les techniques de fertilisation (emploi de phosphates, récupération des déchets organiques...). Il s'agit d'augmenter la production de crainte que « *la Beauce s'épuise, oui !, la fertile Beauce, la nourrice, la mère !* »¹². Si ces nouvelles techniques sont annonciatrices d'une agriculture moderne basée sur l'emploi de fertilisants minéraux pour pallier aux exports de nutriments des parcelles, elles ne montrent pas encore d'effets significatifs sur les rendements obtenus à l'hectare. Il est question à de nombreuses reprises en effet du caractère ruineux de ces nouvelles pratiques pour un résultat qui ne se fait pas voir sur les dix ans d'action du roman (de 1860 à 1870) ; « [...] tous ses voisins se moquaient à le

voir essayer des engrais chimiques, dont la mauvaise qualité du reste, donnait souvent raison aux rieurs. »¹³. La mauvaise qualité des engrais industriels à l'époque est d'ailleurs rapportée à l'époque par la Commission des engrais du ministère de l'Agriculture, du Commerce et de l'Industrie (1865-1866) qui dénonce des falsifications.

Figure 5. Flux d'azote sur les sols de l'exploitation de la famille Buteau

Ferme des Buteau (6 ha): flux d'azote en kgN/an

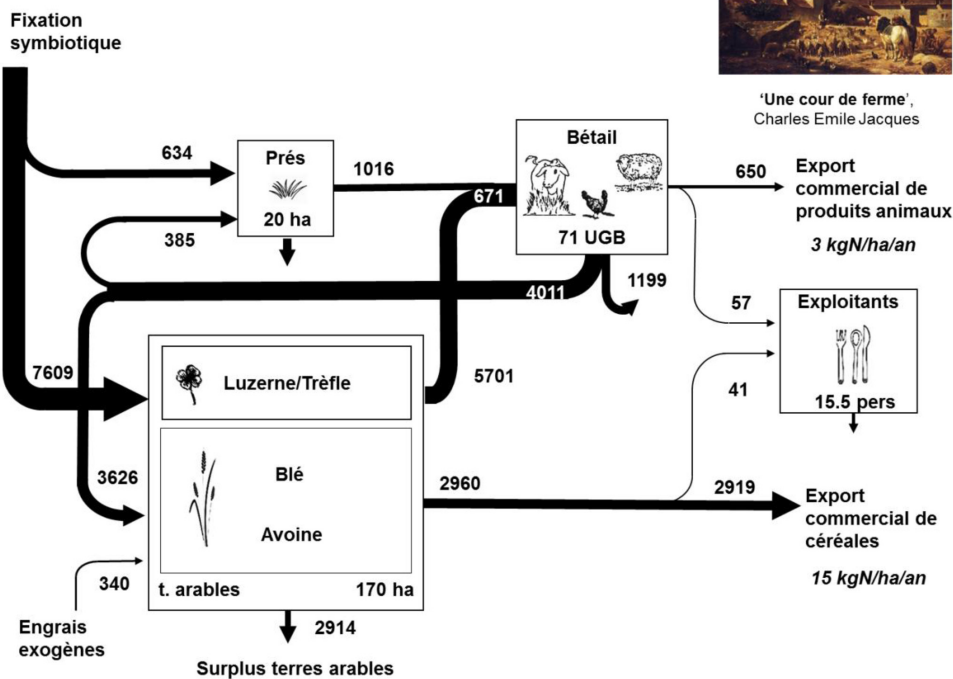


'La paye des moissonneurs', 1882 Léon Lhermitte

Légende : La fixation symbiotique est évaluée empiriquement (Anglade et al., 2005). La quantité de fumier récolté est estimée à partir du calendrier de gestion du cheptel (volatilisation en bâtiment de 30 % pour les bovins à 50 % pour les volailles (Peyraud et al., 2012). On considère une teneur en azote moyenne de 1,9 %.

Figure 6. Flux d'azote sur les sols du domaine de la Borderie

Domaine de la Borderie (190 ha) : flux d'azote en kgN/an



'Une cour de ferme', Charles Emile Jacques

Légende : Les hypothèses de calcul sont les mêmes que dans la ferme des Buteau. Les engrais sont principalement organiques « herbes, feuilles, marc de raisin, tourteaux de navette et colza, os concassés, chair cuite et broyée, sang desséché, déchets de laine », et quelques essais chimiques.

Performances agro-environnementales : bilans d'azote des sols

- 28 Nous caractérisons ici les performances agronomiques et environnementales des deux agro-systèmes à partir des 3 termes du bilan d'azote des sols : les apports fertilisant totaux (F, kgN/ha/an), la production totale récoltée de protéines (Y, kgN/ha/an), et le surplus, défini comme la différence des deux autres termes, (S = F-Y). L'efficacité d'utilisation de l'azote (NUE, pour nitrogen use efficiency) est définie comme le rapport du rendement sur la fertilisation totale, Y/F. Pour le calcul de la fixation d'azote par les légumineuses fourragères, nous nous référons à Anglade et al. (2015) qui en ont établi une formule empirique d'estimation à partir de la production azotée des parties aériennes et souterraines. Le bilan d'azote des sols est calculé d'une part sur prairies permanentes, et d'autre part intégré sur l'ensemble du cycle de rotation culturale (ce qui inclut les prairies temporelles artificielles de luzerne ou trèfle). Car en effet, sur terres arables, le surplus azoté moyen d'une rotation culturale est un indicateur robuste du risque de lixiviation de cette rotation, c'est-à-dire du risque d'entraînement par l'eau de percolation d'ions nitrate très soluble hors de la zone potentiellement exploitable par les racines. Alors que sous prairies, la permanence du couvert végétal et l'importance de la densité du système racinaire permettent le stockage dans le pool de matière organique du sol de la majeure partie du surplus (Anglade, 2015 ; Billen et al., 2013).
- 29 Nous avons vu précédemment que la proportion de prairies et terres arables différait entre les deux exploitations. En revanche, sur terres arables, les systèmes de culture présentent des performances similaires. Les apports totaux d'azote au sol sont faibles (de l'ordre de 70 kgN/ha/an à l'échelle de la rotation) et largement dominés par la fertilisation symbiotique et son recyclage par le bétail (Figures 5 et 6). L'efficacité d'utilisation de l'azote de ces systèmes peu productifs à bas intrants est très élevée, atteignant 77 %.
- 30 Les surplus non valorisés par la production, qui constituent un potentiel de contamination nitrique de l'environnement, sont très limités. Avec sur terres arables, un surplus moyen de 15 kgN/ha/an, et en considérant une lame d'eau infiltrée de 180 mm/an, on peut déterminer une concentration théorique des eaux sous-racinaires d'environ 6 mgN/l, soit une concentration très en deçà de la norme de potabilité, fixée aujourd'hui à 11 mgN/l. En comparaison, les surplus générés par les rotations céréalières actuelles du Bassin parisien avec des rendements très élevés permis par l'usage massif des engrais de synthèse, sont en moyenne de 50 kgN/ha/an et peuvent atteindre plus de 100 kgN/ha/an, ce qui conduit à des dépassements fréquents des normes de potabilités en dépit du respect réglementaire des pratiques de fertilisation raisonnées (Anglade et al., 2015). Les systèmes biologiques, avec une fertilisation totale plus réduite et principalement issue de la fertilisation symbiotique par les légumineuses (160 kgN/ha/an en moyenne, soit plus de deux fois la fertilisation du XIXe siècle), ont des surplus moyen d'environ 30 kgN/ha/an ; soit une situation intermédiaire entre l'agriculture spécialisée productiviste actuelle et les systèmes de polyculture-élevage bas intrants peu diversifiés du XIXe siècle.

Conclusion

- 31 Finalement, ce n'est donc pas par leur fonctionnement agronomique que les deux exploitations se distinguent, elles possèdent des niveaux comparables de fertilisation et de rendement, mais dans leur vision, leur positionnement économique, leur relation au monde urbain. La Borderie est un système complexe qui porte les traces des mutations techniques (sole de légumineuse) et sociétales (règne de l'« individualisme » incarné par le morcellement) issues (ou à l'origine) de la révolution agricole du XIXe siècle. Mais son point d'horizon est la concurrence mondiale, et pour cela il sera nécessaire d'accroître considérablement la production par l'agrandissement des exploitations, la mécanisation, et l'usage d'engrais chimiques. Cette nouvelle révolution agricole, qui n'est encore dans le roman qu'en projet, mènera à l'agriculture industrielle fonctionnant avec des cycles ouverts et qui impose à ce jour sa logique productiviste inégalitaire et ses désastres environnementaux aux échelles régionale et mondiale.

- 32 En exploitant la vision synthétique propre à l'œuvre d'art, nous avons pu mettre en lumière des éléments du passé annonciateurs des changements qui ont amené au monde contemporain. L'agriculture de la fin du XIXe siècle racontée avec force détails par Zola, et peinte avec réalisme par Millet et Dupré, fonctionnait en cycle fermé au travers d'une étroite complémentarité entre cultures et élevage qui assuraient la fertilité des sols cultivés. Grâce à la fixation d'azote atmosphérique par les prairies et les cultures de légumineuses fourragères (trèfle violet et luzerne), et au bétail assurant via ses déjections le transfert de cet azote vers les terres labourables, la capacité d'export en céréales du Bassin parisien était suffisante pour nourrir la population urbaine grandissante de la révolution industrielle, et ce sans altération de la ressource en eau, de sorte que l'on pouvait aller « *chercher une bouteille d'eau à la rivière* »¹⁴. Et ainsi, Zola observait le ruisseau de l'Aigre, qui, sillonnant la Beauce céréalière, était « *vif et clair au milieu des herbages* »¹⁵.
- 33 Ce regard rétrospectif nous conduit à penser qu'un élément clé pour une meilleure gestion de la cascade de l'azote résiderait dans la relocalisation des activités d'élevage dans les territoires de grande culture du nord de la France (Garnier et al., 2014 ; Bonaudo et al., 2014 ; Billen et al., 2013). Il s'agirait de rééquilibrer les flux d'azote pour recouvrer une capacité à produire non seulement la nourriture, mais aussi l'eau potable dont les villes ont besoin.

Remerciements

- 34 Nous remercions le programme PIREN-Seine dans le cadre duquel cette étude a pu être menée.

Bibliographie

- Anglade, J., 2015, Agriculture biologique et qualité des ressources en eau dans le bassin de la Seine. Caractérisation des pratiques et applications territorialisées. Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie. 272 pp+ annexes.
- Anglade, J., G. Billen, J. Garnier, T. Puech et C. Tittel, 2015, Nitrogen soil surface balance of organic vs conventional cash crop farming in the Seine watershed, *Agricultural Systems*, 139, pp. 82-92.
- Anglade, J., G. Billen et J. Garnier, 2015b, Relationships for estimating N₂ fixation in legumes : incidence for N balance of legume-based cropping systems in Europe, *Ecosphere*, 6, 3, art37.
- Barles, S. et L. Lestel, 2007, The Nitrogen Question Urbanization, Industrialization, and River Quality in Paris, 1830—1939, *Journal of Urban History*, 33(5), pp. 794-812.
- Barles, S., 2007, Feeding the city : food consumption and flow of nitrogen, Paris, 1801–1914. *Science of the Total Environment*, 375(1), pp. 48-58.
- Billen, G., J. Garnier, M. Benoît, M. et J. Anglade, 2013, The nitrogen cascade in arable crop areas of the North of France, *Cahiers de l' Agriculture*, 22, pp. 272–281.
- Billen, G., S. Barles, P. Chatzimpiros, P. et J. Garnier, 2012, Grain, meat and vegetables to feed Paris : where did and do they come from ? Localising Paris food supply areas from the eighteenth to the twenty-first century, *Regional Environmental Change*, 12, pp. 325–335.
- Billen, G., S. Barles, J. Garnier, J. Rouillard et P. Benoit, 2009, The food-print of Paris : long-term reconstruction of the nitrogen flows imported into the city from its rural hinterland. *Regional Environmental Change*, 9(1), pp. 13-24.
- Bonaudo T., A.B. Bendahan, R. Sabatier, J. Ryschawy, S. Bellon, F.Leger, D. Magda et M. Tichit, 2014, Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems, *European Journal of Agronomy*, 57, pp. 43-51.
- Chatzimpiros, P. et S. Barles, 2010, Nitrogen, land and water inputs in changing cattle farming systems : A historical comparison for France, 19th–21st centuries. *Science of the total environment*, 408(20), pp. 4644-4653. Galloway J.N. , F.J. Dentener, D.G. Capone, E.W. Boyer, R.W. Howarth et al., 2004, Nitrogen cycles : past, present, and future, *Biogeochemistry*, vol. 70, no 2, pp. 153-226.
- Garnier, J., P. Passy, J. Anglade, G. Billen, M. Benoit, C. Schott, L. Lassaletta et M. Silvestre, 2014, Reconnecting crop farming and cattle breeding for a reduction of nitrogen losses in an intensive agricultural watershed. *Proceedings of the 18th Nitrogen Workshop – The nitrogen challenge : Building a blueprint for nitrogen use efficiency and food security*, Lisboa. Portugal, pp. 427-428.

- Green, P. A., C.J. Vörösmarty, M. Meybeck, J.N. Galloway, B.J. Peterson et E.W. Boyer, 2004, Pre-industrial and contemporary fluxes of nitrogen through rivers : a global assessment based on typology, *Biogeochemistry*, 68(1), pp. 71-105.
- Hill, A. R., 1996, Nitrate removal in stream riparian zones, *Journal of environmental quality*, 25(4), pp. 743-755.
- Lancelot, C., V. Thieu, A. Polard, J. Garnier, G. Billen, W. Hecq et N. Gypens., 2011, Ecological and economic effectiveness of nutrient reduction policies on coastal Phaeocystis colony blooms in the Southern North Sea : an integrated modeling approach, *Sciences of the Total Environment*, 409, pp. 2179–2191.
- Lassaletta, L., G. Billen, B. Grizzetti, J. Garnier, A.M. Leach et J.N. Galloway, 2014, Food and feed trade as a driver in the global nitrogen cycle : 50-year trends. *Biogeochemistry*, 118 (1-3), pp. 225-241.
- Marcilhacy, C., 1957, Émile Zola, « historien » des paysans beaucerons, *Annales, Économies Sociétés, Civilisations*, 12, pp. 573–586.
- Mayaud, J.-L., 2014, *La petite exploitation rurale triomphante, France, 19e siècle*, Paris, éd. Belin, 278 p.
- Mignolet, C., C. Schott et M. Benoît, 2007. Spatial dynamics of farming practices in the Seine basin : methods for agronomic approaches on a regional scale, *Science of the Total Environment*, 375, pp. 13–32.
- Ministère de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics, Commission des engrais, 1865-1866, *Enquête sur les engrais industriels*, Imprimerie impériale, Paris.
- Ministère de l'Agriculture et du Commerce, Statistique générale, 1878, *Annuaire statistique de la France 1878-1899*, [en ligne] URL : <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb343503965/date>
- Oenema, O., H. Kros et W. de Vries, 2003, Approaches and uncertainties in nutrient budgets : implications for nutrient management and environmental policies. *European Journal of Agronomy*, 20, pp. 3–16.
- Passy, P., N. Gypens, G. Billen, J. Garnier, C. Lancelot, V. Thieu, V. Rousseau et J. Callens, 2013, A Model reconstruction of riverine nutrient fluxes and eutrophication in the Belgian Coastal Zone since 1984, *Journal of Marine Systems*, 128, pp. 106–122.
- Peyraud J. L., P. Cellier, (coord.), F. Aarts, F. Béline, C. Bockstaller, M. Bourblanc, L. Delaby, C. Donnars, J.Y. Dourmad, P. Dupraz, P. Durand, P. Faverdin, J.L. Fiorelli, C. Gaigné, A. Girard, F. Guillaume, P. Kuikman, A. Langlais, P. Le Goffe, S. Le Perchec, P. Lescoat, T. Morvan, C. Nicourt, V. Parnaudeau, J.L. Peyraud, O. Réchauchère, P. Rochette, F. Vertes et P. Veysset, 2012. *Les flux d'azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres*, Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 527 p.
- Sutton, M.A., C.M. Howard, J.W. Erisman, G. Billen, A. Bleeker, P. Grennfelt, H. van Grinsven et B. Grizzetti, 2011, *The European nitrogen assessment : sources, effects and policy perspectives*, Cambridge University Press, 664 p.
- Vaillant, A., 2010, *L'histoire littéraire*, Armand Colin, 297 p.
- De Vries, W., A. Leip, G.J. Reinds, J. Kros, J.P. Lesschen et A. F. Bouwman, 2011, Comparison of land nitrogen budgets for European agriculture by various modeling approaches, *Environmental Pollution, Barking Essex 1987*, 159, pp. 3254–3268.
- Zola, E., H. Mitterand et J. Malaurie, 1986, *Carnets d'enquêtes. Une ethnographie inédite de la France*, Paris, Terre Humaine, Plon, 437 p.
- Zola E., C. Becker et V. Lavielle, *La Fabrique des Rougon-Macquart : édition des dossiers préparatoires*, 2003, *Textes de littérature moderne et contemporaine*, H. Champion, Paris.

Notes

1 Émile Zola, *La Terre*. Collection Classiques dirigée par Michel Zink et Michel Jarrety. Edition de Roger Ripoll, 2006, p. 229

2 *Ibid.*, p. 197

3 *Ibid.*, p. 437-438

4 *Ibid.*, p. 151

5 *Ibid.*, P.101

6 *Ibid.*, p. 155

7 *Ibid.*, p. 273

8 *Ibid.*, p. 63

9 *Ibid.*, p. 196

10 *Ibid.*, p. 154

11 *Ibid.*, p. 151

12 *Ibid.*, p. 151

13 *Ibid.*, p. 154

14 *Ibid.*, p. 207

15 *Ibid.*, p. 21

Pour citer cet article

Référence électronique

Juliette Anglade, Gilles Billen et Josette Garnier, « « La Terre » de Zola, une histoire biogéochimique de la Beauce au XIXe siècle », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 15 Numéro 2 | Septembre 2015, mis en ligne le 05 octobre 2015, consulté le 27 novembre 2015. URL : <http://vertigo.revues.org/16438> ; DOI : 10.4000/vertigo.16438

À propos des auteurs

Juliette Anglade

CNRS/UPMC, UMR 7619 METIS, Boite 123, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France, courriel : juliette.anglade@upmc.fr

Gilles Billen

CNRS/UPMC, UMR 7619 METIS, Boite 123, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France

Josette Garnier

CNRS/UPMC, UMR 7619 METIS, Boite 123, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France

Droits d'auteur

© Tous droits réservés

Résumés

Le bassin de la Seine a longtemps constitué l'hinterland nourricier de l'agglomération parisienne. Aujourd'hui, les pollutions diffuses liées à l'usage de pesticides et engrais chimiques ainsi qu'à la concentration des ateliers d'élevage, entraînent notamment la fermeture de nombreux captages d'eau potable et l'eutrophisation des zones marines côtières. Cette étude vise à reconstituer une image biogéochimique de la Beauce, à la fin du XIXe siècle, entre grandes exploitations progressistes (200 ha) et petits héritages parcellaires traditionnels (moins de 10 ha). Les performances agronomiques et environnementales de ces systèmes sont évaluées en reconstruisant les bilans d'azote des sols à partir des statistiques agricoles historiques et des éléments sur la vie rurale et les pratiques agricoles contenus dans le célèbre roman naturaliste d'Émile Zola, *La Terre*. La céréaliculture avait alors déjà pris un essor formidable avec l'abandon de la jachère au profit d'une sole de légumineuses fourragères fixatrices d'azote valorisées par le bétail qui assurait via ses déjections le transfert de cet azote vers les terres labourables. Nous montrons que dans ces systèmes de polyculture-élevage les flux d'azote étaient équilibrés et les pertes environnementales minimales, garantissant une bonne qualité des eaux infiltrées. Dans les grands domaines, la diminution des surfaces en prairies (qui ne représentaient plus que 10 % de la surface agricole utile) et la mécanisation ont permis d'accroître considérablement la capacité commerciale d'exportation céréalière et du territoire, avec 1460 kgN/km²/an soit 98 % de la production céréalière, et ainsi de soutenir la population urbaine grandissante de la révolution industrielle.

The Seine watershed has long been the foodshed of Paris city. Nowadays, diffuse pollutions from agricultural land due to the use of pesticides, synthetic fertilizers, and the concentration of animal husbandry, endanger drinking water resources and lead to coastal eutrophication problems. In this study, we attempt to reconstruct a biogeochemical history of the 'Beauce' region, at the end of the nineteenth century, between large progressive agricultural domains (200 ha) and small familial farms (less than 10 ha). The agronomic and environmental performances of those systems are assessed using the soil surface balance method based on the analysis of data from historical production statistics and several aspects of rural life and agricultural practices detailed in the famous 'naturalist' novel, *La Terre*, by Emile Zola. Wheat farming had already increased with the replacement of the traditional fallowing practice by leguminous nitrogen-fixing hay recycled by the livestock which transferred this nitrogen to arable land via grazing and manure application. The results show that nitrogen fluxes were approximatively in balance in those mixed-farming systems, thus minimizing nitrogen environmental losses and ensuring good water quality. In the large landing estates, the reduction in the area under natural grasslands, to around 10 % of the agricultural land use, together with mechanization, allowed to increase the commercial potentiality of cereal export, reaching 1460 kgN/km²/yr, i.e. 98 % of the production. This allowed to sustain the food demand of the growing urban population of the Industrial Revolution.

Entrées d'index

Mots-clés : azote, Paris, agrosystème, polyculture-élevage, qualité de l'eau, alimentation, XIXe siècle, Zola

Keywords : nitrogen, Paris, agro-system, mixed farming, water quality, food, XIXth century, Zola