

Contamination des captages d'eau potable d'Auxerre

Juliette Anglade², Gilles Billen^{1*}, Josette Garnier¹

¹ Sorbonne Université/CNRS, UMR Metis

² INRA, UR ASTER Mirecourt

* gilles.billen@upmc.fr

Résumé

Les captages de la Plaine du Saulce, qui alimentent en eau potable la communauté de communes de l'Auxerrois, sont emblématiques des problèmes de contamination posés par les pollutions diffuses d'origine agricole. A une pollution nitrique apparue à la fin des années 80, conséquence de l'intensification des pratiques, se surimpose une pollution plus récente par les pesticides, en particulier, les désherbants du colza.

Dans ce rapport nous proposons un éclairage technique sur l'origine de ces contaminations, et nous explorons diverses pistes de mitigation de cette contamination au travers de scénarios prospectifs, en testant notamment la généralisation de l'agriculture biologique et la reconnexion culture-élevage.

Nous analysons aussi les nouvelles stratégies de concertation territoriale déployées par la Communauté de Communes de l'Auxerrois pour mettre en œuvre une nécessaire transition des systèmes agri-alimentaires.

Points Clefs

- ✓ *Les captages d'eau potable de la Communauté de Communes de l'Auxerrois sont contaminés depuis une vingtaine d'années par le nitrate, plus récemment par les herbicides du colza.*
- ✓ *Seul un changement radical des systèmes agricoles incriminés permettra, à terme, de restaurer une qualité d'eau conforme aux exigences de potabilité.*
- ✓ *De nouvelles stratégies de concertation pour la transition sont expérimentées par la Communauté de l'Auxerrois.*

Introduction

La Communauté de Commune de l'Auxerrois (CCA) assure l'approvisionnement en eau potable de ses 67 000 habitants à partir de cinq captages dans les calcaires du Séquanien, sous-jacents aux petites terres du Plateau de Bourgogne ou aux alluvions de l'Yonne. Deux champs captant assurent actuellement plus de 85% de l'approvisionnement : celui de la Plaine du Saulce et celui de la Plaine des Isles et des Boisseaux. Le captage de la Plaine du Saulce a été classé captage prioritaire au titre du Grenelle, par l'un des premiers arrêtés préfectoraux entré en vigueur, le 27 juin 2011.

Depuis le début du suivi de la qualité des eaux en 1983, on observe dans le captage de la Plaine du Saulce des hausses des teneurs en nitrate, avec dès le début des années 90 des dépassements fréquents de la norme de potabilité de 50 mgNO₃/l et une augmentation régulière de la concentration de base. Pour faire face à cette dégradation de la qualité de l'eau, les collectivités publiques ont fait le choix, avant-gardiste à l'époque, d'une politique préventive concertée, en créant en 1998 l'Association pour la Qualité de l'Eau Potable de la Plaine du Saulce, qui regroupe élus, représentants du monde agricole et consommateurs. Elle a permis

d'initier une dynamique territoriale de concertation et d'échanges, et de porter plusieurs programmes d'actions visant à réduire la contamination nitrique de l'hydrosystème par l'accompagnement des agriculteurs dans l'amélioration de leurs pratiques. Malgré le caractère innovant de certaines de ces actions à l'époque où elles ont été initiées, comme le respect de l'équilibre de fertilisation, la couverture des sols, et un fort taux de contractualisation par les agriculteurs (Epices, 2014), elles ne semblent pas se traduire aujourd'hui par une amélioration significative de la qualité de l'eau aux captages (Figure 1).

Plus récemment, depuis 2016, des analyses du réseau de surveillance de l'Agence de l'eau ont révélé à plusieurs reprises dans les eaux captées à la Plaine du Saulce, une contamination significative par des résidus de CGA diméthachlore et de métazachlore, deux herbicides de la famille des chloroacétanilides. Ces molécules sont utilisées pour le désherbage du colza à l'automne en post-semis pré-levée, en pleine période de risque de lixiviation

Le captage des Boisseaux, qui avait échappé jusqu'ici au dépassement des normes en matière de nitrate (niveau moyen proche de 20 mgNO₃/l) et qui permettait jusqu'à alors d'activer des actions correctives de dilution avec les eaux de la Plaine du Saulce pour fournir une eau conforme aux normes de distribution se trouve également concerné par ces contaminations aux pesticides. Quant aux captages de la Plaine des Isles ils sont fermés depuis la fin de l'année 2015, en raison des teneurs totales en pesticides utilisés comme désherbants (métazachlore, bentazone, diméthénamide) très au-delà de la limite de qualité de 0,1 µg/l, en plus d'une pollution industrielle aux solvants chlorés.

Cette nouvelle contamination par les pesticides s'ajoute à la «problématique nitrate» qui perdure. Si ces contaminations persistent et conduisent à l'interdiction d'exploiter les captages, le recours aux solutions curatives légères basées sur la dilution, déjà mise en place ou en cours de l'être (interconnexion des réseaux, recharge artificielle de la nappe des calcaires par ré-infiltration d'eau de l'Yonne à partir d'une gravière) pourraient ne plus être suffisantes. C'est déjà le cas pour quelques communes isolées qui ne peuvent bénéficier du service de connexion avec les Boisseaux, avec l'obligation réglementaire pour le délégataire de mettre à disposition de l'eau en bouteille en mairie, pour les femmes enceintes et nourrissons lors des dépassements de norme en nitrate. En cas de dépassement des normes en pesticides, l'ARS a prévenu la collectivité en janvier 2018 qu'elle pourrait demander, par précaution, de restreindre la consommation d'eau à l'ensemble de la population. Un traitement lourd de potabilisation, solution que la CCA a toujours voulu éviter, pourrait alors devoir revenir à l'ordre du jour.

Devant l'urgence à conduire des actions de grande ampleur, la CCA a décidé de lancer en 2018 les « Etats généraux de l'Eauxerrois ». visant à réunir et à engager tous les acteurs du territoire concernés par la qualité de l'eau, à savoir : les services de l'état, les élus, et les représentants du milieu agricole, des filières, des associations de consommateurs et de défense de l'environnement, industriels. Il s'agit de proposer à travers un PACTE le socle d'une démarche commune, visant à assurer une cohérence globale de territoire, qui s'étende au-delà des seules limites administratives et hydrogéologiques des Aires d'Alimentation de Captages (AAC) pour faciliter la mise en œuvre des actions et accompagner une transition vers une agriculture durable.

A travers certains de ses membres sollicités pour participer au Comité Scientifique mis en place par la CCA, le PIREN-Seine participe aux réflexions visant à définir les mesures à prendre pour rendre l'agriculture sur ce territoire compatible avec la production d'une eau potable de qualité. Le présent rapport propose une synthèse de l'argumentaire technique sur les relations entre pratiques agricoles et qualité de l'eau, porté à la connaissance des différents acteurs du territoire, au cours de plusieurs réunions techniques (bureaux communautaires) et publiques depuis 2012. Il est largement basé sur le rapport établi par Juliette Anglade pour la CCA (Anglade, 2015) ainsi que sur un article récemment paru dans la revue Fourrages (Anglade et al., 2017), et nous renvoyons les lecteurs à ces documents pour de plus amples informations, notamment en ce qui concerne les approches méthodologiques.

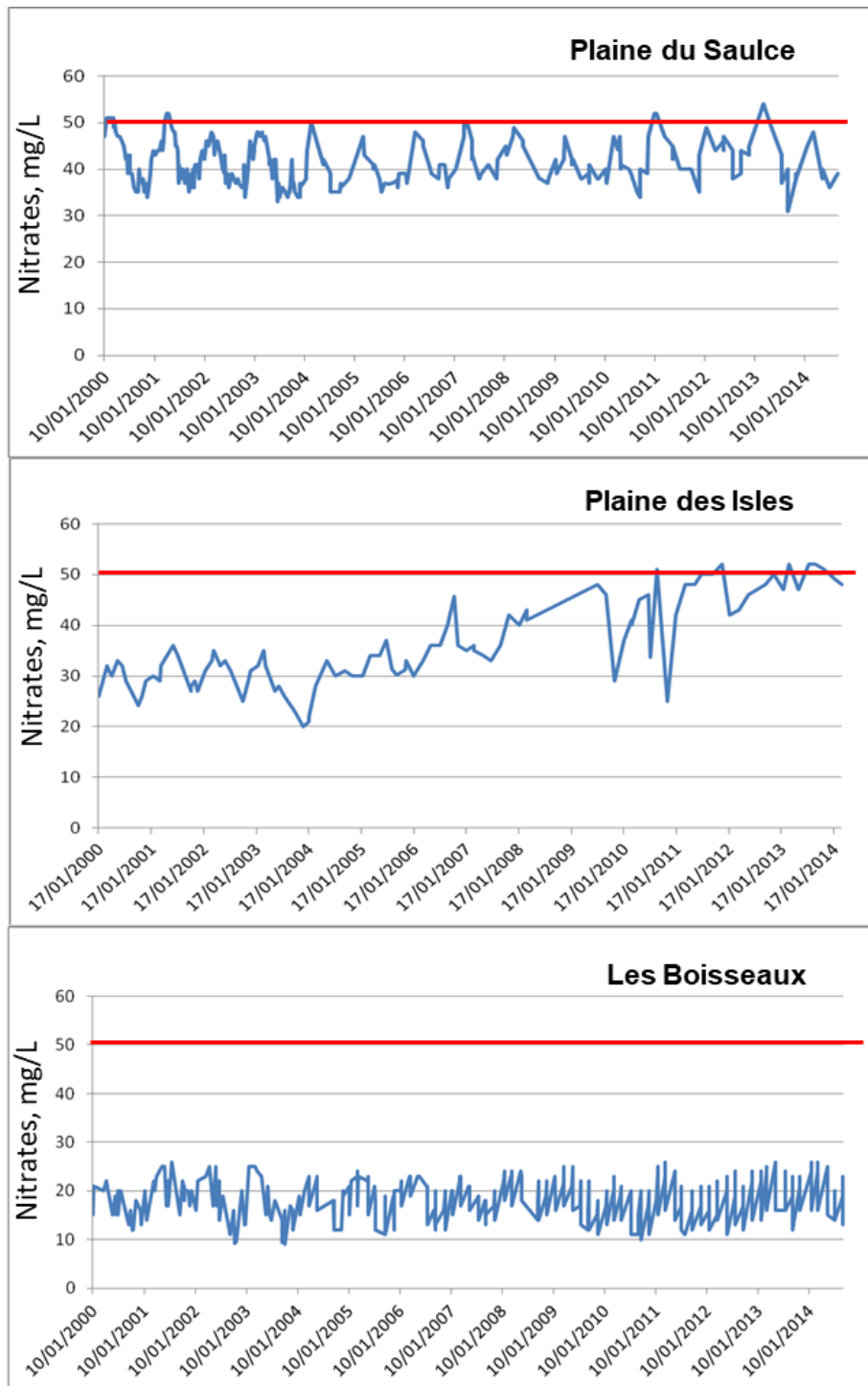


Figure 1. Teneurs en nitrate mesurée par l'ARS dans les 3 champs captant principaux qui alimentent la CA de l'Auxerrois depuis les années 2000.

1. Historique de l’agriculture et de la contamination des eaux souterraines

1.1 Description biogéochimique des agro-systèmes

Une des manières d’analyser l’évolution des pratiques agricoles consiste à décrire son fonctionnement biogéochimique à travers les flux de matière à l’intérieur d’un système agricole donné par le biais d’une comptabilité biogéochimique des flux d’azote. Pour ce faire, nous avons développé une approche conceptuelle (Anglade et al., 2017 ; Anglade, 2015a) qui consiste essentiellement à revisiter le concept de bilan azoté du sol, de pratique courante en agronomie (Figure 2), qui permet à la fois de rendre compte des performances agronomiques au travers des quantités de protéines produites et exportées pour l’alimentation humaine, et de l’efficacité d’utilisation des matières azotées apportées. La différence entre les entrées et les sorties d’azote constitue un surplus qui est bon indicateur des pertes environnementales d’azote, essentiellement sous forme de lixiviation (Oenema et al., 2003; Beek et al., 2003; de Vries et al., 2011; Anglade 2015a) .

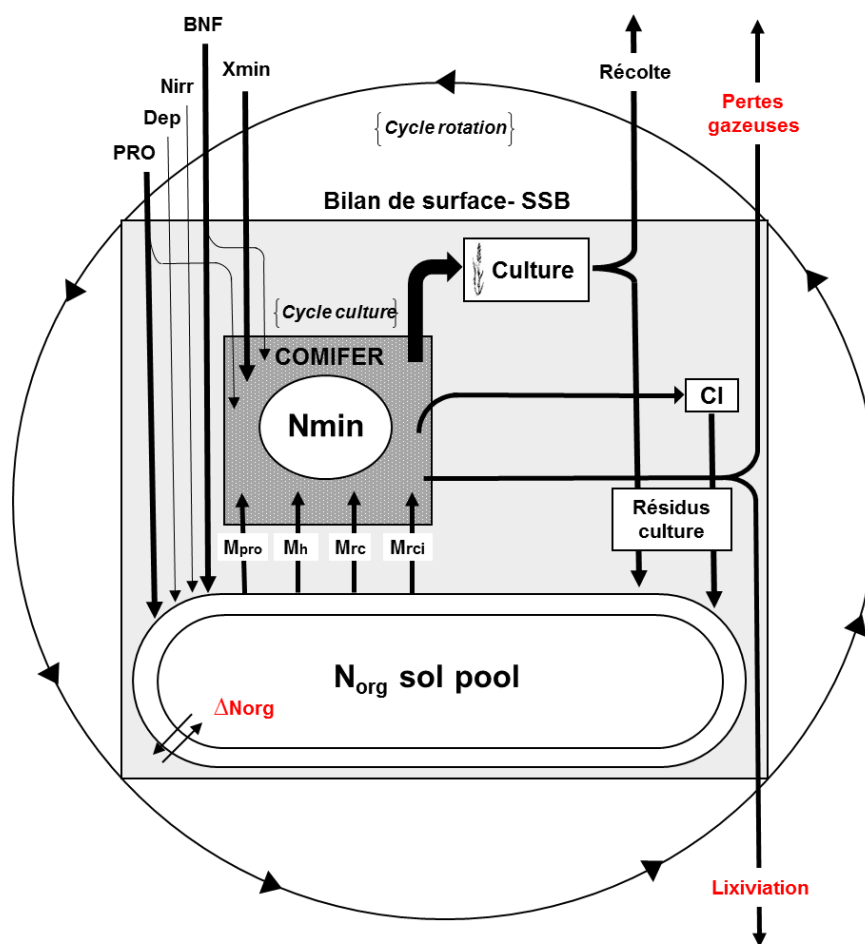


Figure 2. Représentation schématique de l’inscription du bilan d’N minéral par la méthode COMIFER (en gris foncé) dans le bilan d’N des sols « Soil Surface Balance » (en gris clair). Les différentes entrées d’N réactif total au sol du bilan SSB se font par les engrais de synthèse (X_{min}), les produits résiduels organiques (PRO), la fixation symbiotique (BNF), les dépôts atmosphériques (Dep) et l’irrigation (Nirr). Dans le bilan COMIFER, les différentes fournitures d’N minéral à la culture se font par l’apport de fertilisants de synthèse (X_{min}), la minéralisation nette de l’humus du sol (Mh), la minéralisation des résidus de récoltes (Mrc) et de cultures intermédiaires (Mrci) et la minéralisation des produits résiduels organiques (Mpro) (Anglade et al., 2017).

1.2 L’agriculture des années 1955 après la crise du phylloxera

Au XIXe siècle, le système agricole dominant des plateaux de Bourgogne était celui d’une céréaliculture très extensive associée à l’élevage ovin (mérinos). Une part importante du territoire était constituée de communaux et de friches. Mais la viticulture, qui assurait des revenus plus importants, mobilisait une part significative des ressources en fumier pour le vignoble. La crise du phylloxera (1886-1891) changea la donne, après la disparition de 85% du vignoble (Pierre, 2012). La reprise dans l’entre-deux guerres s’est faite alors vers le développement d’exploitations de grandes cultures avec un agrandissement rapide des exploitations rendu possible par le dépeuplement, une certaine diversification avec le développement de la cerise, et le développement de l’élevage laitier.

La figure 3 présente de façon schématique les flux d’azote dans les systèmes de production typiques de cette époque (1955), avant qu’ils ne se spécialisent en grandes cultures sans élevage avec recours massif aux intrants de synthèse. L’élevage d’alors n’est plus dominé par le mouton puisque l’élevage bovin laitier s’est développé, sur un mode cependant très extensif avec une densité d’à peine 0,18 UGB/ha SAU. Les prairies permanentes occupent à peine plus de 10% des surfaces agricoles ; le reste de l’assolement est dominé par des cultures fourragères (prairies temporaires à base de luzerne, chou fourrager), du blé et des céréales secondaires (orge et avoine). Les flux d’azote dans ce système sont faibles et équilibrés, garantissant un surplus minimale d’azote sous les terres labourables, de 5 kg N/ha/an.

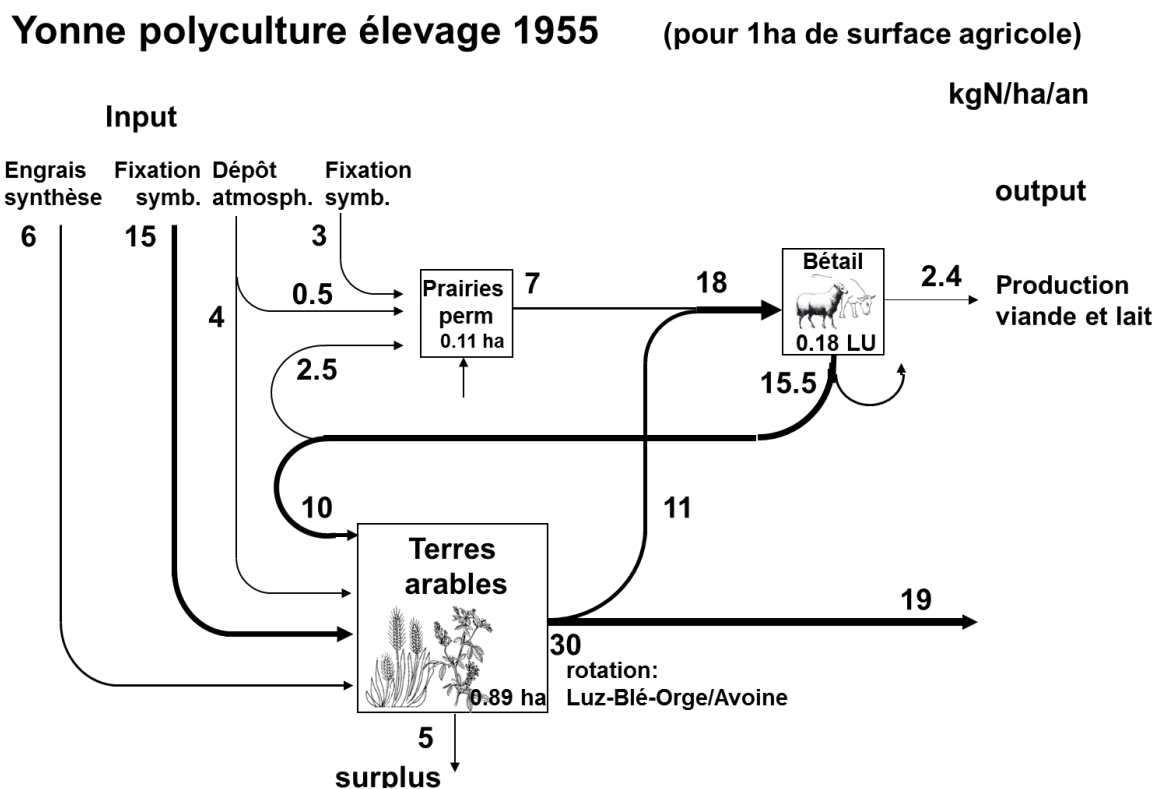


Figure 3. Flux d’azote par ha de SAU dans les territoires des petites terres de Bourgogne vers 1955 (Anglade et al., 2017).

1.3 Le système actuel de grandes cultures sans élevage

Comme partout en France, sous l’impulsion d’une politique volontariste de l’Etat et le développement de l’agro-chimie, les années 1955-1980 ont été marquées par une spécialisation et une ouverture rapide de

l’agriculture (Le Noë et al., 2018). Sur les plateaux de l’Yonne, l’élevage a fortement régressé, et la diversité des cultures s’est considérablement amoindrie. Mises à part les petites exploitations viticoles (sous l’appellation Coulanges-la-Vineuse) ou arboricoles (cerise de bouche), la majorité des exploitations sont maintenant de Grande Culture, avec un assolement principalement composé de colza, blé, et orge d’hiver (Co, B, Oh). Le recours à la fertilisation minérale est totalement dominant dans les apports d’azote (Figure 4).

Le désherbage chimique est la règle pour maîtriser l’enherbement, qui est d’ailleurs d’autant plus important que les quantités d’azote épandues sont élevées, la fertilisation bénéficiant tout autant à la culture principale qu’aux adventices. La faible diversité de ces rotations culturales, entraîne également une sensibilité accrue aux maladies et aux ravageurs, ce qui nécessite bien souvent l’usage d’un cortège de pesticides, pour maximiser le potentiel de rendement des cultures. Il est à noter qu’en dépit de l’usage de ces moyens d’artificialisation et de contrôle des pressions sur les cultures, les rendements céréaliers sont relativement faibles sur la majorité des sols superficiels argilo-calcaires de la Plaine du Saulce, de l’ordre de 60 qx pour le blé d’hiver.

Plateau de Bourgogne (Yonne) situation actuelle: Gde Culture spécialisée chimique (pour 1ha de surface agricole)

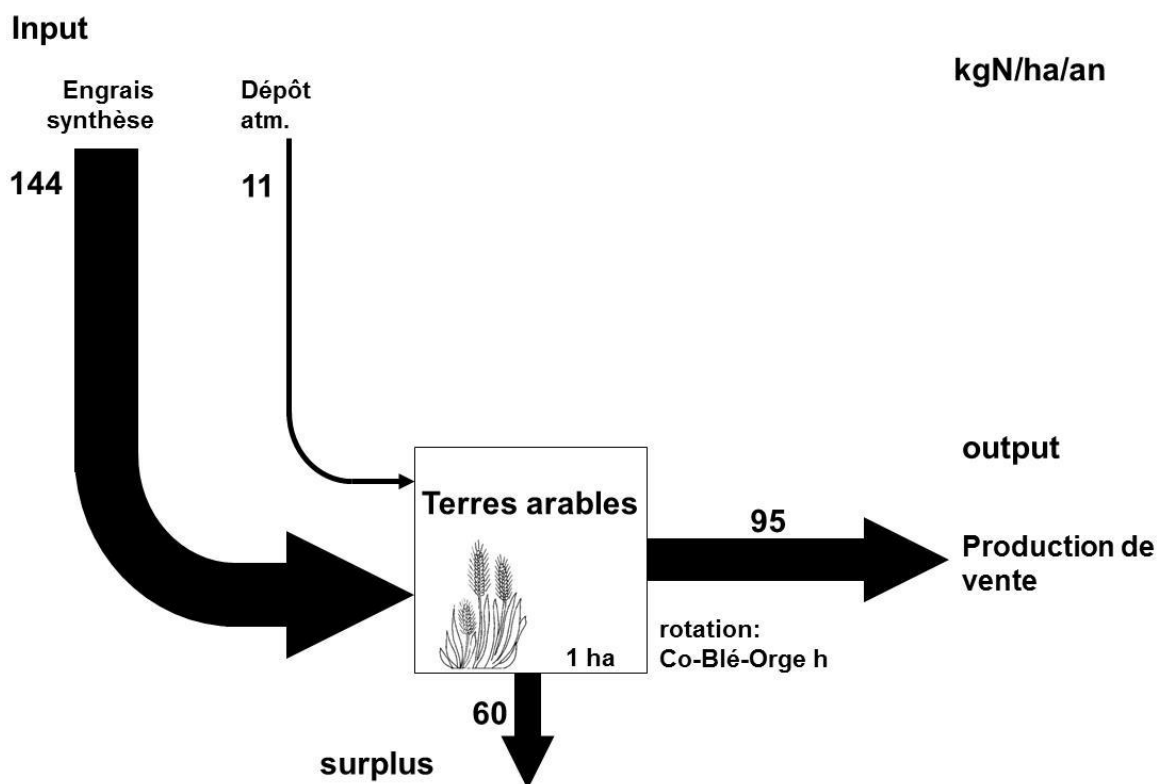


Figure 4. Flux d’azote par ha de SAU dans les territoires des petites terres de Bourgogne actuels (Anglade et al., 2017).

Typiquement, ce mode d’agriculture est très fortement sujet aux pertes environnementales d’azote et de pesticides, d’autant plus que les sols ont un caractère très filtrant (petites terres de Bourgogne).

1.4 Latence de la contamination nitrique et datation de l'eau

A partir des statistiques agricoles (Agreste) il est possible d'évaluer la chronique depuis 1955 du surplus azoté de l'ensemble de l'assolement départemental de l'Yonne (Figure 5). Traduite en termes de concentrations des eaux sous-racinares produites sur le territoire, en considérant une lixiviation de 70 % du surplus, cette chronique peut alors être confrontée à celle de la contamination nitrique des eaux du captage de la Plaine du Saulce. Un décalage d'une vingtaine d'année apparaît entre ces deux chroniques. Ce délai correspond très bien à l'âge moyen des eaux du captage (25 ans \pm 3 ans) évalué par la mesure des gaz fréons dissous dans l'eau ; en effet les eaux souterraines conservent la signature de la composition de l'atmosphère d'avant l'interdiction de ces gaz fréons (Vergnaud-Ayraud et al., 2008; Anglade 2015a).

Il résulte de cette analyse que, en ce qui concerne la pollution de fond de l'eau des captages, les effets des actions menées sur les pratiques agricoles ne pourront se manifester pleinement, que dans un délai de l'ordre de deux décennies. Notons que les datations ont également retrouvé, en période de hautes eaux notamment, les traces d'un mélange avec des eaux plus récentes (moins de 5 ans), qui pourrait à la fois résulter d'une communication avec la nappe alluvionnaire de l'Yonne, et/ou de communications de type karstiques encore mal déterminées. Ainsi, si la contamination de fond est le reflet de pratiques culturales passées, des contaminations ponctuelles -notamment en pesticides- peuvent être liées à des pratiques plus récentes.

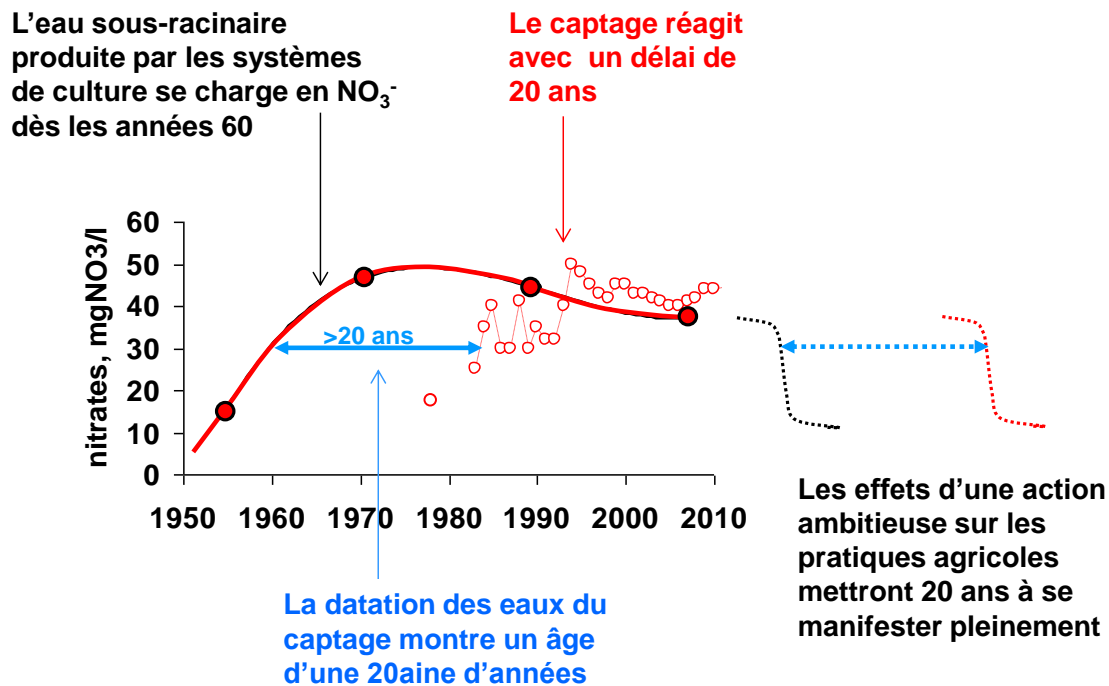


Figure 5. Chronologie de l'accroissement des concentrations nitriques sous-racinares et de la contamination du captage de la Plaine du Saulce, mettant en évidence l'inertie du système. (Anglade 2015).

2. Analyse des pertes nitriques des systèmes de culture conventionnels et alternatifs

2.1 Surplus azotés générés par les rotations

Deux rotations « types » concernent l'essentiel des exploitations de grandes cultures des plateaux (sols argilo-calcaires superficiels) de l'Auxerrois (Chapotin, 2010) : Co-B-Oh et Co-B-B-Oh. Il est possible d'évaluer le surplus auquel donnent lieu ces rotations -dites de référence- en se reportant aux pratiques

réelles enregistrées chez les agriculteurs (rendements et doses d’azote moyennes apportées) entre 2006 et 2010. Les surplus moyens sont de l’ordre de 70 kg N/ha/an ce qui, en l’absence de Cultures Intermédiaires Pièges à N (CIPAN), donne lieu à une lixiviation de 56 kg N/ha/an, soit des concentrations sous-racinaires d’environ 100 mg NO₃/l, deux fois supérieures à la valeur limite de 50 mg NO₃/l pour une lame drainante de 225 mm/an (Figure 6).

L’application à ces rotations des préconisations d’équilibre de fertilisation du COMIFER, également inscrites dans l’arrêté préfectoral « captage Grenelle » en vigueur depuis 2011, pour les rendements effectivement observés, conduit à un surplus à peine inférieur, autour de 60 kg N/ha/an, montrant que l’agriculture pratiquée sur la zone est déjà raisonnée, sans que pour autant les flux sous-racinaires ne soient compatibles avec la norme de potabilité. Notons que l’abaissement des objectifs de rendement à 40 q/ha pour le blé (soit 20 q/ha de moins par rapport aux pratiques réelles) permettrait le respect de la norme de potabilité, sans autre modification dans la rotation, grâce à une meilleure efficacité d’utilisation de l’azote à bas niveau d’intrants (loi des rendements décroissants).

Le programme d’actions de l’arrêté préfectoral « captage Grenelle » préconise également l’allongement des rotations culturales à au moins 5 ans, en intégrant au moins 4 cultures différentes, l’une d’entre-elles étant choisie moins exigeante en intrants. Nous évaluons le potentiel d’introduction du chanvre, du tournesol ou du pois (X) dans une rotation de type Co-B-X-B-Oh, pour réduire la lixiviation, en considérant une fertilisation minérale optimale. Le calcul des surplus de ces rotations avec les rendements de référence ne montre qu’une amélioration à la marge, avec une diminution d’environ 15% par rapport aux rotations dominantes actuellement (Figure 4). Ces résultats sont très proches de ceux obtenus par Dupas et al. (2015) par simulations à l’aide du modèle biophysique 1-D sol-plante Syst’N (Parnaudeau et al., 2012).

L’allongement de la rotation à 7 ans avec l’introduction de la luzerne (Luz, exportée) dans une rotation de type Luz-Luz-B-Oh-Co-B-Oh, permet d’abaisser le surplus à 40 kg N/h/an. Bien que les apports par engrais de synthèse soient diminués de plus de 40%, les apports totaux au sol, qui incluent la fixation symbiotique, sont légèrement supérieurs. Les rendements observés montrent une meilleure efficacité d’utilisation de l’azote (NUE = 75%) et une diminution de surplus.

Cette dernière rotation se rapproche de celles pratiquées en grandes cultures biologiques dans le secteur, avec par exemple, une rotation de 7 ans : Luz-Luz-Blé-Triticale-Lentille-Blé-Sarrasin où la culture de lentille sert de relais azoté après une céréale secondaire. Cette rotation peut se passer totalement d’intrants y compris d’apports organiques azotés exogènes (engrais du commerce, fientes de poules, vinasses ...) qui en raison de leurs coûts élevés entraînent une augmentation conséquente des charges opérationnelles non compensées par un accroissement de rendement suffisant sur les petites terres (faible potentiel).

Lorsque deux coupes de luzerne sur trois sont exportées, la fertilisation totale reste faible (84 kg N/ha/an) et l’efficacité d’utilisation de l’azote est élevée (77%) de sorte que le surplus d’azote est très faible, 18 kg N/ha/an, donnant lieu à une lixiviation estimée à 10 kgN/ha/an (avec CIPAN) à 13 kg N/ha/an (sans CIPAN), soit une lixiviation diminuée de 70% par rapport à la rotation de référence sur le territoire, Co-B-Oh et une concentration sous-racinaire moyenne très en dessous de la valeur guide, égale à 35mg NO₃/l (Figure 6).

Il est assez habituel, en grandes cultures biologique dans l’Yonne (SEDARB, 2015), de broyer et d’enfouir la dernière des trois coupes de luzerne ou de trèfle (les deux autres étant récoltées en foin et vendues à des éleveurs ou déshydratées). Toutefois, certains agriculteurs broient entièrement la luzerne et la laissent sur place, notamment dans les exploitations spécialisées en grande culture sans élevage. Dans le cas où la luzerne est entièrement broyée faute de débouchés, l’augmentation des rendements céréaliers qui résulte de ce surcroît d’azote enfoui ne suffit pas à éviter un surplus azoté quasiment aussi élevé que pour la rotation de référence conventionnelle (57 kg N/ha/an).

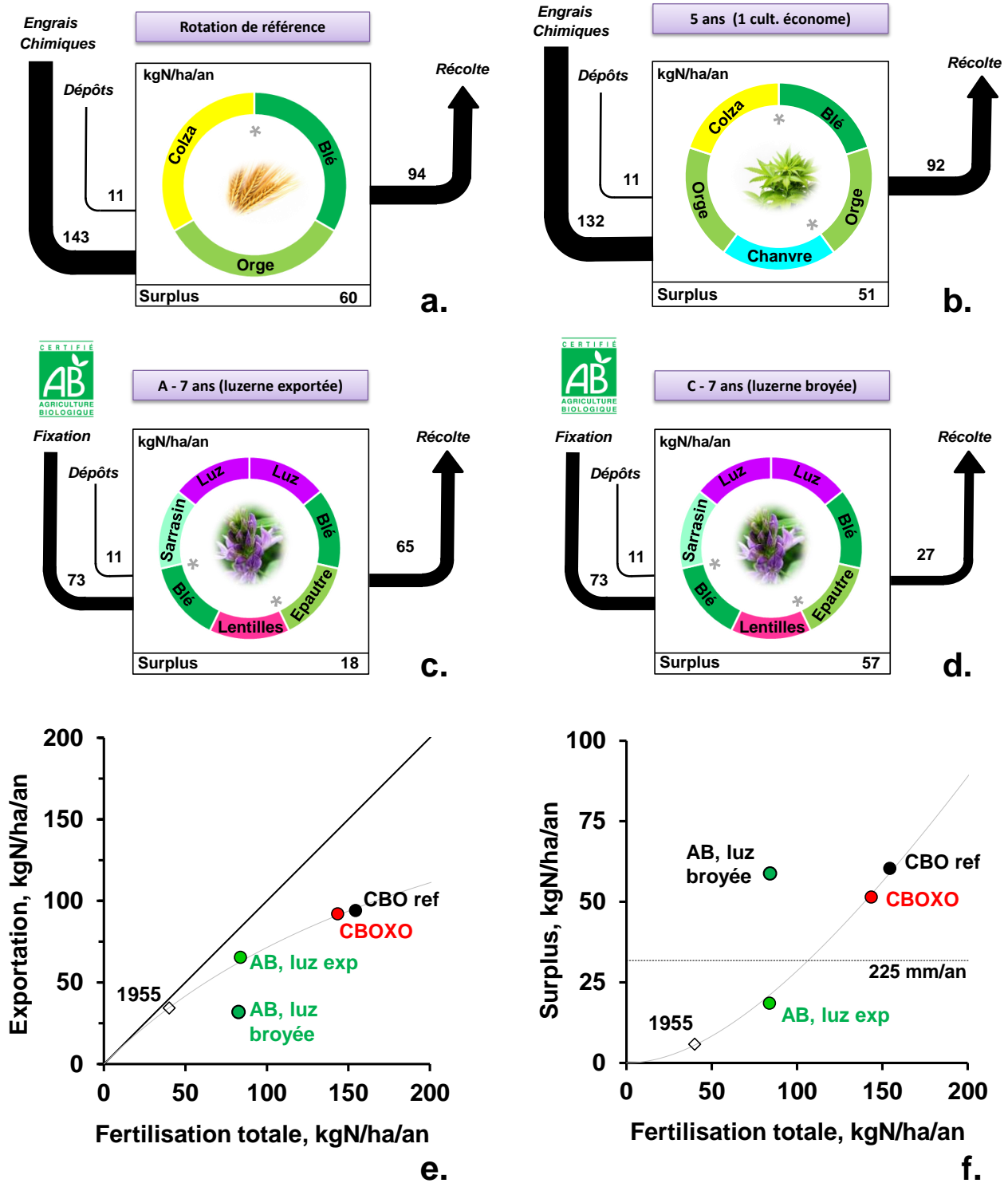


Figure 6. Bilan d’azote et calcul du surplus de quelques rotations culturales typiques des petites terres des Plateaux de Bourgogne (Anglade, 2015).
 a. Rotation de référence Colza-Blé Orge d’hiver ; b. Rotation proposée dans l’arrêté Préfectoral impliquant l’inter-calage d’une culture ‘économe en intrant’ telle que le chanvre ; c. Rotation biologique avec exportation d’une coupe sur 3 de la luzerne ; d. Rotation biologique sans exportation de la luzerne, broyée et laissée sur place ; e. Position des rotations étudiées dans un diagramme Rendement/Fertilisation ; f. Calcul du surplus correspondant et comparaison avec la valeur de surplus critique pour une lame d’eau écoulee de 225 mm/an. Le surplus critique, en pointillé, est celui pour lequel la concentration moyenne de lixiviation de la rotation dépasse la teneur de 50 mgNO₃/l.

2.2 Gestion de l’interculture

L’arrêté préfectoral prévoit également une *gestion adaptée de l’interculture* consistant en l’implantation d’une CIPAN (i) en interculture longue avant l’implantation d’une culture de printemps et (ii) en interculture courte après une culture de pois ; les repousses de colza avant l’implantation d’une culture d’automne s’intègrent aussi dans cette gestion. A partir des surplus calculés pour les différentes rotations examinées précédemment, et sur la base de scores d’abattement de la lixiviation en fonction du degré de couverture automnale et hivernale des sols proposés par Anglade (2015a), on peut estimer la concentration nitrique moyenne des eaux d’infiltration pour les différentes rotations. Il en résulte que l’application des règles préfectorales de couverture des sols ne permet pas une réduction suffisante de la lixiviation pour produire une eau sous-racinaire inférieure à la norme de potabilité de 50 mg NO₃/l, dans le cas des rotations de référence. Dans le cas des rotations allongées incluant une culture économe en intrant (pois, chanvre, tournesol), ou avec luzerne, l’implantation optimale des CIPAN permet tout juste l’atteinte de la limite de qualité. Seule l’agriculture biologique permet de passer avec les CIPAN sous la valeur guide de 25 mgNO₃/l. (Figure 7)

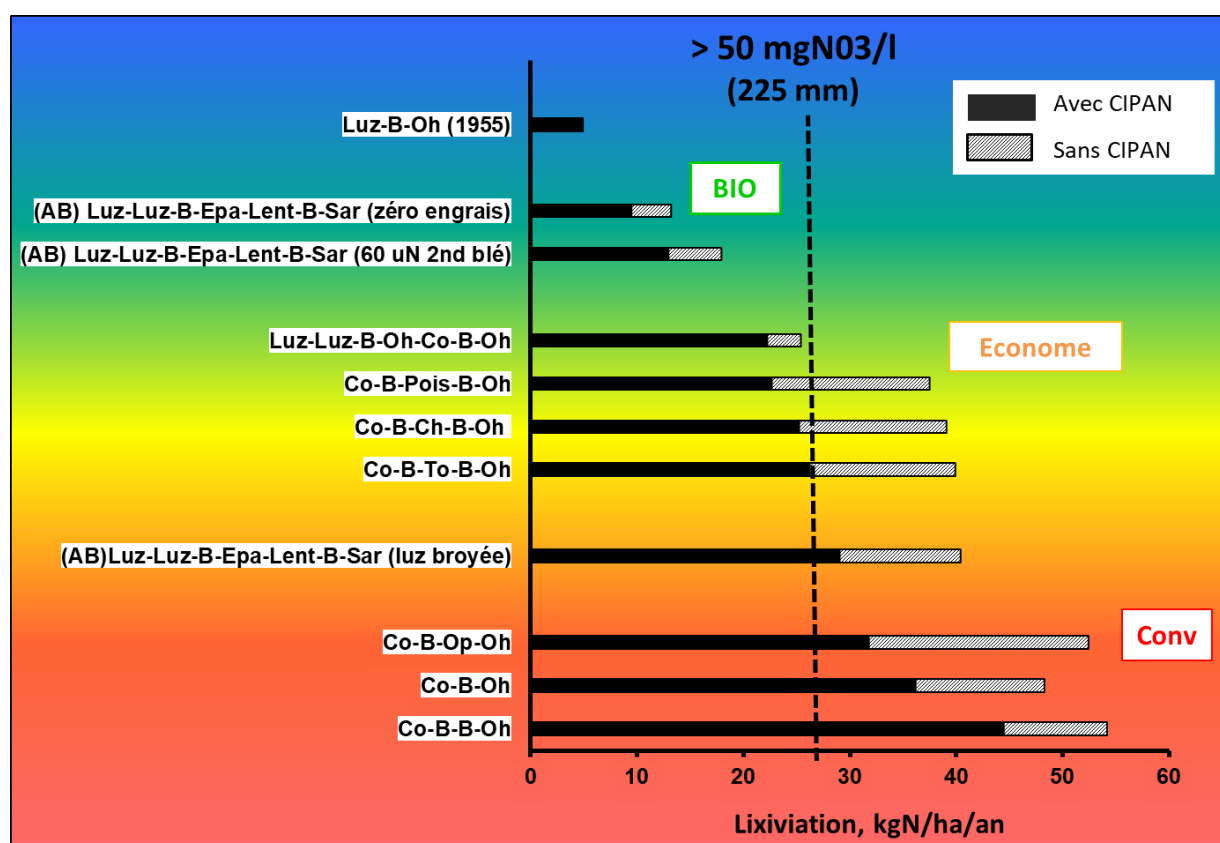


Figure 7. Effet de l’introduction systématique d’une interculture dans les rotations les plus courantes sur les petites terres de Bourgogne.

2.3 L'agriculture de conservation

L'Association de la Plaine du Saulce, anime un groupe de travail constitué en GIEE (Groupement d'Intérêt Economique et Environnemental) autour de l'agriculture de conservation, qui vise l'amélioration du potentiel agronomique des sols et la rentabilité économique de l'exploitation sur le long terme en réduisant les intrants, ainsi que les charges fixes de mécanisation, de carburant et de temps de travail.

Une parcelle test a été mise en place depuis 2 ans maintenant, et du matériel spécifique de semis direct acquis en commun. La conversion est trop récente pour évaluer l'impact sur les pertes sous-racinaires en nitrate à l'échelle d'une rotation culturale complète, et très peu de références sont disponibles pour évaluer les effets potentiels de réduction de la lixiviation de ces pratiques.

L'un des agriculteurs de la Plaine du Saulce, en agriculture de conservation depuis 5 ans et faisant partie du GIEE, a accepté de nous communiquer les informations nécessaires au calcul du bilan de l'azote des sols (fertilisation, rendement), et du score d'abattement de la lixiviation en tenant compte de la couverture automnale et hivernale des sols.

Notons d'abord que l'agriculteur propose une rotation allongée par rapport à la rotation de référence du territoire, en introduisant une culture dite économe en intrants, le pois (Figure 8). La fertilisation minérale est réduite de 12 % par rapport à la rotation Co-B-Oh, mais équivalente à celle de la même rotation conduite en agriculture conventionnelle selon les prescriptions réglementaires d'équilibre de la fertilisation. Le surplus est doublé, atteignant 102 kgN/ha/an, du fait de l'augmentation des apports totaux d'azote au sol par la fixation symbiotique des espèces de légumineuses semées en mélange dans les couverts, sans augmentation notable des rendements. Cette valeur très élevée du surplus constitue un risque majeur de pertes environnementales d'azote, bien que le système ne puisse pas être considéré comme « à l'équilibre » après seulement 5 ans, une partie du surplus pouvant en effet être stockée dans le pool de matière organique du sol. De surcroît, en dépit d'une couverture permanente du sol, les mélanges semés sont pour la plupart principalement composés de légumineuses, ce qui réduit considérablement l'effet « piège à azote », car les légumineuses acquièrent la majeure partie de leur azote par fixation symbiotique, et n'absorbent qu'une faible partie de l'azote minéral disponible dans le sol, contrairement aux espèces non-légumineuses comme la moutarde ou le ray-grass.

En conséquence, on estime qu'en l'état actuel, la lixiviation moyenne produite par la rotation Co-B-Oh-B-Pois conduite selon les principes de l'agriculture de conservation, est du même ordre de grandeur (~ 45 kgN/ha/an) que la lixiviation de la rotation de référence Co-B-Oh sans culture intermédiaire. Sur la base de cette première analyse, l'infiltration d'une eau sous-racinaire conforme aux normes de potabilité n'est donc pas garantie par le non labour et la couverture permanente des sols. Par ailleurs, la gestion de l'enherbement dans des systèmes en agriculture de conservation, sous nos latitudes, se fait aujourd'hui essentiellement par l'utilisation d'herbicides.

Les essais de non labour en agriculture biologique sont encore très peu nombreux, le labour étant une voie privilégiée de maîtrise des adventices en l'absence de pesticide.

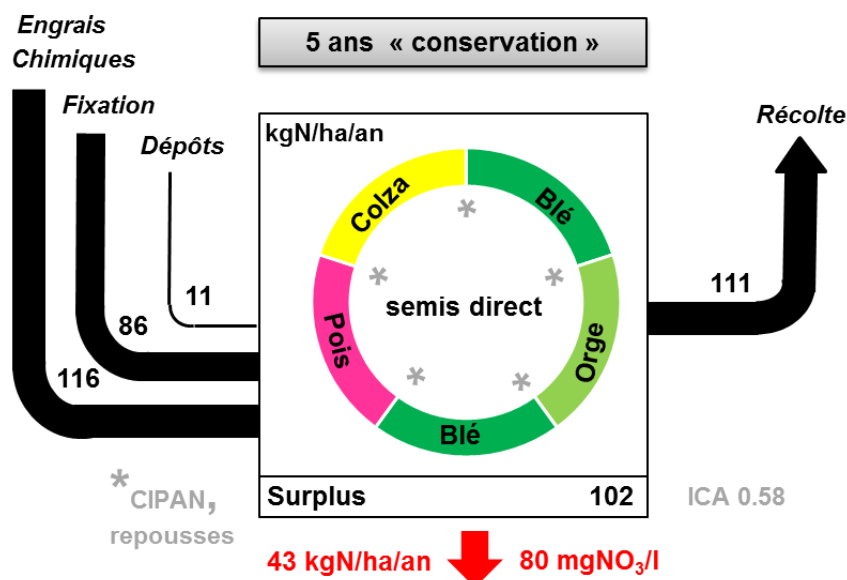


Figure 8. Détails des postes du bilan d'azote des sols et estimation de la lixiviation pour une rotation type de la Plaine du Saulce conduite selon les principes de l'agriculture de conservation.

3. Proposition d'un projet de territoire pour la coexistence de l'agriculture et de la production d'eau potable.

3.1 La nécessité d'une reconnexion culture-élevage

La place centrale occupée par les légumineuses fourragères dans les systèmes de production biologique en grandes cultures (maintien de la fertilité azotée, lutte contre les adventices, structuration du sol) pose le problème de leur débouché dans des régions où l'absence de cheptel rend difficile leur valorisation locale. Or, la viabilité des exploitations de grandes cultures biologiques est conditionnée à l'existence de filières de valorisation locales de ces productions fourragères, c'est-à-dire à une reconnexion avec l'élevage. La transition de ces régions vers de nouvelles formes de polyculture-élevage semble donc la voie la plus prometteuse pour retrouver les conditions d'une agriculture économiquement viable et soucieuse de la santé de l'environnement et des humains.

On pourrait ainsi imaginer un plan de reconquête de l'élevage ovin, qui ferait sens par rapport à l'historique du territoire ; les ovins valorisent bien la luzerne (alors que le risque de météorisation est plus élevé chez les bovins) et s'adaptent mieux aux conditions séchantes des petites terres. Les élevages ovins bios dans la région sont majoritairement des élevages allaitants fondés sur la valorisation des prairies pour produire des agneaux à l'herbe. Outre la valorisation des légumineuses fourragères, la réintroduction de l'élevage permettrait de favoriser et de maintenir l'enherbement des zones les plus vulnérables avec de l'élevage extensif. L'élevage ovin peut se concevoir autant comme une activité principale que comme une activité de complément en synergie avec la production de grandes cultures bio et offrant aux céréaliers une opportunité de diversification des revenus. De plus, il s'agit d'une activité favorable à l'installation de jeunes agriculteurs puisqu'elle ne requiert que de faibles investissements (par rapport à l'élevage bovin) et que les agneaux peuvent être rapidement valorisés permettant un retour rapide sur investissement.

3.2 Un scénario de réintroduction de l'élevage ovin

Pour proposer des éléments de réflexion tangibles en termes de dimensionnement, nous avons considéré un scénario de réintroduction d'une troupe ovine bio qui pâturerait sur une vingtaine d'hectares de prairies permanentes pendant 7,5 mois dans une exploitation bio de 180 ha. Le troupeau se compose de 250 brebis de race charmoise, 50 agnelles de renouvellement et 8 béliers. Les brebis sont conduites en un seul lot.

Les mises-bas ont lieu en avril et les agneaux sont mis à l’herbe avec leur mère à l’âge de 2 à 3 semaines. Sont commercialisés chaque année 41 brebis de réforme, 2 béliers et 187 agneaux. On fait l’hypothèse d’excrétions de 85 kg N/UGB/an, avec une production hivernale de fumier de 110 t, en comptant 110 kg de paille/femelle/hiver. Le fumier permet de fertiliser 23 ha à hauteur de 32 kgN/ha, que l’on applique sur les seconds blés dans la rotation (conformément aux pratiques régionales sur petites terres, pour lesquelles des références sont disponibles sur les rendements de blés avec apports organiques). La volatilisation en bâtiment pendant les 105 jours d’hivernage en bergerie (22% des émissions totales annuelles) est déduite des émissions totales théoriques en retranchant la part de fumier produit et d’excrétions sur prairies. Les surfaces en fourrage destinées au troupeau sont déterminées en fonction des besoins (équilibre des rations entre foin de prairie permanente, foin de luzerne et triticale) et de la productivité des parcelles. Les animaux reçoivent ainsi un affouragement de luzerne supplémentaire qui permet de compléter la ration en protéines et d’assurer un débouché pour une partie (env. 20%) de la luzerne produite dans la rotation de grandes cultures de vente. Les fuites minimales, à la fois sous prairies permanentes et sous terres arables, permettent d’aboutir à un résultat des plus probants sur la qualité de l’eau, avec une infiltration sous-racinaire moyenne à l’échelle de l’exploitation inférieure à 15 mg NO₃/l (Figure 9).

Plateau de Bourgogne, scénario réintroduction élevage

(pour 1ha de surface agricole)

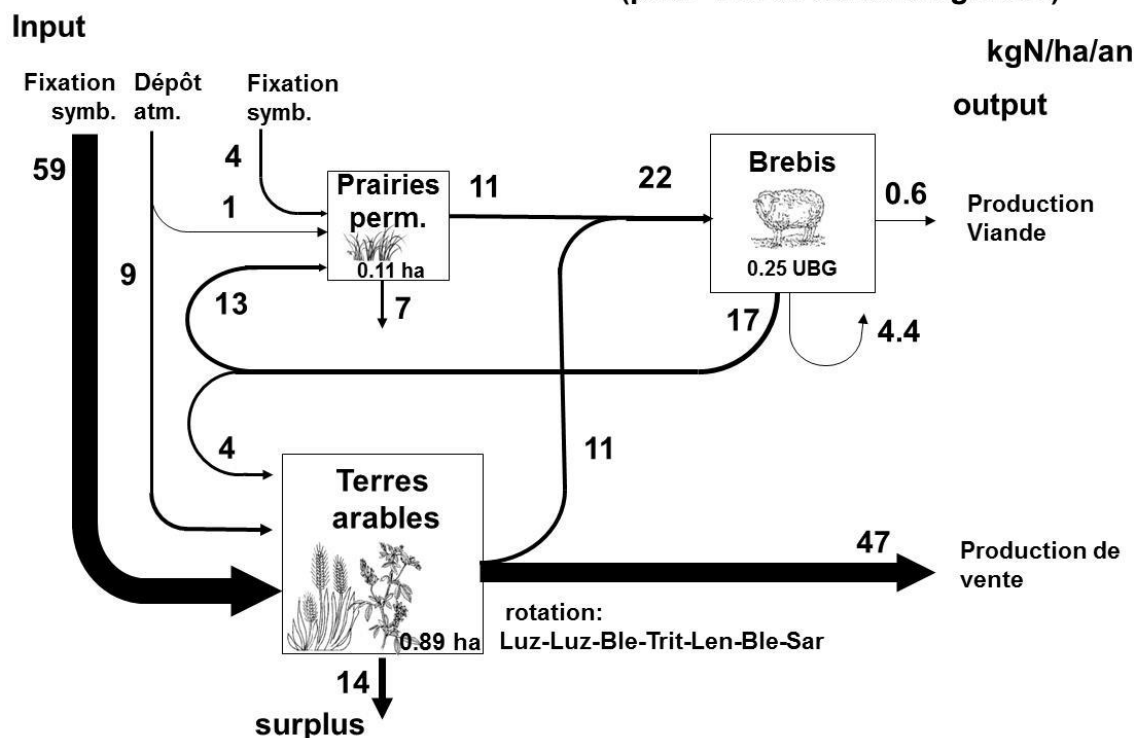


Figure 9. Flux d’azote par ha de SAU dans un scénario de ré-introduction de l’élevage ovin dans les territoires des petites terres de Bourgogne (Anglade et al., 2017).

Notons que ce scénario a été dimensionné en cohérence avec les élevages ovins bio existant dans la région ; cependant, une part substantielle de luzerne produite nécessiterait de trouver encore un débouché.

Une seconde piste complémentaire consisterait donc à se saisir de l’opportunité de la proximité du grand bassin d’élevage que constitue le sud de la région Bourgogne, avec notamment l’élevage charolais, pour mettre en place une filière directe de débouchés pour le fourrage produit sur l’aire d’alimentation des

captages. Il s'agirait ainsi de contribuer à relever le grand défi de l'autonomie protéique des élevages, y compris biologiques.

On voit bien en comparant les chiffres de la figure 9 avec ceux de la figure 3, que cette proposition de scénario de réintroduction de l'élevage bio ne consiste pas dans un simple retour aux années d'après-guerre, mais constitue au contraire un système innovant beaucoup plus productif en termes de capacité d'exportation, bénéficiant des progrès de l'agronomie et de l'agro-écologie, et qui offre, par rapport au système conventionnel spécialisé dominant actuellement, un beaucoup plus grand degré d'autonomie de l'exploitation vis-à-vis des intrants.

La viabilité économique des deux types d'exploitations bio impliquées dans ces scénarios a d'ailleurs été établie par Rossi et al. (2015) (Tableau 1).

Tableau 1. Evaluation économique des exploitations conventionnelles et bio de grandes cultures ou de polyculture élevage ovin dans les plateaux de Bourgogne (Rossi et al, 2015).

	Situation initiale	Conventionnel + ovins	Grandes cultures AB	Cultures + ovins en AB
Produit GC	228 756	205 774	157 917	154 821
Vente ovins		22 121		24 635
Primes ovins		6 539		6 539
DPU	63 401	63 401	63 401	63 401
Aides AB			21 240	21 240
Total	292 157	297 835	242 558	270 636
Charges op. GC	116 075	102 010	47 449	33 734
Marge Brute GC	112 681	103 764	110 468	205 728
Charges op. Ovins		8 501		12 920
Marge Brute Ovins		20 159		18 254
Total Charges Op.	116 075	110 511	47 449	46 654
Marge Brute	176 082	187 324	195 109	223 982
Salaires + charges	7 891	13 152	7 891	13 512
Charges de structure	74 101	77 990	71 280	80 228
EBE	101 981	109 334	122 829	143 754
EBE/produits	35	38	51	53
Annuités anciennes	38 747	38 747	38 747	38 747
Annuités prévues	6 531	6 531	4 004	4 004
Annuités nouvelles		8 353	2 977	11 330
Revenu disponible	56 703	55 703	77 101	89 673
	- 1 000 €			
	+ 20 398 €			
	+ 32 970 €			

4. De la contamination nitrique à la contamination en pesticides

La contamination nitrique observée sur les captages de l’Auxerrois depuis la fin des années 1980 est l’héritage de la grande transformation de l’agriculture sur les plateaux de Bourgogne amorcée dans les années 1960-1970, qui a conduit, par la généralisation de la fertilisation minérale et l’abandon de l’élevage, au système de grandes cultures spécialisé actuel. Le recours aux herbicides ne s’est généralisé qu’un peu plus tard, à la fin des années 1980 (Figure 10).

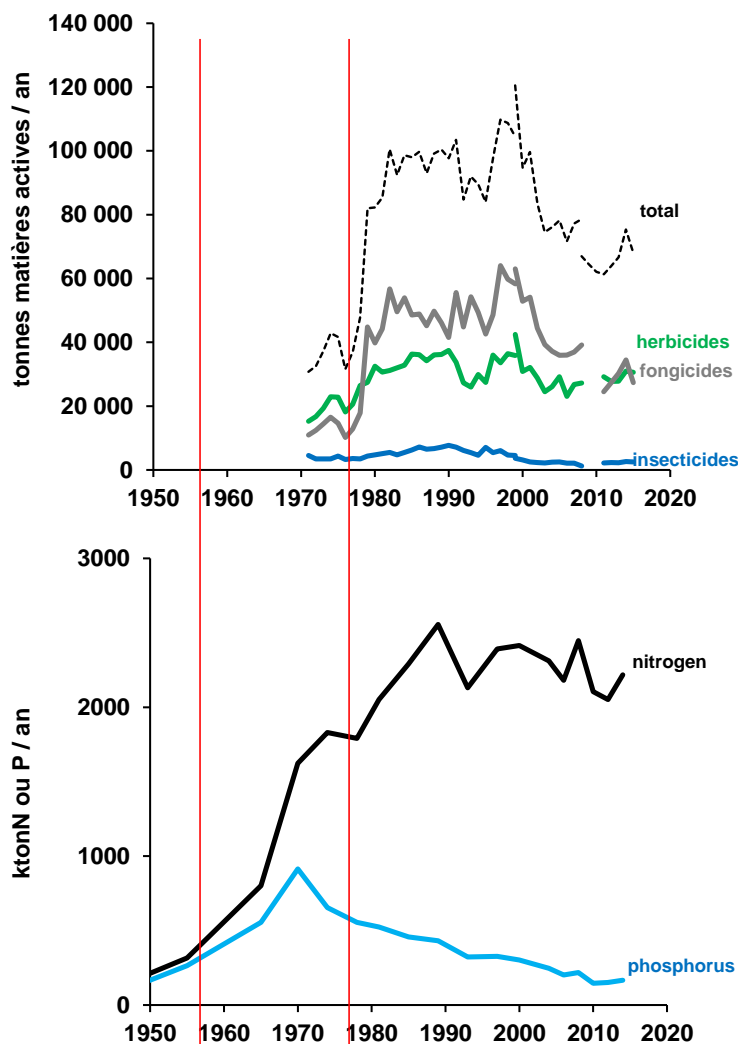


Figure 10. Chronologie de l’utilisation d’engrais industriels et de pesticides en France (données UIPP, MEDE et Base Nationale de données des ventes de produits phytosanitaires, 2017 ; Gaignole et Etienne, 2010). Notons qu’en ce qui concerne les ventes de pesticides, l’indicateur retenu (tonnes de matières actives) ne tient pas compte de l’évolution croissante de l’efficacité de ces substances, comme le ferait un indicateur tel que IFT (indicateur de fréquence de traitement) ou le NODU (nombre de doses unités) qui pondèrent les quantités de substances actives par leur dose de référence (Guichard et al., 2017). Malgré cette limite, les données montrent nettement un délai de 15 à 20 ans entre les périodes d’accroissement massif des engrais et celle des pesticides (herbicides et fongicides en particulier).

Or, on assiste depuis peu à une montée en puissance de la problématique, voire aux problèmes, des pesticides sur les captages de l’Auxerrois. Les premières alertes de dépassement des seuils en pesticides ont été découvertes dans les captages à la Plaine des Isles, conduisant à sa fermeture à la fin de l’année 2015, en raison des teneurs totales en pesticides utilisées (cf. les désherbants : métazachlore, bentazone, diméthénamide) très au-delà de la limite de qualité de 0,1 µg/l. En 2012, c’est au captage de Charentenay que des désherbants du colza avaient été trouvés (la datation des eaux aux gaz fréons de ce captage avait indiqué

un âge moyen de 5 ans inférieur à celui les eaux des captages de la Plaine du Saulce). Depuis 2016, ce sont les captages de la Plaine du Saulce qui sont aussi touchés par la contamination.

L'âge moyen de 25 ans de l'eau captée explique le délai entre les pratiques agricoles et leurs conséquences sur la qualité de l'eau. Il pourrait aussi expliquer le décalage dans l'apparition des problèmes de contamination nitrique par rapport aux pesticides dans l'Auxerrois. Une explication complémentaire tient dans l'amélioration des méthodes analytiques de détections de pesticides et la systématisation de la recherche de ces molécules. Les analyses de routine de l'ARS ont en effet évolué ce qui justifie que l'on trouve et que l'on trouvera encore probablement pendant des décennies des pesticides et leurs résidus dans les eaux. Et pourtant, à peine la moitié des molécules actives (180) dans le cortège de molécules mères épandues (400) sont évaluées sur le bassin Seine-Normandie (com. pers. Marc Benoit), et ce sans compter les métabolites.

Face à cette contamination généralisée en pesticides révélée par de nouveaux moyens de mesure, les tensions se font de plus en plus vives autour des seuils. La directive 98/83/CE relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine fixe une valeur plafond pour cette variable « pesticides » de 0,1 µg/L. La somme de toutes les concentrations en pesticides individualisés, détectés et quantifiés doit être inférieure à 0,5 µg/L. En terme d'exposition hydrique alimentaire, la notion de valeur sanitaire maximale (ou Vmax) est définie à partir de l'attribution de 10 % de la dose journalière admissible d'une molécule de pesticide, ou de métabolite de pesticide, en considérant un scénario d'exposition relatif à un individu de 60 kg de poids corporel consommant 2 litres d'eau par jour, pendant sa vie entière. Ainsi, en principe, l'ingestion d'une eau contenant un pesticide ou métabolite de pesticide à une concentration inférieure à la valeur Vmax n'entraînerait aucun effet néfaste pour la santé sur la base des critères toxicologiques retenus, et en l'état actuel des connaissances. Seulement à ce jour, aucune valeur Vmax n'existe pour un trop grand nombre de molécules, et dans ces conditions l'ARS peine à se positionner sur des restrictions de consommation.

La contamination des captages de la Plaine du Saulce en est un exemple. En janvier 2018, l'ARS informe la Communauté de Communes de l'Auxerrois (CCA) que d'après les données du réseau de surveillance de l'Agence de l'Eau sur le département, la molécule de CGA dimetachlore recherchée depuis 2016 a été retrouvée au-delà de la limite de qualité, plusieurs fois sur les captages de la Plaine du Saulce, et de la Plaine des Isles. Dès lors, cette molécule sera recherchée dans le contrôle sanitaire et, si elle est retrouvée l'ARS demandera par précaution, comme ailleurs dans le département, de restreindre la consommation d'eau à l'ensemble de la population dans l'attente de l'obtention ou non d'une Vmax. Faute « d'éléments probants », l'ANSES réserve son avis sur la toxicité des métabolites du métazachlore et ne se trouve pas aujourd'hui en mesure de définir une Vmax pour le CGA diméthachlore.

Malgré les dépassements fréquents de la norme de 0,1µ/l, l'ARS autorise la CCA à distribuer l'eau des captages à l'ensemble de la population. Mais on peut remarquer que l'usine Yoplait, qui utilise l'eau d'un captage situé dans le même champ captant que le Plaine des Isles et donc touché également par le diméthachlore, a dû quant à elle installer en urgence au début de l'année 2018 une unité mobile de traitement des pesticides avec des filtres à charbon, pour un coût exorbitant.

La nature du problème que posent les pesticides est radicalement différente de celle du nitrate. L'azote est un facteur essentiel de la production agricole, dont on ne peut évidemment se passer. On peut cependant en maîtriser les pertes par une bonne gestion de la fertilisation organique ou minérale et par l'implantation systémique de CIPAN. La gestion de la teneur en nitrate de l'eau potable est aussi plus souple, dans la mesure où les dépassements de normes sont généralement de faible ampleur, et peuvent être corrigés par dilution avec des flux d'eau de moindre concentration pour les communes bénéficiant d'interconnexions entre différents captages. Enfin, des procédés de génie écologique, tels que la filtration sur berge, ou la recharge artificielle de nappe à travers la plaine alluviale, qui permettent de réduire les concentrations en nitrate par dénitrification spontanée, pourraient également être mis en œuvre, même s'il s'agit d'une solution qui n'est à ce jour toujours pas effective

Mais rien de tout cela ne s'applique aux pesticides. Les pertes vers l'hydrosystème des pesticides appliqués sur les sols agricoles, ne représentent qu'une part infime des quantités en jeu, mais sont largement incontrôlables et très variables dans le temps et dans l'espace. Les dépassements de normes que ces pertes occasionnent dans l'eau captée sont cependant généralement majeurs, et ne peuvent être corrigés par simple dilution, pas plus que par des méthodes extensives de purification. La pollution durable d'un captage par les

pesticides nécessite donc inévitablement le recours à un traitement curatif lourd. La seule stratégie préventive vis-à-vis des pesticides qui permette de tenir les seuils de 0,1µ/l consiste donc à s'en passer ! Ceci n'est possible qu'à travers les solutions offertes par l'agro-écologie, qui impliquent un changement radical de système de culture et plus largement de tous les maillons du système agri-alimentaire.

5. Une nouvelle stratégie territoriale pour accompagner les transitions

Depuis une vingtaine d'années, les acteurs de la Plaine du Saulce ont développé une culture de la concertation avec la création de l'Association pour la qualité de l'eau de la Plaine du Saulce.

Jusqu'à présent, la politique de préservation de l'ensemble de ses ressources en eau était majoritairement centrée sur l'exploitant avec une animation qui visait la sensibilisation à des pratiques agricoles respectueuses des ressources en eau, et l'accompagnement de groupes d'agriculteurs sur des thèmes innovants, comme l'agriculture de conservation, avec notamment la mise en place d'expérimentations.

Le cadre réglementaire de l'arrêté préfectoral coordonné et rédigé par l'Association, et amendé après concertation (2 ou 3 réunions) avec l'ensemble des agriculteurs n'a jamais été appliqué. La DDT et le précédent Préfet avaient notamment avancé le fait que la méthode utilisée n'était pas conforme (insuffisance de concertation) et ne permettait pas de rendre obligatoire l'arrêté préfectoral. Cette frilosité de l'Etat nous interpelle quant aux moyens d'actions juridiques pour protéger les captages et délivrer une eau conforme aux normes de potabilité, d'autant plus que le dit arrêté préfectoral n'était que très peu contraignant sur le plan agricole (respect de l'équilibre de fertilisation et l'usage de CIPAN essentiellement).

Depuis, la DDT, avec la Chambre d'Agriculture et l'Agence de l'Eau, ont co-rédigé une charte départementale, qui fixe et organise le déploiement des plans d'actions locaux (les chartes locales), assorties d'arrêtés préfectoraux volontaires, puis obligatoires. La Communauté de Communes de l'Auxerrois (CCA) souhaite désormais s'engager dans une telle démarche de charte locale pour les captages de l'Auxerrois, en intégrant dès l'amont la Chambre d'Agriculture pour la coordination de l'animation de la Charte de manière à éviter qu'il puisse y avoir quelque doute que ce soit sur la méthode employée.

Néanmoins, cette démarche de charte locale en cours d'élaboration, est elle aussi centrée sur les pratiques agricoles, et restreinte aux périmètres des aires d'alimentation de captage, ce qui limite la possibilité d'imaginer et d'établir des changements structurels et durables sur le territoire Communautaire, en permettant notamment l'émergence et la structuration de filières.

Ainsi, pour environner cette charte locale d'actions à plus grandes échelles, la CCA a listé l'ensemble des outils et leviers mobilisables, depuis les outils financiers, les outils de planifications d'urbanisme (SRCE, Trames verte et bleue, SCoT, PLUi), les démarches environnementales (agenda 21, PCAET, Economie circulaire, PAT...). Mais la CCA a aussi pris acte qu'elle ne pouvait porter seule la réflexion sur le devenir de son territoire, en matière de transition agricole, de protection des ressources, d'alimentation durable, de développement économique... Un dialogue doit donc s'engager avec l'ensemble des parties prenantes pour partager et enrichir l'état des lieux engagé par la CCA, et co-construire un programme d'actions.

Une première démarche de concertation proposée aux élus en 2016 s'est notamment traduite par une convention envoyée à une dizaine de structures partenaires du monde agricole, pour co-construire un projet de territoire centré sur l'agriculture biologique. Elle a soulevé beaucoup de questions et recueilli une faible adhésion, malgré l'engagement d'un partenaire central Bio-Bourgogne pour le développement et la diffusion des pratiques de l'agriculture biologique.

Le dialogue de territoire s'est poursuivi au sein d'un cercle encore élargi par le lancement des « Etats Généraux de l'Eauxerrois » en avril 2018. Une cinquantaine d'acteurs du territoire concernés par la qualité de l'eau, services de l'Etat (DDT, ARS, AESN, préfecture), élus, représentants du milieu agricole (association de la Plaine du Saulce, chambre d'agriculture, syndicats, Bio Bourgogne ...), associations de consommateurs et défense de l'environnement (FNE), industriels (Yoplait), se sont donc réunis au cours de 3 journées de concertation en avril, juin et septembre 2018.

Il s'est agi au cours de ces journées de partager un constat sur l'état de la ressource et d'élaborer le socle d'une démarche commune, au sein d'un « PACTE », piloté par la Communauté de Communes de l'Auxerrois, et visant à assurer une cohérence globale de territoires et à faciliter la mise en œuvre d'actions pour accompagner une transition durable. Les signataires s'engagent à une exemplarité vis-à-vis de la qualité de l'eau. Les modalités de gouvernance au sein de ce PACTE sont encore à définir, mais le pouvoir décisionnaire reviendra à la CCA.

Les actions engagées dans le cadre du PACTE seront volontaires, et celles inscrites dans la charte locale volontaires pendant 3 ans, pourraient ensuite être rendues obligatoires par arrêté préfectoral. La collectivité s'engage à soutenir les actions ayant le plus d'impact sur la qualité de l'eau (agriculture biologique, ou sans intrants) par un système de conventionnement.

Ainsi pour exemple, suite à la troisième réunion des Etats Généraux de l'eau, la coopérative 110 Bourgogne a fait une proposition à la CCA pour regrouper ses contrats chanvre sur les zones à enjeu eau de cette CCA. La coopérative envisage une surface contractualisée de 200 ha sur l'Auxerrois. Pour rendre cette proposition attractive, il pourrait y avoir une aide financière de la Communauté de Communes de l'Auxerrois les deux premières années au démarrage de la production, aide conditionnée au non usage de pesticides sur la culture. Cette aide s'adresserait aux nouveaux producteurs de chanvre, pour des surfaces localisées sur tous les périmètres rapprochés des captages de l'Auxerrois. Elle servirait à subventionner la récolte, et serait versée à l'entreprise de travaux agricoles, prestataire de 110 Bourgogne pour la récolte de la paille et du chènevis.

Des actions d'information et de sensibilisation de grande envergure ont également fait suite aux Etats Généraux. Après la réunion de juin et avant les semis de colza, un courrier a été adressé à tous les agriculteurs de la commune énonçant les impacts des désherbants du colza sur la qualité de l'eau, et évoquant les risques de restriction et d'interdiction de distribution de l'eau. A une échelle encore plus large, une exposition itinérante sur l'eau prévue pour le mois de janvier 2019 fera notamment état des propositions de la CCA pour protéger la ressource, et se clôturera par une réunion/discussion avec les agriculteurs de la collectivité en présence du maire et de membres du Copil dans les différentes collectivités.

Ces actions rejoignent d'autres actions ou réflexions déjà engagées par la Communauté de Communes de l'Auxerrois, avec la commission environnement notamment, comme le montage d'un PAT (Projet Alimentaire Territorial), la réflexion pour la création d'une régie agricole pour autoproduire en régie les fruits et légumes bio afin de fournir en premier lieu la cuisine centrale (appel à projet), l'étude pour une légumerie (appel à projet), la recherche de terrain pour un espace-test maraîcher, ou encore l'implication dans le réseau des « sites pilotes Eau et Bio » de la Fédération Nationale d'Agriculture Biologique.

Conclusion

Depuis le début de contamination nitrique des captages au début des années 90, les pratiques agricoles ont relativement peu évolué, en dehors d'une gestion un peu plus raisonnée et par ailleurs réglementaire des intrants. En revanche, les cartes d'acteurs ont fortement bougé, avec un élargissement des cercles d'argumentation et d'action. C'est à travers l'accroissement des connaissances techniques rapportées dans le présent rapport, de diverses confrontations entre les acteurs, et par le franchissement de seuils critiques qu'émerge une nouvelle vision du futur, centrée sur des innovations de rupture comme l'agriculture biologique.

Le dépassement des normes en pesticides, fournit des tangibilités, des prises pour l'action commune, alors même que subsistent et subsisteront toujours des incertitudes techniques sur les mécanismes de diffusion des contaminants dans l'hydrosystème, la délimitation des AAC, la toxicité des polluants etc. L'inertie hydrogéologique d'une vingtaine d'année, et la dégradation des molécules mères en métabolites au cours du temps, situent nécessairement les débats dans un processus long d'administration de la preuve. Mais pour l'heure, la critique technique portée par le Comité Scientifique incite les acteurs à ne plus tergiverser dans l'attente de preuves irréfutables, mais à faire un choix unique, celui de la suppression des produits phytosanitaires pour délivrer une eau conforme à la norme de 0,1 µ/l.

L'enjeu pour la CCA n'est plus celui de la négociation, qui n'a entraîné par le passé que des modifications mineures (comme le raisonnement de la fertilisation), mais celui de l'orchestration de la rupture avec un système agri-alimentaire dans son ensemble. Or les ruptures sont rarement basées sur le consensus, et c'est donc un vrai défi que de penser et conduire ce changement avec le grand nombre de parties prenantes potentiellement impactées, en faisant le pari du dialogue territorial. Mais c'est aussi incontournable, dans la mesure où les risques longterm pensés en terme de cible bien circonscrite (ex : pollution des captages), nécessitent aujourd'hui une politique systémique qui tienne compte de l'interconnexion des causes, et un passage par une vision intégrative pour maintenir une cohérence d'ensemble durable. Dans ce type de « multilogue », d'extrêmes précautions sont de mise, afin d'entendre l'expression réelle de tous, bien souvent couverte par la voix des dominants qui rejouent sur la nouvelle scène du participatif de vieux airs de jeux de pouvoir et d'influence. Les prescripteurs (coopératives et négoce) sont ainsi perçus, à juste titre, dans le nouveau dispositif participatif qui se met en place, pour des opérateurs centraux du changement, mais ils sont en même temps un rouage du puissant verrouillage socio-technique actuel.

La juxtaposition des partitions risque de conduire à la cacophonie. La recherche d'un commun, offre la promesse d'une toute nouvelle mélodie porteuse d'espoir, qui pourrait prendre comme source d'inspiration le chant naturel, humble et puissant, vif et serein, fait de variations et de permanence, joué par le clapotis de l'eau en fond de vallée.

Bibliographie

Anglade J., (2015a). « Agriculture et qualité des ressources en eau dans le bassin de la Seine. Caractérisation des pratiques et applications territorialisées », Ph-D Univ. Paris 6 (UPMC), ED Géosciences et Ressources Naturelles, 286pp + Annexes.

Anglade, J., (2015b). .Analyse de l'impact de différents systèmes de cultures sur la qualité des ressources en eau de l'Auxerrois. Communauté de Communes de l'Auxerrois. Rapport d'étude, juin 2015.

Anglade, J., Billen, G., Garnie, J., (2017). Reconquérir la qualité de l'eau en régions de grande culture : agriculture biologique et reconnexion avec l'élevage. Fourrages. 231, 257-268. www.afpf-asso.org

Beek, C.L. van, Brouwer, L., Oenema, O., 2003. The use of farmgate balances and soil surface balances as estimator for nitrogen leaching to surface water. Nutr. Cycl. Agroecosystems 67, 233–244. doi:10.1023/B:FRES.0000003619.50198.55

BNDV, Base nationale des données de ventes, 2017. MEDDE. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/thematiques-872/productions-vegetales-874/grandes-cultures-fourrages-875>

Chapotin, E., (2010). « Intérêts des systèmes de production intégrés dans la préservation de la qualité de l'eau : simulation en grandes cultures sur un bassin d'alimentation de captage », Rapport de stage, Agrocampus-Ouest-INHP.

De Vries, W., Leip, A., Reinds, G.J., Kros, J., Lesschen, J.P., Bouwman, A.F., 2011. Comparison of land nitrogen budgets for European agriculture by various modeling approaches. Environ. Pollut. 159, 3254–3268.

Dupas, R., Parnaudeau, V., Reau, R., Jeuffroy, M.H., Durand, P., et Gascuel-Oudou, C., (2015). “Integrating local knowledge and biophysical modeling to assess nitrate losses from cropping systems in drinking water protection areas “, Environmental Modelling & Software, 69,101-10. doi:10.1016/j.envsoft.2015.03.009.

EPICES, (2014). Etude d'évaluation du contrat global pour la protection des captages de la Plaine du Saulce, de la Plaine des Isles, des Boisseaux et d'Irancy 2009-2013.

Gatignol, C., & Etienne, J.C., (2010). Rapport sur Pesticides et Santé. Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Assemblée Nationale n° 2463.

Guichard, L., Mignolet, C1 & Schott, C. «Exposition des populations aux produits phytosanitaires et risques sanitaires» - Colloque organisé par l'Académie d'Agriculture de France, en collaboration avec l'École des Hautes Études en Santé Publique et l'Institut de Recherche en Santé Environnement et Travail – 14 mars 2017.

- Le Noë, J., Billen, G., Esculier, F. & Garnier, J., (2018). Long-term socioecological trajectories of agro-food systems revealed by N and P flows in French regions from 1852 to 2014. *Agr Ecosyst Env.* 265: 132-143. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.039>
- Oenema, O., Kros, H., de Vries, W., 2003. Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *Eur. J. Agron.* 20, 3–16.
- Parnaudeau, V., Peyraud, J.L., Réchauchère, O., Rochette, P., Vertes, F. et Veysset, P. (2012). « Les flux d’azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres », Expertise scientifique collective, rapport, Inra (France), 527 p.
- Pierre, G., (2012). « Sur les plateaux du sud-est du Bassin parisien », *Histoire & Sociétés Rurales*, 38(2), 119-152.
- Rossi, A., Hanus, A., Drouillat, M., (2015). « Diagnostic socio-économique agricole sur les aires d’alimentation des captages de la Plaine du Saulce, des Boisseaux et de la Plaine des Isles de la Communauté de l’Auxerrois ». Rapport d’étude, ACTEON.
- SEDARB, (2015). « Etat des lieux de l’agriculture biologique dans l’Yonne au 31 décembre 2013 », Conférence agriculture biologique dans l’Yonne, Chambre d’agriculture Yonne, juin 4. <http://www.yonne.chambagri.fr/produire-durablement/lagriculture-biologique.html>.
- Vergnaud-Ayraud, V., Aquilina, L., Pauwels, H., Labasque, T., 2008. La datation des eaux souterraines par analyse des CFC : un outil de gestion durable de la ressource en eau. *Tech. Sci. Méthodes* 37–44. doi:10.1051/tsm/200801037