



HAL
open science

Transformations des systèmes de production et des systèmes de culture du bassin de la Seine depuis les années 1970 : une spécialisation des territoires aux conséquences environnementales majeures

Catherine C. Mignolet, Céline Schott, Marc Benoît, Jean-Marc Meynard

► To cite this version:

Catherine C. Mignolet, Céline Schott, Marc Benoît, Jean-Marc Meynard. Transformations des systèmes de production et des systèmes de culture du bassin de la Seine depuis les années 1970 : une spécialisation des territoires aux conséquences environnementales majeures. *Innovations Agronomiques*, 2012, 22, pp.1-16. <10.17180/bpnj-j332>. <hal-02650527>

HAL Id: hal-02650527

<https://hal.inrae.fr/hal-02650527v1>

Submitted on 29 May 2020

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

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



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 - Attribution - Non-commercial use - No Derivative Works - International License

Transformations des systèmes de production et des systèmes de culture du bassin de la Seine depuis les années 1970 : une spécialisation des territoires aux conséquences environnementales majeures

Mignolet C.¹, Schott C.¹, Benoît M.¹, Meynard J.-M.²

¹ INRA UR 055 ASTER, 662, avenue Louis Buffet, F-88500 Mirecourt

² INRA Département SAD, F-78850 Thiverval-Grignon

Correspondance : mignolet@mirecourt.inra.fr

Résumé

Depuis la décennie 1970, les transformations de l'agriculture du bassin de la Seine ont provoqué une rupture de la complémentarité entre cultures et élevage dans une large partie centrale du bassin qui s'est spécialisée dans la production de grandes cultures. Les systèmes de polyculture élevage se sont repliés dans les zones périphériques au côté de systèmes d'élevage spécialisés. Ces profonds changements ont modifié les assolements, qui se sont spécialisés autour d'un nombre limité de cultures, et les successions culturales qui se sont simplifiées et raccourcies, grâce notamment à l'usage accru d'intrants de synthèse (engrais azotés et pesticides). Parmi les nombreux impacts environnementaux dus à ces changements d'usage des sols, la qualité des ressources en eau souterraines et superficielles du bassin s'est fortement dégradée. Cette dégradation restera marquée dans les prochaines décennies, comme le montrent des travaux de modélisation. La rediversification des cultures, *via* notamment le développement d'activités d'élevage, permettrait de renouer avec la complémentarité entre cultures et élevage et de réduire la consommation en intrants extérieurs. Toutefois, elle nécessiterait de comprendre les processus de verrouillage qui sous-tendent les tendances lourdes actuelles qui confortent la spécialisation des systèmes de production et des territoires et de légitimer des systèmes de production alternatifs.

Mots-clés : OTEX, assolement, succession culturale, itinéraire technique, qualité de l'eau, Petite Région Agricole, bassin de la Seine

Abstract: Changes of agricultural production systems and cropping systems in the Seine Basin since the seventies : a specialisation of territories with major environmental impacts

Since the seventies, the agricultural dynamics in the Seine basin have induced a break in the complementarity between crops and livestock in a large central area of the basin which has been specialised in cash crops production. Mixed crop-livestock farming systems have been confined in outlying areas next to specialised livestock farming systems. These major changes have modified the cropping patterns, which have been specialised in a reduced number of crops, and also the crop successions which have been simplified and shortened, notably thanks to an increased use of chemical inputs (nitrogen fertilizers and pesticides). Among the numerous environmental impacts due to these land use changes, the surface and underground water resource quality has been sharply damaged in the basin. This damage will be marked for the next decades, as shown by modelling studies. The re-diversification of crops, in particular through livestock development, would re-establish the crop-livestock complementarity and reduce the use of external inputs. However, it would require understanding the lock-in processes which underlie the major present trends and which reinforce the specialisation of farming systems and territories, and also to legitimate alternative farming systems.

Keywords: technical-economic farm type, cropping pattern, crop succession, crop management, water quality, Agricultural District, Seine basin

Introduction

Depuis la décennie 1970, l'agriculture française connaît de profondes mutations, encadrées et pilotées par la politique agricole européenne et les impératifs des marchés, et marquées par des évolutions agronomiques et techniques sans précédent. La modernisation de l'agriculture s'est accompagnée de dynamiques spatiales qui ont créé, par effet d'homogénéisation des systèmes de production, les grandes régions agricoles que nous connaissons actuellement. Une des tendances fortes de ces 40 dernières années est la spécialisation des exploitations agricoles – les unes produisant des cultures sans élevage, les autres des animaux (presque) sans cultures – qui a conduit à la spécialisation de régions entières, traditionnellement dédiées à une agriculture de polyculture élevage. Certaines dotées d'avantages agronomiques sont devenues des régions de grandes cultures, d'autres bénéficiant de situations commerciales et industrielles favorables ont concentré les activités d'élevage. La « modernisation » de l'agriculture s'est donc majoritairement basée sur la spécialisation des territoires autour d'un nombre restreint de productions.

De nombreux facteurs, politiques, économiques, techniques mais aussi humains, sont à l'origine de cette spécialisation des régions de cultures et d'élevage. Le soutien des prix du blé et de certaines grandes cultures, relayé après 1992 par les primes à l'hectare de céréales et d'oléoprotéagineux, la diminution de la main d'œuvre agricole et la recherche d'une moins grande pénibilité du travail, l'artificialisation croissante des milieux permise notamment par le drainage et les intrants chimiques (fertilisation minérale, pesticides), expliquent le recul des activités d'élevage dans les régions les plus propices aux grandes cultures. A l'opposé dans d'autres régions, la production de lait ou de viande s'est concentrée autour d'un appareil industriel performant. Les spécialisations régionales des productions et des industries de transformation se sont construites progressivement, avec l'objectif de valoriser, chaque fois que possible, les aptitudes des sols et des climats, mais aussi de profiter d'économies d'échelle et de réduire les coûts de logistique, en cherchant à localiser les productions à proximité des usines. Le conseil technique, de plus en plus pointu et spécialisé, s'est également adapté : on ne trouve plus dans chaque région que des conseillers connaissant parfaitement les productions dominantes, ce qui tend à renforcer ce mouvement de spécialisation.

Nous proposons d'illustrer la spécialisation des régions agricoles en France à partir d'un cas d'étude portant sur le territoire du bassin versant de la Seine. Ce bassin s'étend sur 23 départements du nord de la France, couvrant une superficie de 95 000 km². En 2000, le bassin de la Seine compte environ 100 000 exploitations qui représentent 15% des exploitations agricoles françaises et 23% de la surface agricole utile (SAU). Plus de la moitié de la surface du bassin est occupée par des terres labourables, ce qui en fait la principale région de production de grandes cultures en France. Notre analyse abordera d'une part l'évolution des systèmes de production du bassin et d'autre part l'évolution des modes d'utilisation du territoire, vue par l'évolution des assolements et des successions culturales, ainsi que leur différenciation spatiale au sein du bassin.

Les analyses que nous présentons sont basées sur plusieurs sources d'information complémentaires issues du Service de la Statistique et de la Prospective (SSP) du Ministère de l'Agriculture : les recensements agricoles (RA) de 1970, 1979, 1988, 2000 et 2010¹ produisent des informations exhaustives sur les orientations technico-économiques des exploitations et sur les assolements ; l'enquête nationale « Teruti », conduite annuellement sur un échantillon constant de points répartis sur le territoire national (de 1981 à 1990, de 1992 à 2003 et de 2006 à 2009) permet de reconstituer les successions de cultures et leur évolution ; enfin, l'enquête « Pratiques culturales », réalisée en 1994, 2001 et 2006 sur un sous-échantillon de l'enquête « Teruti » décrit les itinéraires techniques pratiqués sur grandes cultures. Ces sources d'information ont été complétées par une enquête à dire d'experts de

¹ Le recensement agricole de 2010, disponible depuis peu, n'a pas pu être analysé aussi précisément que les précédents.

grande envergure, visant à reconstituer l'évolution des systèmes de culture du bassin de la Seine depuis les années 1970 (Mignolet *et al.*, 2004).

L'article est composé de trois parties. La première décrit les grands traits de l'évolution des systèmes de production dans le bassin de la Seine depuis les années 1970. La deuxième partie est centrée sur l'évolution des assolements et des successions culturales du bassin qui accompagne les changements des systèmes de production, avec un focus sur l'évolution de l'usage de certains intrants de synthèse sans lesquels ces évolutions n'auraient pu avoir lieu. Enfin, la troisième partie est consacrée aux conséquences environnementales des transformations de l'agriculture du bassin, plus particulièrement sur la qualité de ses ressources en eau.

Différenciation des régions agricoles selon la diversité des systèmes de production et de leurs évolutions dans le bassin de la Seine

Un fort recul des systèmes de production de polyculture élevage ou d'élevage spécialisé entre 1970 et 2000

La diversité des systèmes de production du bassin de la Seine est analysée grâce à la classification européenne des OTEX, renseignée dans les recensements agricoles de 1970 à 2000, qui différencie les exploitations selon la contribution des différentes spéculations à la constitution d'une marge brute standard (Agreste, 1997). L'évolution de la SAU exploitée par les différentes OTEX entre 1970 et 2000 montre une forte progression des OTEX relatives à la production de grandes cultures (OTEX Céréales et OTEX Grandes cultures de 1970 à 1988 ; OTEX Céréales et oléoprotéagineux et OTEX Cultures générales en 2000) au détriment de l'OTEX de polyculture-élevage (OTEX Grandes cultures et herbivores) et des OTEX d'élevages herbivores spécialisés (Bovins lait, Bovins viande, Bovins lait-viande et Ovins) (Tableau 1). Cette évolution s'accompagne d'un processus de concentration très nette des exploitations agricoles, puisque le bassin de la Seine perd 40% de ses exploitations entre 1970 et 2000 (Mignolet, 2008).

Les évolutions les plus marquantes semblent se produire entre 1970 et 1988² : progression de 14,5% des OTEX de grandes cultures sur cette période alors qu'elle s'élève de 1,4% entre 1988 et 2000, diminution de près de 10% de l'OTEX de polyculture-élevage entre 1970 et 1988 et d'un peu moins de 1% entre 1988 et 2000, diminution de près de 4% des OTEX d'élevages herbivores spécialisés entre 1970 et 1988 et de près de 1,5% entre 1988 et 2000.

	1970	1979	1988	2000
Nombre d'exploitations agricoles	175000	145000	125000	100000
Grandes cultures	47.7	54.4	62.3	63.7
Polyculture élevage	26.7	19.7	16	15.3
Elevages herbivores spécialisés	21	21.1	17.2	15.8
Autres	4.5	4.5	4.5	5.2

Tableau 1 : Nombre d'exploitations agricoles et pourcentage de SAU exploitée par les grandes catégories d'OTEX du bassin de la Seine entre 1970 et 2000 (Source : RA 1970, 1979, 1988 et 2000)

² Les textes communautaires prévoyant une actualisation régulière de la classification des OTEX (définition des OTEX, mise à jour des coefficients de calcul des marges brutes standards), l'utilisation des OTEX pour analyser l'évolution des systèmes de production doit être faite avec précaution. En particulier, l'actualisation de la classification réalisée en 1996 rend délicate la comparaison des années 1988 et 2000.

Une rupture de la complémentarité cultures / élevage au centre du bassin

Les évolutions des systèmes de production ne se sont pas produites de la même façon selon la localisation des systèmes au sein du bassin de la Seine. Pour analyser la différenciation spatiale de ces évolutions, la localisation des OTEX est effectuée sur le maillage des 147 Petites Régions Agricoles (PRA) du bassin (Figure 1). Chaque PRA est ainsi décrite par une combinaison d'OTEX correspondant au pourcentage de SAU exploitée par chaque OTEX dans la PRA. Par des méthodes statistiques d'analyses multivariées, des typologies de PRA sont construites en fonction des combinaisons d'OTEX dominantes qui y sont situées, pour chaque année de RA (Mignolet *et al.*, 2007).



Figure 1 : Les 147 Petites Régions Agricoles du bassin de la Seine

En 1970, le bassin de la Seine apparaît constitué de cinq grandes zones agricoles (Figure 2). Au centre se trouvent les PRA à dominante *Céréales - Grandes cultures* autour de la Beauce et dans le sud Seine-et-Marne, ou à dominante *Grandes cultures - Céréales* au nord de Paris (Plateau picard, Soissonnais, St Quentinnois et Laonnois) et à l'est (Champagne crayeuse). Sur les bordures Ouest et Est, sont localisées les PRA orientées vers des activités d'élevage : polyculture-élevage bovin lait en Normandie (Pays de Caux, Vallée de Seine, Pays d'Ouche, Perche), en Lorraine (Barrois, Argonne) et dans le Barrois haut-marnais ; dominance de l'élevage bovin laitier spécialisé dans les Ardennes (Ardenne, Thiérache), le Bassigny et quelques PRA normandes et picardes (Lieuvain, Pays de Bray) ; dominance de l'élevage bovin viande dans le Morvan et le Nivernais central. Enfin, entre les PRA du centre et celles de la bordure Est, apparaît une zone de transition, au niveau des départements de l'Yonne et du Loiret, constituée de PRA mixtes orientées vers la polyculture-élevage et les céréales (Bries laitière et champenoise, Gâtinais, Orléanais, Plateau de Bourgogne et Plateau langrois).

En 1979, les PRA du centre du bassin versant ont globalement conservé les mêmes orientations : céréales au sud-ouest de Paris, grandes cultures au nord-est. Quatre groupes de PRA en bordure du bassin maintiennent également leur orientation vers des activités d'élevage associées à de la polyculture : Normandie, Ardennes – nord Meuse et Haute-Marne pour l'élevage laitier, Nièvre pour l'élevage viande. Quant à la zone de transition, elle semble progressivement s'étendre vers l'est du bassin : une partie bascule vers une plus forte proportion des OTEX *Céréales* et *Grandes cultures*, tandis que l'autre plus à l'Est (correspondant au Barrois meusien et haut-marnais et au Plateau langrois) passe d'une dominance *Polyculture-élevage - Elevage bovin lait* en 1970 à une dominance *Polyculture-élevage - Céréales - Grandes cultures*.

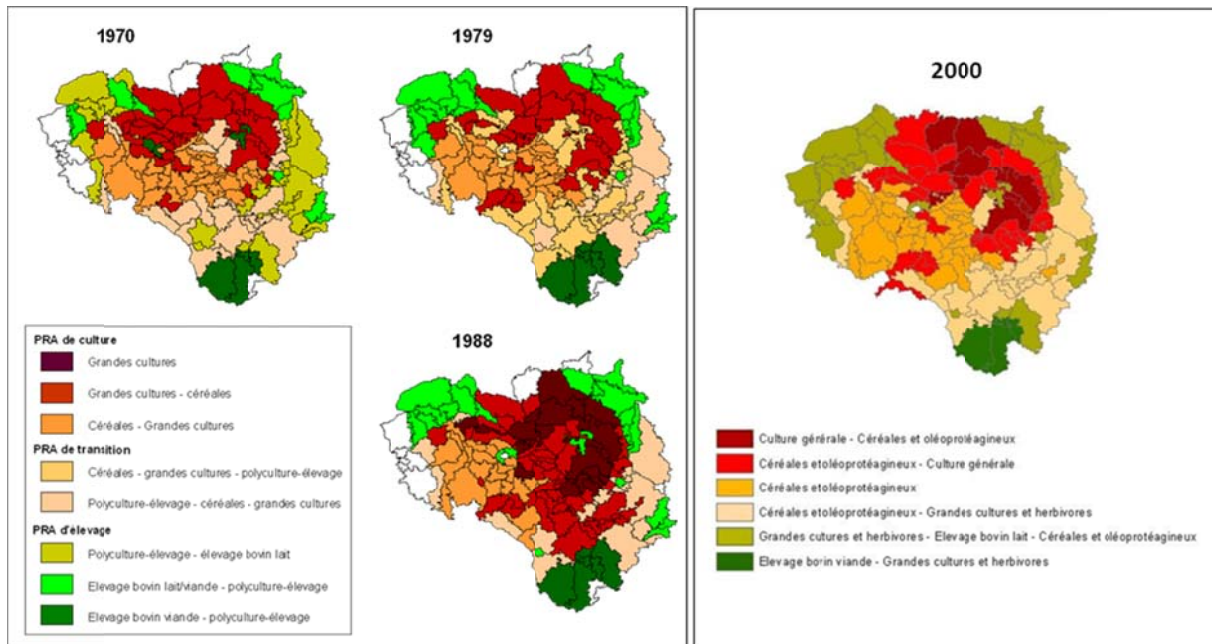


Figure 2 : Typologies des PRA du bassin de la Seine en 1970, 1979, 1988 et 2000 (Source : Mignolet, 2008)

Par contre, en 1988, le bassin de la Seine offre une image très différente de sa partie centrale. Un nouveau type de PRA, presque entièrement spécialisées dans les grandes cultures (en moyenne 82% de la SAU dans l'OTEX *Grandes cultures*), est présent dans les départements de l'Aisne, de la Marne et de l'Aube (Goëlle et Multien, Soissonnais, St Quentinnois et Laonnois, Champagne crayeuse). La région à dominante *Grandes cultures*, jusqu'alors cantonnée au nord du bassin, gagne vers le Sud et l'Est, et confine au sud-ouest de Paris la zone à dominante *Céréales*, dans les PRA de la Beauce, du Drouais, du Plateau d'Evreux St André, du Hurepoix et de la forêt de Fontainebleau. Par contre, les quatre régions d'élevage identifiées en 1979 semblent se maintenir, avec pour le type *Elevage bovin lait/viande - Polyculture-élevage* une progression de l'OTEX *Grandes cultures* (12% de la SAU des PRA en moyenne).

Enfin, la cartographie des types de PRA obtenus d'après le Recensement de l'Agriculture de 2000 ne remet pas en cause les grandes zones agricoles définies en 1988³. La zone orientée vers les productions de céréales et d'oléoprotéagineux reste cantonnée au sud de Paris, alors que l'OTEX *Culture générale* est dominante au nord, voire très largement majoritaire en Champagne crayeuse et dans le Soissonnais, le St Quentinnois et Laonnois et le Santerre. Hormis quelques PRA à l'extrême sud du bassin, toujours dominées par l'élevage bovin viande, les bordures du bassin, à l'ouest comme à l'est, sont caractérisées par une majorité de systèmes de polyculture - élevage, associés en moindre mesure avec des systèmes laitiers spécialisés. Enfin, le territoire des PRA de transition qui forme un long croissant caractéristique de la bordure est du bassin, est essentiellement exploité par l'OTEX *Céréales et oléoprotéagineux*, à laquelle s'ajoute l'OTEX de *polyculture - élevage*.

Les dernières décennies ont ainsi été marquées par une rupture de la complémentarité entre cultures et élevage dans une large partie centrale du bassin de la Seine qui se spécialise dans la production de grandes cultures. Les systèmes de polyculture élevage se replient dans les zones périphériques du bassin, au côté de systèmes d'élevage spécialisés.

³ Les précautions mentionnées précédemment sur l'actualisation de la nomenclature des OTEX rendent également délicate la comparaison des cartes obtenues en 1988 et 2000.

Différenciation des régions agricoles selon la diversité des systèmes de culture et de leurs évolutions dans le bassin de la Seine

Les transformations des systèmes de production du bassin de la Seine ont des conséquences importantes sur les changements d'utilisation des sols par l'agriculture. Depuis les années 1970, l'assolement du bassin de la Seine est marqué par des modifications de grande ampleur, au premier rang desquelles figure l'augmentation constante des surfaces en blé (+52% entre 1970 et 2000) au détriment notamment des prairies permanentes dont les surfaces chutent de plus de 30% sur la même période (Figure 3). Ces modifications de l'assolement s'accompagnent de changements importants des systèmes de culture, tant du point de vue des successions culturales que du point de vue des itinéraires techniques de conduite des cultures. Comme pour les systèmes de production, les changements d'utilisation des sols s'avèrent spatialement différenciés au sein du bassin.

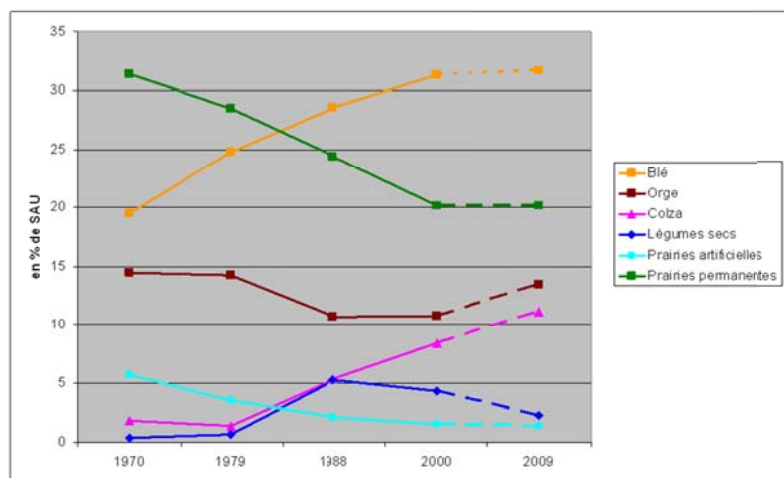


Figure 3 : Evolution des principales occupations du sol du bassin de la Seine entre 1970 et 2009. (Sources : RA 1970, 1979, 1988, 2000 et enquête Teruti 2009)

Des assolements qui se spécialisent tout en subissant un recul des espèces végétales liées à la polyculture élevage

Les prairies, supports des activités d'élevage de ruminants, sont encore bien présentes en 1970, hormis en Champagne crayeuse et en Beauce où elles représentent déjà moins de 10% de la SAU (Figure 4). Depuis cette période, la baisse des surfaces en prairies est continue, jusqu'à une quasi-disparition dans toute la partie centrale du bassin. Les surfaces en herbe se concentrent sur les bordures sud-est (Morvan, Auxois), nord-est (Ardennes) et ouest (Basse Normandie) du bassin, dans des régions d'élevage où elles occupent plus de 50% de la SAU. Dans la plupart des régions d'élevage, la diminution des surfaces en herbe est en partie compensée par la progression du maïs fourrage (Figure 5), moyennant souvent des aménagements tels que le drainage. Cette progression du maïs fourrage est particulièrement marquée dans les années 1980, puis dans les années 1990 en Normandie et dans les Ardennes, en relation avec l'intensification de la production laitière et le développement d'ateliers d'engraissement de jeunes bovins.

L'évolution de la localisation des surfaces en luzerne apparaît particulièrement emblématique du déclin des exploitations de polyculture élevage dans le bassin de la Seine (Schott *et al.*, 2010). En 1970, la luzerne est présente sur l'ensemble du territoire, et en général autoconsommée par le bétail dans les exploitations où elle est cultivée, avec des surfaces pouvant atteindre par endroit 10 à 15% de la SAU (Figure 6). Trente ans plus tard, ses surfaces ont chuté de 74% et ne représentent plus qu'1,5% de la SAU du bassin. La luzerne s'est progressivement concentrée en Champagne crayeuse dont les sols

calcaires à forte réserve hydrique sont favorables à une production élevée, encourageant l'implantation d'usines de déshydratation produisant des bouchons qui sont incorporés dans les aliments du bétail vendus aux éleveurs des régions spécialisées en élevage. Cette production décline à son tour dans les années 2000 en relation avec la hausse du prix de l'énergie, la baisse du soutien européen et la concurrence du tourteau de soja venu du continent américain.

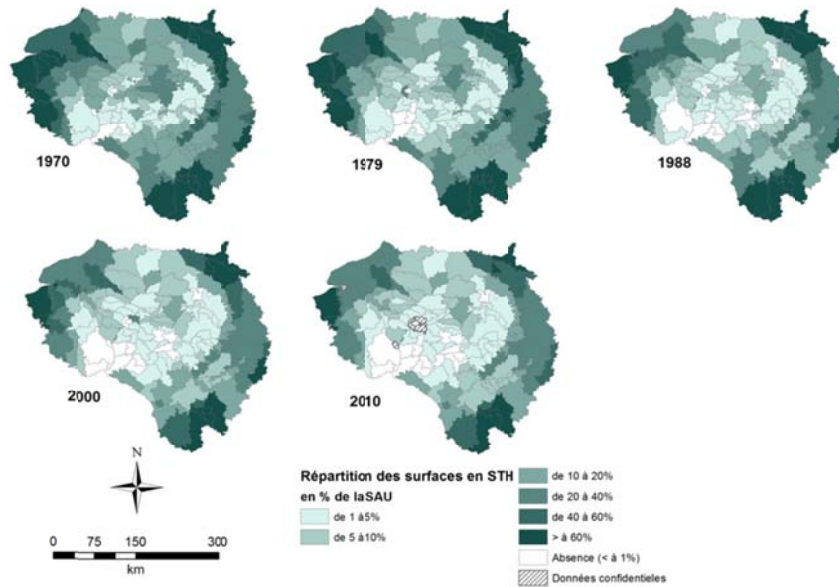


Figure 4 : Evolution des surfaces en prairies permanentes entre 1970 et 2010 (Source : Recensements agricoles⁴)

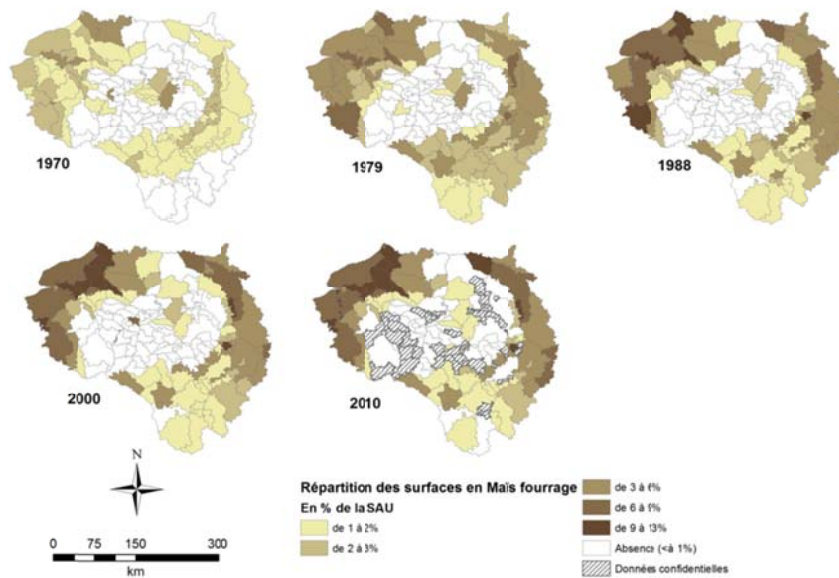


Figure 5 : Evolution des surfaces en maïs fourrage entre 1970 et 2010 (Source : Recensements agricoles)

A l'inverse des prairies, le blé tendre est présent sur l'ensemble du bassin suivant un gradient croissant de la périphérie vers le centre (Figure 7). En 2000, seules les régions du Morvan, des Ardennes et le

⁴ Les informations du RA 2010, obtenues à partir du site d'accès aux données en ligne du Ministère de l'Agriculture (DISAR) sont confidentielles sur certaines PRA.

Pays d'Auge de Basse-Normandie gardent des surfaces en blé inférieures à 15% de leur SAU, alors qu'elles sont supérieures à 35% sur plus de la moitié du bassin jusqu'à atteindre 45% ou plus en Beauce et dans certaines régions agricoles de l'Oise et de Seine-et-Marne. En relation avec la spécialisation des régions de culture, les surfaces en colza, en pois protéagineux et, dans une moindre mesure, en tournesol se développent de manière parfois spectaculaire à partir des années 1980, au détriment des céréales secondaires (orge, seigle, avoine), du maïs grain et de la luzerne. Le colza s'étend d'abord aux régions périphériques de l'est du bassin où ses surfaces sont multipliées par 3 en 30 ans, puis dans certaines régions céréalières du centre et de l'ouest du bassin. Dans les années 2000, profitant de la diminution des surfaces en pois protéagineux, le colza devient la principale culture tête de rotation dans la plupart des régions agricoles du bassin de la Seine.

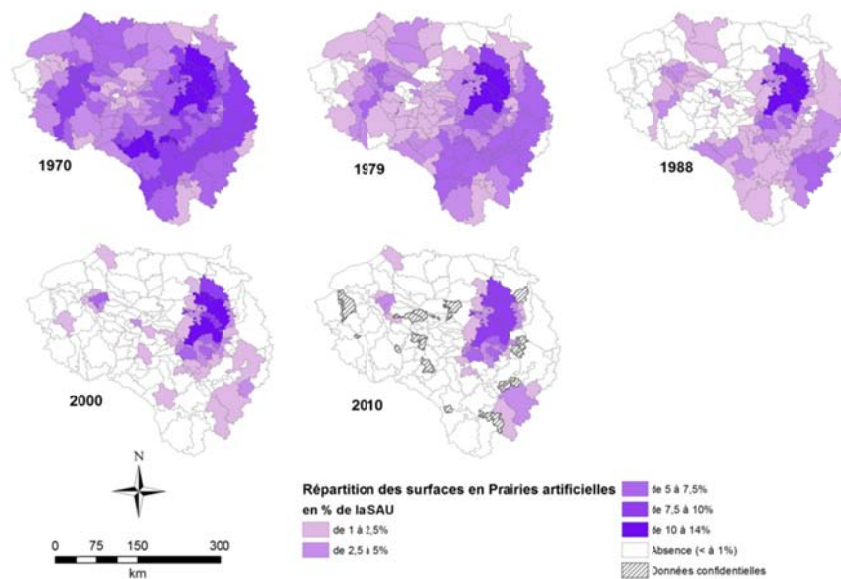


Figure 6 : Evolution des surfaces en prairies artificielles (luzerne) entre 1970 et 2010. (Source : Recensements agricoles)

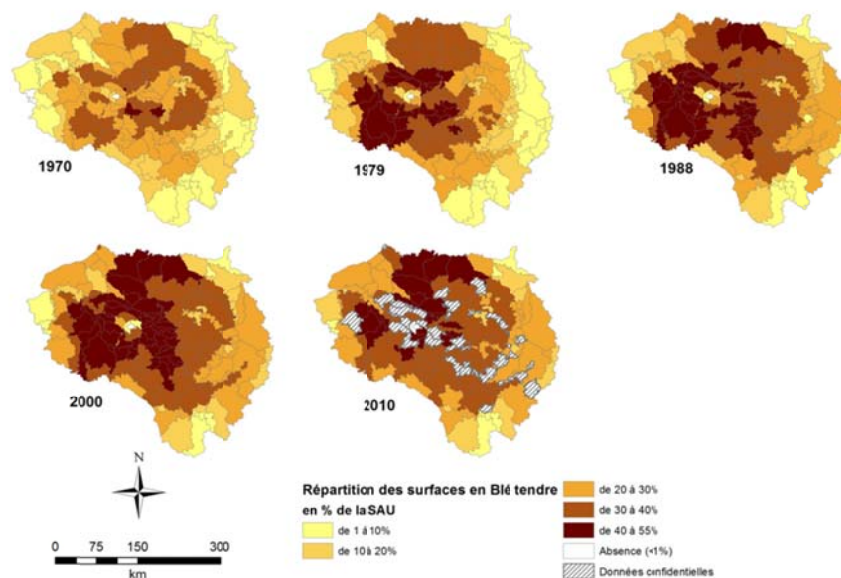


Figure 7 : Evolution des surfaces en blé entre 1970 et 2010 (Source : Recensements agricoles)

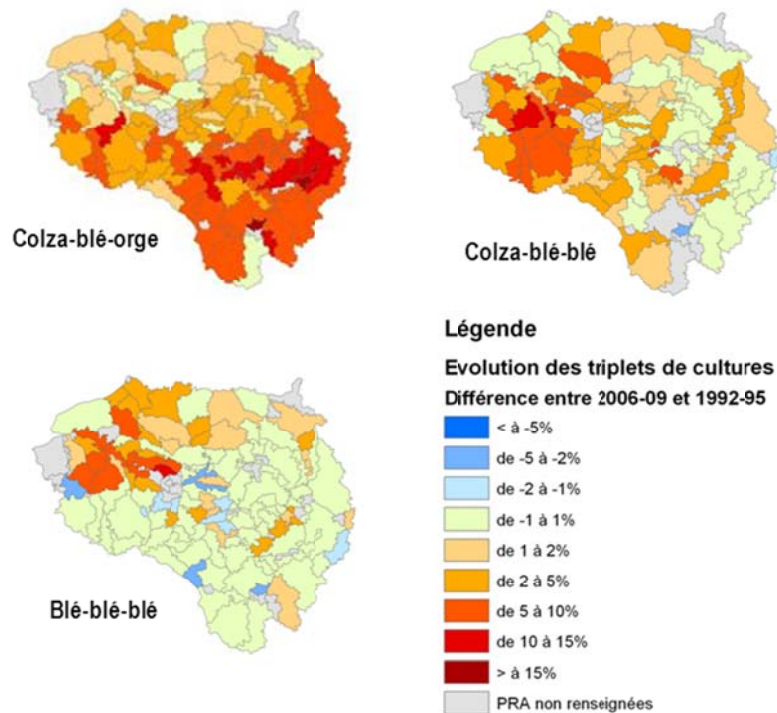


Figure 9 : Evolution de la proportion de 3 triplets de cultures dans les terres labourables du bassin de la Seine entre les périodes 1992-1995 et 2006-2009 (Source : enquête Teruti)

Des évolutions permises par un usage accru des intrants de synthèse

La spécialisation des systèmes de production et des assolements ainsi que la simplification des successions de cultures ont été rendus possibles grâce à une forte évolution des itinéraires techniques de conduite des cultures, et en particulier par l'augmentation constante de l'usage des intrants de synthèse. Dans les régions de grande culture, l'absence d'effluents d'élevage et la disparition des protéagineux entraînent un besoin accru d'engrais azoté. D'après une enquête de grande ampleur conduite auprès d'une centaine d'experts de l'agriculture dans le bassin de la Seine, nous avons montré que sur la culture du blé, la dose totale d'azote apportée ne cesse de s'accroître depuis les années 1970. Cet accroissement s'accompagne à partir de la fin des années 1970 d'une systématisation des traitements fongicides et des régulateurs de croissance, dans le cadre de ce que l'on a appelé à l'époque la « conduite intensive du blé ». Celle-ci associe semis très précoces, densités fortes et alimentation azotée soutenue qui favorisent l'obtention de rendements élevés, mais aussi le développement des populations de parasites, d'adventices, ainsi que la verse (Meynard et Girardin, 1992 ; Mignolet *et al.*, 2004). D'une manière générale, les intrants, et en particulier les pesticides, acquièrent, dans les dernières décennies du XX^{ème} siècle, un statut d'assurance contre le risque. Du fait de la systématisation des traitements régulateurs de croissance et de la sélection de variétés très résistantes à la verse, la crainte de la verse s'atténue, et un garde-fou vis-à-vis des excès de fertilisation azotée disparaît. A partir des années 1990, les apports d'engrais azoté sont de plus en plus fractionnés, passant de deux apports dans les années 1970 à trois voire quatre dans la plupart des régions agricoles du bassin (Figure 10).

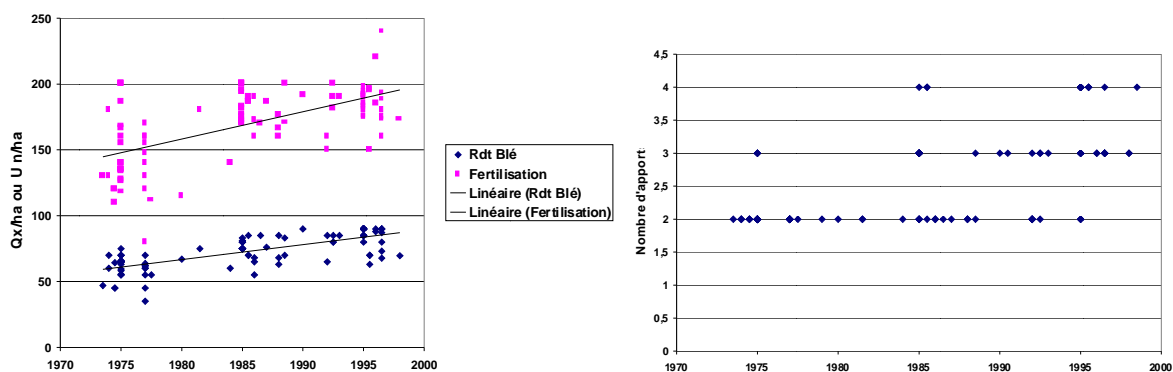


Figure 10 : Evolution de la quantité d'azote minérale apportée, du rendement et du nombre d'apports d'azote sur blé entre 1970 et 2000 (Source : enquête à dire d'experts ; Mignolet *et al.*, Agronomie, 2004)

Plus que la fertilisation azotée minérale, les pesticides sont devenus les pivots des systèmes de culture (Meynard et Girardin, 1992). Les rotations courtes, dominées par un petit nombre d'espèces dont la concentration s'accroît dans les territoires, sont dépendantes de l'usage des pesticides qui permettent de maîtriser les populations de parasites, ravageurs et adventices. Les résultats de l'enquête «Pratiques culturales » de 1994, 2001 et 2006 permettent de l'illustrer. Sur blé, Guichard (2010) montre que les blés sur blé reçoivent plus de traitements phytosanitaires que les blés assolés. Sur colza, l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) herbicides est inférieur à 1,5 dans les systèmes en rotation longue avec colza labouré, alors que les systèmes associant rotations courtes et colza non labouré ont un IFT herbicides de plus de 2 (Schmidt *et al.*, 2010). La Figure 11 montre, pour le bassin de la Seine, l'évolution du nombre de traitements herbicides effectués sur colza : entre 1994 et 2001, ce nombre augmente parallèlement à la progression de la fréquence du colza puis l'augmentation du nombre de traitements se concentre sur la frange Est, où la culture du colza est la plus répandue, et où la succession courte colza-blé-orge a le plus progressé. Schott *et al.* (2010) confirment qu'il existe une corrélation positive significative, sur l'ensemble des régions agricoles du bassin de la Seine, entre le pourcentage de colza dans la SAU d'une région et le nombre moyen de traitements herbicides effectués sur colza dans la même région ($R^2 = 0.52$, sur 22 petites régions). Des relations analogues sont également observées pour le nombre de traitements insecticides et pour le nombre total de traitements phytosanitaires sur colza (Schott *et al.*, 2010).

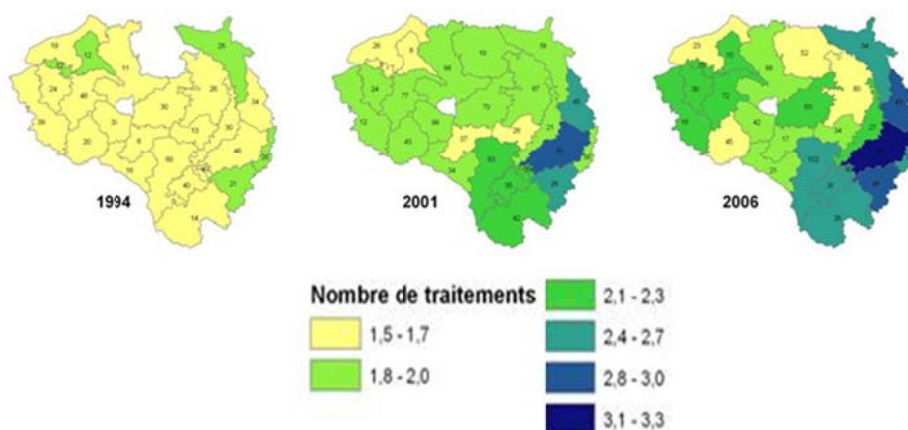


Figure 11 : Evolution du nombre de traitements herbicides sur colza d'hiver entre 1994 et 2006 (Source : enquête Pratiques culturales sur grandes cultures, 1994, 2001 et 2006 ; Schott *et al.*, OCL 2010)

Conséquences environnementales de la spécialisation des régions agricoles du bassin de la Seine

La spécialisation des régions agricoles du bassin, qui s'accompagne d'une simplification des assolements et des successions culturales et d'un usage accru des intrants de synthèse, est à l'origine de différents problèmes écologiques. Les mutations profondes et rapides de l'agriculture au cours des 40 dernières années ont abouti à l'uniformisation des paysages du bassin de la Seine, favorisée par de vastes opérations de remembrement souvent associées à des opérations d'aménagements hydrauliques de grande ampleur (Schott et Billen, 2012). Les zones humides drainées ont ainsi vu leur surface multipliée par 4 en 30 ans, passant de 3% de la SAU du bassin en 1970 à 12% en 2000. Le remplacement des prairies par des cultures annuelles et l'agrandissement des parcelles agricoles ont entraîné une perte de biodiversité liée à la diminution de l'hétérogénéité des mosaïques paysagères et à la réduction de la diversité et de la connectivité des habitats.

Par ailleurs, l'augmentation de l'usage des intrants de synthèse, engrais minéraux et pesticides, a provoqué la contamination des ressources en eau souterraines et superficielles du bassin, qui s'est aggravée dans la quasi-totalité des rivières et des masses d'eau, atteignant parfois des seuils critiques dans les régions spécialisées en grande culture (Schott *et al.*, 2009). Les mesures des concentrations en nitrate réalisées par l'Observatoire National de la Qualité des Eaux Souterraines (ONQES) sur 6500 points dans les trois grands aquifères du bassin (Craie, Eocène et Oligocène) montrent une progression régulière de ces concentrations, s'élevant en moyenne à 0,64 mg/l/an sur près de 30 ans (Figure 12) (Viennot *et al.*, 2009). La quasi-totalité des rivières du bassin apparaissent contaminées par le nitrate : depuis 1985, un tiers des stations de suivi de rivières sont passées d'une qualité « passable » au regard de ce critère à une qualité « mauvaise ». De surcroît, les suivis de la qualité des eaux de surface montrent une contamination récurrente par les pesticides sur l'ensemble du territoire du bassin (Blanchoud *et al.*, 2011) : en 2006, plus d'un tiers des points de mesures montrent des concentrations en pesticides supérieures aux normes de qualité pour l'alimentation en eau potable (Schott *et al.*, 2009). La rémanence de certains produits, tels que l'atrazine, explique également la contamination des eaux souterraines malgré leur interdiction depuis plusieurs années, conduisant à l'abandon des captages les plus contaminés.

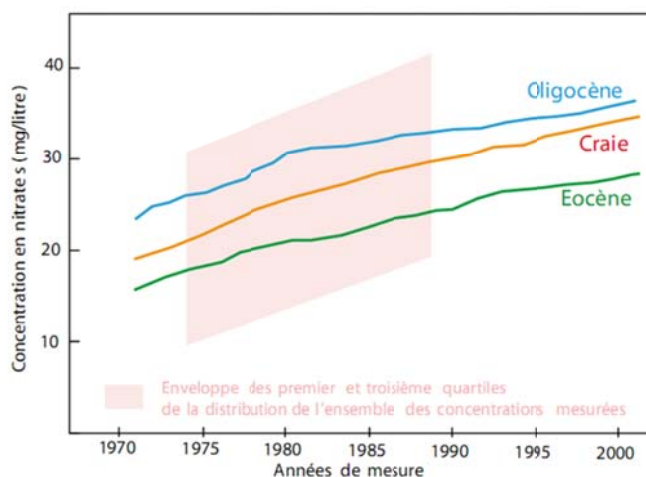


Figure 12 : Evolution annuelle de la médiane des concentrations en nitrate dans les captages du bassin de la Seine (Source : ONQES ; Viennot *et al.*, 2009)

Cette dégradation de la qualité des ressources en eau du bassin de la Seine, engagée ces dernières décennies, restera marquée pour longtemps. La modélisation de la dynamique de pollution des formations aquifères par le nitrate, basée sur l'association du modèle de culture STICS et du modèle

hydrogéologique MODCOU et sur la reconstitution de l'évolution des systèmes de culture à l'échelle des PRA (Ledoux *et al.*, 2007), montre que les nombreuses inerties du système hydrologique (inertie de la zone non saturée, temps de transfert vers les aquifères très longs couvrant parfois plusieurs décennies et inertie propre des aquifères) limitent à court et moyen termes l'efficacité de toute forme de changement de pratique agricole. Même la simulation du scénario extrême basé sur l'arrêt complet du recours aux engrais minéraux azotés sur le bassin ne permet de retrouver de faibles concentrations en nitrate qu'au bout de plusieurs décennies (Figure 13). De la même façon, d'autres travaux de modélisation montrent qu'il faudra attendre une cinquantaine d'années après l'interdiction de l'atrazine pour qu'elle disparaisse des eaux souterraines des grands aquifères du bassin (Schott et Billen, 2012).

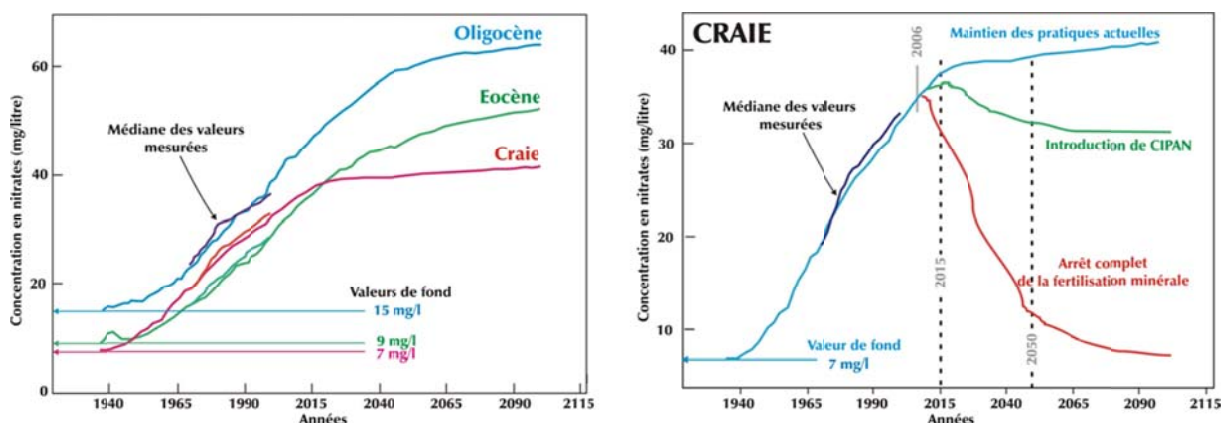


Figure 13 : Modélisation de la contamination des aquifères du bassin de la Seine par le nitrate. (Source : Viennot *et al.*, 2009)

Figure de gauche : Comparaison des résultats fournis par le modèle STICS-MODCOU et des valeurs observées *in situ* pour la médiane des concentrations en nitrate dans les formations aquifères de l'Oligocène, de l'Eocène et de la Craie (les prédictions pour les années futures correspondent à un maintien des pratiques agricoles des dix dernières années associées à la météorologie de ces mêmes années) – Figure de droite : Evolution comparée de la médiane des concentrations calculées pour 3 scénarios différents

Conclusion

Les changements des systèmes de production et des modes d'usage des sols du bassin de la Seine ont abouti à la spécialisation de territoires orientés vers la production de grandes cultures dans une large partie centrale du bassin et au recul massif des activités d'élevage cantonnées dans ses périphéries, associées ou non à de la polyculture. Ces transformations ont eu des impacts majeurs sur l'environnement, en particulier sur les ressources hydriques dont les contaminations par le nitrate et les pesticides vont en s'aggravant. Depuis une dizaine d'années, la prise de conscience de l'impasse à laquelle conduit cette agriculture spécialisée et intensive débouche sur une évolution sensible des politiques publiques : l'éco-conditionnalité des aides de la Politique Agricole Commune (PAC), le plan Ecophyto 2018 entériné par le Grenelle de l'Environnement, la réorientation depuis 2010 d'une partie des aides du premier pilier de la PAC vers les systèmes d'élevage herbagers, vont dans le sens d'une meilleure prise en compte des préoccupations environnementales. Pour autant, ce sont des transformations radicales des façons de produire qu'il faudrait pouvoir impulser, à l'opposé des tendances lourdes qui perdurent.

Parmi ces transformations, la rediversification des cultures, *via* notamment le développement d'activités d'élevage dans les zones de grande culture, favoriserait le recyclage local d'éléments fertilisants, en renouant avec la complémentarité entre l'animal et le végétal, et l'expansion de cultures favorables à l'environnement telles que les légumineuses, permettant de réduire les consommations d'intrants extérieurs (engrais azotés, protéines végétales pour l'alimentation des animaux). Diversifier les cultures

dans les successions et les paysages permettrait également de réduire l'emploi des pesticides et ainsi d'améliorer l'état des écosystèmes. Toutefois, cette diversification se heurte aux dynamiques de filières, qui poussent à la simplification des systèmes de production (Farès *et al.*, 2012). La disparition des infrastructures de collecte laitière dans les zones où s'est établie la domination des grandes cultures constitue un obstacle majeur à une rediversification vers la polyculture-élevage. A moyen terme, la suppression des quotas laitiers devrait conduire à une accélération du processus de concentration de l'élevage dans les régions les plus compétitives, ce qui permettra encore de réduire les coûts de collecte (Daniel *et al.*, 2008). Les systèmes de production actuels et leur localisation s'avèrent totalement cohérents avec l'organisation des filières amont et aval en place et avec les systèmes de diffusion des conseils technico-économiques aux agriculteurs. On est dans un cas typique de « verrouillage technologique⁵ » autour de ces systèmes agricoles spécialisés et intensifs en intrants (Vanloqueren et Baret, 2009 ; Lamine *et al.*, 2010). La forte cohérence du système socio-technique qui produit ce verrouillage est le résultat de la remarquable réponse du monde agricole à l'injonction d'accroissement de la production de céréales, et d'accroissement de la compétitivité internationale de l'agriculture.

Proposer des systèmes de production alternatifs qui ne soient pas qu'une adaptation à la marge des systèmes dominants actuels nécessite d'une part de comprendre les processus de verrouillage qui confortent les systèmes actuels et d'autre part de contribuer à légitimer des systèmes innovants d'un point de vue scientifique et pratique (Vanloqueren et Baret, 2009). Plusieurs dispositifs de recherche sont développés dans ces deux perspectives. Concernant la première, les Zones Ateliers telles que le PIREN-Seine⁶, dont l'objectif général vise à comprendre les relations entre transformations des activités humaines – et parmi elles les activités agricoles – et processus écologiques, associent sciences biotechniques et écologiques et sciences humaines pour analyser les interactions « humain – environnement » et les conditions de leurs changements à l'échelle de territoires, *via* notamment des moyens d'observations et de modélisation. Les Observatoires des activités et des pratiques agricoles dans les territoires (Benoit, 2007 ; Benoit *et al.*, 2009 ; Le Ber *et al.*, 2011) constituent également des dispositifs pertinents pour accompagner l'ensemble des acteurs concernés par le développement durable d'un territoire, en permettant l'élaboration d'un cadre de connaissances et d'informations commun sur les relations activités – ressources de ce territoire. Ce cadre commun est un outil mobilisé par les acteurs pour produire une plus grande intelligibilité collective des situations complexes auxquelles ils sont confrontés, facilitant et enrichissant leur réflexion sur l'évolution des systèmes de production et la réorganisation de leur territoire.

Pour la seconde perspective, ce sont des dispositifs d'expérimentations pluriannuelles de nouveaux systèmes de production agricoles qui sont mobilisés : l'expérimentation système, placée à l'échelle du système de production voire du paysage, vise à concevoir et tester des systèmes agricoles cohérents, ainsi qu'à les évaluer au regard de multiples critères (environnementaux, économiques et sociaux). Parmi les différentes formes d'expérimentation système⁷, l'approche fondée sur la conception de systèmes agricoles « pas à pas » en fonction des fluctuations de contexte (climat, marchés...) et de l'évolution des connaissances des expérimentateurs, est particulièrement adaptée pour formaliser la construction progressive de nouveaux systèmes de production, autonomes en intrants, à partir de systèmes initiaux recourant à des intrants extérieurs (Coquil *et al.*, 2009 ; Meynard, 2008). Différentes

⁵ Le concept de verrouillage technologique traduit une situation dans laquelle une technologie A peut être adoptée de façon durable voire irréversible au détriment d'une technologie B, et ce même si la technologie B apparaît, *ex-post*, comme étant la plus efficace (Labarthe, 2010).

⁶ Programme Interdisciplinaire de Recherche en ENvironnement sur le bassin de la Seine. C'est dans ce programme que les travaux présentés dans cet article ont été conduits.

⁷ Le dernier numéro d'INRA Magazine (n°22, octobre 2012) consacre son dossier à ce concept d'expérimentation.

expériences centrées sur la conception de systèmes de production articulant étroitement cultures et élevage, valorisant les ressources du territoire et favorisant l'autonomie en intrants (Coquil *et al.*, 2011) ou sur la conception de systèmes de production de grandes cultures basés sur des rotations culturales diversifiées (Mischler *et al.*, 2009 ; Schneider *et al.*, 2010) montrent que la rediversification des productions agricoles dans les exploitations peut être intéressante tant au plan économique qu'environnemental. Les connaissances et ressources produites à partir de telles expériences, associées à la compréhension des dynamiques agricoles en cours et des conditions de leurs changements, doivent contribuer à impulser et à accompagner les nécessaires transformations de l'agriculture.

Références bibliographiques

AGRESTE, 1997. Orientations technico-économiques : classification révisée des exploitations agricoles françaises. Agreste Cahiers 22-23, 182 p.

Benoît M., 2007. Prairies et qualité des eaux : mesures parcellaires, assolement, et observatoires des pratiques. Fourrages 189, 33-50.

Benoît M. (Coord.) et al., 2009. Conception d'Observatoires de Pratiques Territorialisées. Rapport final. ANR-ADD COPT. 30 pages + annexes.

Blanchoud H., Barriuso E., Chevreuil M., Guery B., Moreau-Guigon E., Schott C., Théry S., Tournebize J., 2011. Les pesticides dans le bassin versant de la Seine : Comprendre les origines et le transfert des pesticides pour en évaluer l'impact sur l'homme et l'environnement. Fascicule Agence de l'eau Seine Normandie du programme PIREN Seine, 67p. <http://www.sisyphe.upmc.fr/piren/book/1333>

Coquil X., Blouet A., Fiorelli J.L., Bazard C., Trommenschlager J.-M., 2009. Conception de systèmes laitiers en agriculture biologique : une entrée agronomique. Productions Animales 22, 221-234.

Coquil X., Fiorelli J.L., Blouet A., Trommenschlager J.M., Bazard C., Mignolet C., 2011. Conception de systèmes de polyculture élevage laitiers en agriculture biologique : Synthèse de la démarche pas à pas centrée sur le dispositif expérimental INRA ASTER-Mirecourt. In: Rencontre Recherches Ruminants. 6 et 7 décembre 2011, Paris, 57-60.

Daniel K., Chatellier V. Chevassus-Lozza E., 2008, Localisation des productions agricoles dans l'UE. L'enjeu de l'évolution des politiques agricole et commerciale. Chambres d'Agriculture 969, 24-27

Fares M., Magrini M-B., Triboulet P., 2012. Transition agro-écologique, innovation et effets de verrouillage: le rôle de la structure organisationnelle des filières. Le cas de la filière blé dur française. Cahiers d'Agricultures 21(1), 34-45.

Guichard L., 2010. Caractérisation des pratiques de protection des cultures et de leur évolution : Méthodologie de diagnostic et propositions visant à améliorer l'impact environnemental des systèmes de culture et d'élevage. Rapport d'étude, INRA, UMR d'Agronomie, 14 pages.

Labarthe P., 2010. Services immatériels et verrouillage technologique. Le cas du conseil technique aux agriculteurs, Economies et Sociétés 44, 173-96.

Lamine C., Meynard J.M., Bui S., Messéan A., 2010. Réductions d'intrants : des changements techniques, et après ? Effets de verrouillage et voies d'évolution à l'échelle du système agro-alimentaire. Innovations Agronomiques 8, 121-134

Le Ber F., Nogry S., Brassac C., Benoît M., 2011. Capitalisation d'expériences pour la mise en place d'observatoires de pratiques agricoles. Une approche fondée sur l'exploitation de narrations. Revue Internationale de Géomatique 21 (1), 101-120.

Ledoux E., Gomez E., Monget J.M., Viavattene C., Viennot P., Ducharme A., Benoît M., Mignolet C., Schott C., Mary B., 2007. Agriculture and groundwater nitrate contamination in the Seine basin : The STICS-MODCOU modelling chain. Science of the Total Environment 375 (1-3 (n.sp.) Human activity and material fluxes in a regional river basin: the Seine River watershed - Seine Special Issue), 33-47.

Meynard J.-M., 2008. Produire autrement : réinventer les systèmes de culture. In : Systèmes de culture innovants et durables (Reau R., Doré T., eds). Editions Educagri, pp. 11-27.

- Meynard J.-M., Girardin P., 1992. Produire autrement. *Courrier de la cellule Environnement de L'INRA* 15, 1-19.
- Mignolet, C., 2008. Modélisation de l'organisation spatiale des systèmes agricoles et de son évolution dans des démarches d'appui au développement. Thèse en Agronomie. Paris (FRA) : AgroParisTech : Institut des Sciences et Industries du Vivant de l'Environnement, Paris (FRA) : Ecole Doctorale Agriculture Alimentation Biologie Environnement Santé, 282 p.
- Mignolet C., Schott C., Benoît M., 2004. Spatial dynamics of agricultural practices on a basin territory : a retrospective study to implement models simulating nitrate flow. The case of the Seine basin. *Agronomie* 24, 219-236.
- Mignolet C., Schott C., Benoît M., 2007. Spatial dynamics of farming practices in the Seine basin : Methods for agronomic approaches on a regional scale. *Science of the Total Environment* 375 (1-3 (n.sp.) Human activity and material fluxes in a regional river basin: the Seine River watershed - Seine Special Issue), 13-32.
- Mischler P., Lheureux S., Dumoulin F., Menu P., Sene O., Hopquin J.-P., Cariolle M., Reau R., Munier-Jolain N., Faloya V., Boizard H., Meynard J.-M., 2009. Huit fermes de grande culture engagées en Production Intégrée réduisent les pesticides sans baisse de marge. *Le Courrier de l'Environnement* 57, 73-91.
- Schmidt A., Guichard L., Reau R., 2010. Le colza est très dépendant des pesticides dans les rotations courtes sans labour. *Agreste Synthèses* 121, 7 pages.
http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf_synthese1211008.pdf
- Schneider A., Flénet F., Dumans P., Bonnin E., de Chezelles E., Jeuffroy M.H., Hayer F., Nemecek T., Carrouée B., 2010. Diversifier les rotations céréalières notamment avec du pois et du colza – Données récentes d'expérimentations et d'études. *OCL Oléagineux Corps Gras, Lipides* 17(5), 301-311.
- Schott C., Billen G., 2012. Agriculture et qualité des eaux dans le bassin de la Seine : une résistible dégradation ? *Revue Pour* 213, 45-52.
- Schott C. (Dir.), Mignolet C., Benoît M., 2009. Agriculture du bassin de la Seine : Découvrir l'agriculture du bassin de la Seine pour comprendre les enjeux de la gestion de l'eau. Nanterre (FRA) : Agence de l'Eau Seine-Normandie. 79 p. Programme Piren - Seine, (5). <http://www.sisyphe.upmc.fr/piren/book/978>
- Schott C., Mignolet C., Meynard J.M., 2010. Les oléoprotéagineux dans les systèmes de culture : évolution des assolements et des successions culturales depuis les années 1970 dans le bassin de la Seine. *OCL Oléagineux Corps Gras Lipides* 17 (5), 276-291.
- Vanloqueren G., Baret P., 2009. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agricultural innovations. *Research Policy* 6, 971-983.
- Viennot P. (Dir.), Ledoux E., Monget J.P., Schott C., Garnier C., Beaudoin N., 2009. La pollution du bassin de la Seine par les nitrates : Comprendre l'origine et la migration des nitrates dans l'écosystème pour mieux protéger les aquifères. Nanterre (FRA) : Agence de l'Eau Seine-Normandie. 43 p. Programme Piren - Seine, (3). <http://www.sisyphe.upmc.fr/piren/book/976>