

## Sommaire

- De quoi parle-t-on ?
- Les facteurs qui influencent les phénomènes de ruissellement et de lixiviation des nitrates et pesticides
- La LBCGH au service de la qualité des masses d'eau, comment ?
- Autres leviers au service de la qualité des eaux : un tour d'horizon en Europe
- Glossaire et bibliographie

## De quoi parle-t-on ?

### État des lieux

L'intensification de l'agriculture opérée à partir des années 1960, s'est traduite par l'utilisation massive d'engrais et de pesticides, et la spécialisation des exploitations et des régions (concentration de l'élevage, réduction de la diversité des cultures, diminution des prairies permanentes). Ces changements de pratiques ont conduit à une augmentation des performances des cultures, mais aussi à une dégradation de la qualité des eaux de surface (les cours d'eau et les plans d'eau) et des eaux souterraines (nappes). Une pollution d'origine agricole, se traduit par une teneur élevée en nitrates (seuil à 50mg/L) et/ou en produits phytosanitaires (seuil à 0,1µg/l pour un pesticide et 0,5µg/l pour le total). Et cette pollution diffuse par les nitrates et les pesticides des eaux de captages est un problème mise en évidence dès 1980 (Hénin, 1980) et encore d'actualité (Commissariat général du développement durable, 2016).

En effet, actuellement **36% des eaux souterraines sont en mauvais état chimique**, polluées majoritairement par les nitrates et/ou pesticides (BIPE, 2019). Les pesticides les plus détectés sont les herbicides. Et si la présence de certaines molécules aujourd'hui interdites, comme l'atrazine, tend à diminuer, c'est la détection d'autres molécules qui augmente telle que le glyphosate et son métabolite de dégradation, l'acide Aminométhylphosphonique (AMPA) (Commissariat général du développement durable, 2016). On observe néanmoins une amélioration de l'état des eaux souterraines depuis quelques années, contrairement à l'état global des eaux de surface qui, quant à elle, reste stable ou même se dégrade (BIPE, 2019). Aujourd'hui, **37% des eaux de surface sont en mauvais état chimique et seulement 44,8% en bon état écologique** pour lequel a été évalué l'ensemble des espèces animales et végétales vivant dans l'eau, ainsi que leurs habitats.

Cette pollution persistante de ces masses d'eau nous impacte directement. En effet, **66,5 % de notre eau potable provient des eaux souterraines et 33,5 % des eaux de surface** (BIPE, 2019). Ainsi, aujourd'hui en France, sur 5 verres d'eau que l'on tire du robinet, trois proviennent des eaux souterraines et deux des eaux de surface. Or, aujourd'hui sur ces 5 verres, pratiquement **2 verres sont pollués** et donc impropres à la consommation. Le recours aux **traitements curatifs** est donc nécessaire pour assurer une eau potable de qualité à tous les Français, ce qui n'est pas sans conséquence économique. L'objectif serait d'avoir des eaux de qualité à la source. Les instruments réglementaires développés pour répondre à cet objectif ambitieux sont présentés à la suite.

## Le cadre réglementaire au service de la qualité de l'eau, ses limites

Afin d'assurer **une eau potable de qualité**, et limiter au maximum le recours au traitement avant distribution de l'eau, les instruments politiques d'incitation aux changements de pratiques agricoles se sont accrus (Thoyer and Saïd, 2007). Depuis les années 1950, où quelques décrets réglementaient les pesticides les plus nocifs, des réglementations sont apparues au niveau européen depuis les années 90 telles que la **directive nitrates** (Directive 91/676/EEC) et la **Directive Cadre Sur l'eau** (DCE) (Directive 2000/60/EEC). À l'échelle française, La Loi sur l'eau et les Milieux Aquatiques en 2006 a fait de la lutte contre les pollutions diffuses agricoles une priorité qui a été réaffirmée lors du Grenelle de l'environnement en 2009 (Vincent, 2016). Cette politique de restauration de la potabilité fait l'objet de deux logiques d'intervention auprès des agriculteurs :

L'une **obligatoire**, qui découle de l'application de la **directive nitrates** visant à réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole, à l'échelle d'une zone vulnérable nitrates. Elle repose sur une liste de mesures obligatoires. Ces mesures sont principalement basées sur le raisonnement des traitements et l'ajustement des pratiques (Barataud et al., 2016). Suivre les périodes pendant lesquelles l'épandage de fertilisants organiques est interdit ou restreint, établir des documents d'enregistrement des interventions liées à la fertilisation minérale et organique (plan prévisionnel de fumure, plan d'épandage et cahier d'enregistrement des pratiques) ou encore maintenir/implanter un couvert végétal sur les parcelles pendant les périodes hivernales pluvieuses sont des exemples de mesures obligatoires de la directive nitrates.

L'autre, **volontaire** (pouvant être rendue obligatoire<sup>1</sup>), qui découle de l'application de la DCE à l'échelle de l'Aire d'Alimentation de Captage (AAC). Elle repose sur le conseil et une sensibilisation agricole à l'échelle de territoires plus ciblés (Programme d'Action sur une AAC), actions Ferti-mieux...). Actuellement **1000 captages prioritaires** sont identifiés pour la période 2016–2021 (Ministère de l'environnement, 2013).

Malgré ces dispositifs réglementaires, d'après le ministère de la transition écologique et solidaire, les nitrates sont, avec les pesticides, les polluants les plus détectés dans les eaux de la métropole. Ce constat **d'efficacité partielle** pour reconquérir la qualité des masses d'eau (Oenema et al. 2009) peut s'expliquer entre autre par la faible représentativité et implication des agriculteurs dans le processus d'élaboration des programmes d'action (Barataud, 2014), et par la **standardisation des mesures** proposées qui sont peu adaptées aux caractéristiques locales (Kuhfuss et al., 2012; Menard et al., 2014; Soulard, 2005).

---

<sup>1</sup> Un programme d'Action peut devenir obligatoire si après une période d'essai d'application de ce PA, la qualité de l'eau ne s'améliore pas

## Les facteurs qui influencent les phénomènes de ruissellement et de lixiviation des nitrates et pesticides

Le ruissellement et la lixiviation des Molécules En Suspension (MES) (nitrates et pesticides) vers respectivement les eaux superficielles et souterraines sont influencés par différents facteurs interdépendants.

Les propriétés physico-chimiques des pesticides et de l'azote utilisés permettent de limiter ou non la pression sur la qualité des masses d'eau. En effet, pour les pesticides, les molécules à demi-vie courte sont peu entraînées par l'eau, de même que celles à forte capacité d'absorption et donc de rétention par le sol. Quant à l'azote minéral, il s'agit d'une forme hautement lixiviable. Elle comprend les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) qui représentent 2 à 4 % de l'azote total du sol. Alors que l'azote organique migre difficilement dans le milieu car peu soluble dans l'eau. Il est intégré dans les quatre autres compartiments dans le sol ; les résidus de culture, la biomasse microbienne, la matière organique labile et stable.

Les facteurs pédologiques influencent directement ou non les phénomènes de ruissellement ou lixiviation des intrants vers les masses d'eau. La texture (% argile, sable ou limon) et la structure du sol, sont directement liées à la capacité d'infiltration de l'eau qui entraîne les nitrates et les pesticides dans les sols. La teneur en matière organique est un facteur majeur, car les molécules de pesticides sont adsorbées sur ces particules, ce qui limite leur lixiviation vers les eaux souterraines. Enfin, les propriétés chimiques (pH) et l'activité biologique du sol (concentration en matière organique, micro-organismes, bactéries, champignons,...) permettent la dégradation des substances avant leur lixiviation (van der Werf, 1996) mais peut favoriser la minéralisation et nitrification de l'azote organique et donc la concentration en nitrates dans le sol et leurs potentielles lixiviations.

Par ailleurs, les facteurs climatiques déterminent la fréquence et l'intensité des événements susceptibles d'entraîner l'azote et les pesticides hors de la zone racinaire vers les eaux de surface ou souterraines. Le risque de lixiviation est important lorsqu'une pluie efficace (la pluie excédentaire qui contribue directement à la lixiviation et au ruissellement) survient entre la date d'épandage et le prélèvement par les cultures. La lixiviation et les concentrations les plus importantes en nitrates s'observent généralement en automne lorsqu'il fait doux : la minéralisation est alors active, les pluies sont efficaces et les besoins des végétaux sont faibles ou nuls dans le cas des sols nus. Les années à automne doux et hiver humide sont généralement des années de forte pollution nitrique en l'absence d'un couvert automnale qui absorbe l'azote disponible dans le sol. De même, une grande proportion des herbicides étant appliquée entre l'automne et le début du printemps, ce sont les pesticides les plus présents dans les eaux souterraines, contrairement aux fongicides et insecticides d'utilisation généralement plus printanière.

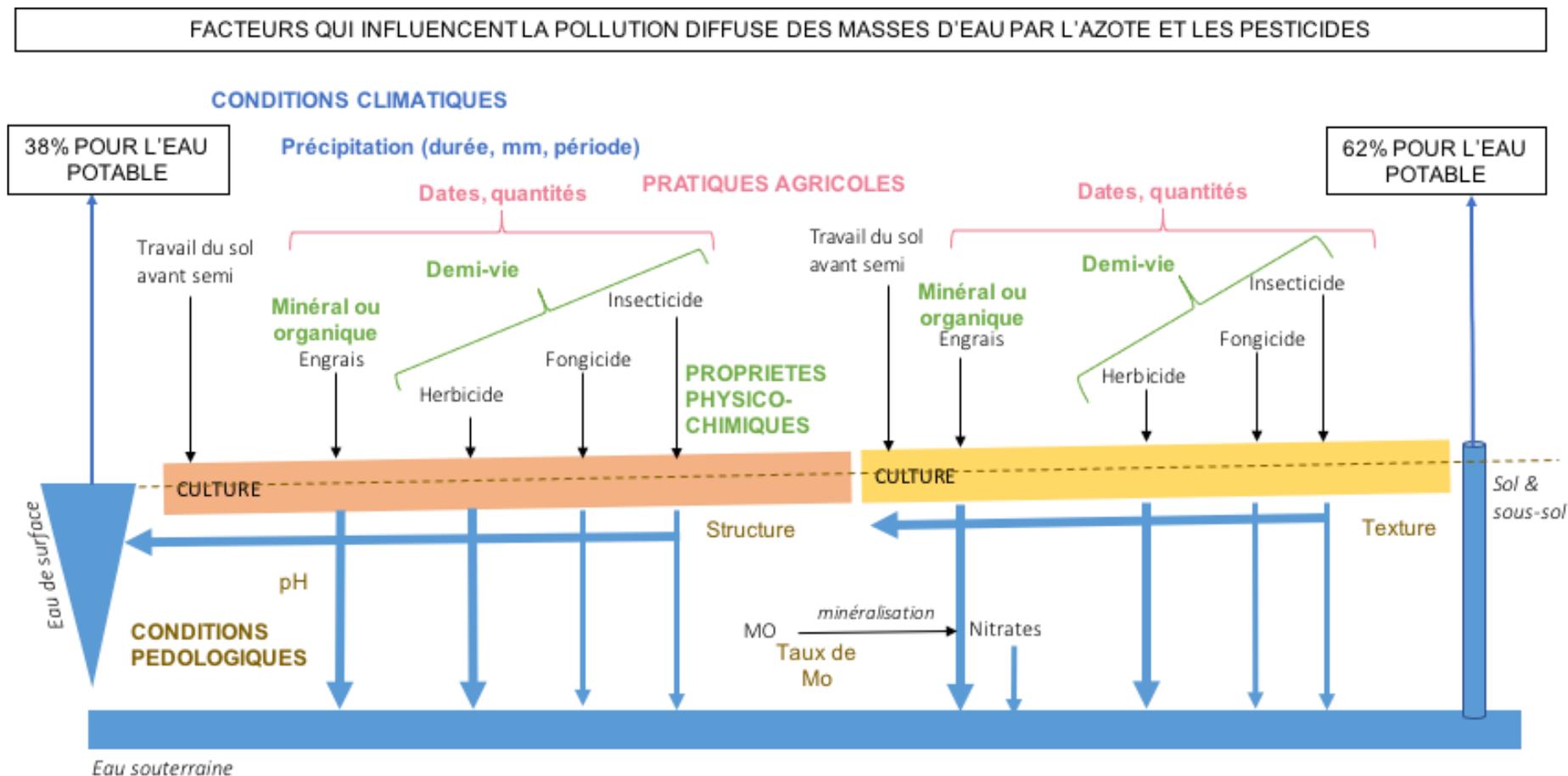
Enfin, les pratiques agricoles sont des facteurs majeurs sur lesquels il est plus facile d'agir pour limiter le phénomène de lixiviation et de ruissellement des MES. Par exemple, si un engrais est apporté à une période de faible besoin pour la culture, cet azote sera mobilisé par d'autres processus (comme la lixiviation) (Jeuffroy et al., 2013). Le travail du sol, par accroissement de la porosité structurale du sol, accroît notamment la minéralisation, et donc la potentielle lixiviation des nitrates générés s'ils ne sont pas absorbés par un couvert (Turpin et al., 1997). Cette minéralisation de la matière organique provoque notamment une baisse du phénomène d'adsorption des pesticides et donc de leur rétention dans le sol. Par ailleurs, en l'absence de couverture végétale, les nitrates produits par les bactéries ou les apports directs ne seront donc pas utilisés par un couvert végétal, le risque de lixiviation est alors accru.

## Synthèse technique La biologie fonctionnelle au service de la qualité de l'eau

---

Dans cette synthèse technique, nous proposons de faire appel à la **Lutte Biologique par Conservation et Gestion des Habitats** (LBCGH) comme levier pour à la fois atténuer les phénomènes de ruissellement et lixiviation des MES mais aussi limiter le recours aux intrants et donc protéger voire reconquérir la qualité des eaux de surface et souterraine.

## Synthèse technique La biologie fonctionnelle au service de la qualité de l'eau



## La LBCGH au service de la qualité des masses d'eau, comment ?

La LBCGH se caractérise par la synergie entre deux approches : une régulation descendante « Top down » et une régulation ascendante « Bottom up » qui vont être décrites à travers leur capacité à protéger voire reconquérir la qualité des eaux de surfaces et souterraines

### L'approche Top Down

L'approche Top Down s'appuie sur l'implantation d'infrastructures agroécologiques (IAE), définies comme des milieux semi-naturels qui ne reçoivent ni engrais, ni pesticides. Ce sont des milieux très divers : allant des prairies extensives aux haies composites en passant par les bandes fleuries et enherbées pour les plus étudiés (cf. synthèse technique OSAE : « Lutte biologique par conservation et gestion des habitats »). Ils permettent de répondre à l'enjeu de qualité des eaux à travers divers modes d'action :

#### 1. Régulation des ravageurs

L'instauration de ces surfaces de compensation écologique a pour but de favoriser les populations d'auxiliaires susceptibles de contribuer au contrôle biologique des bioagresseurs et par conséquent à l'utilisation moindre d'insecticides (Bianchi et al., 2006; Gurr et al., 2003; Thies, 1999). Pour choisir les essences d'arbres composant la haie ou le mélange d'espèces de la bande fleurie, nous vous invitons à visiter [Herbea](#). Cet outil numérique interactif, libre de droit, permet de connaître le réseau d'interactions entre ravageurs, plantes cultivées, auxiliaires et leurs plantes ressources, sous l'influence des pratiques agricoles et du contexte paysager.

Par ailleurs, après application des pesticides, ces derniers sont susceptibles de ruisseler en surface ou subsurface ou se lixivier vers les nappes (Figure 2). Ces différents écoulements de l'eau dans les sols entraînent majoritairement les herbicides et les nitrates appliqués en automne pendant les pluies efficaces. Ces phénomènes peuvent être atténués par les IAE grâce à différents processus détaillés ci-dessous :

#### 2. Rétention et diminution de la vitesse d'écoulement

La limitation des transferts en surface et subsurface vise à diminuer les vitesses d'écoulement des pesticides et nitrates véhiculés par les eaux de ruissellement. Et placées en position d'interception du ruissellement issu d'une zone agricole (en travers de la pente), une bande enherbée ou fleurie permet de favoriser ce phénomène (Catalogne and Le Henaff, 2018). Les critères d'efficacité de ces IAE sont une forte densité d'implantation associée à une bonne homogénéité. En effet, il est important qu'il n'y ait pas de passage préférentiel d'écoulement d'eau (bourrelet de terre) qui inverserait l'effet recherché. A garder en tête donc qu'il est nécessaire d'entretenir la continuité entre la parcelle et ces IAE sans bourrelet de terre ni dérayure de labour. Par ailleurs, les haies et fascines permettent d'intercepter les flux d'eau et donc de ralentir la vitesse d'écoulement des eaux ruisselées. Lorsqu'elles sont bien positionnées, dimensionnées et entretenues, les haies et fascines peuvent intercepter entre 74 et 99 % de la charge solide transportée par ruissellement (Catalogne and Le Henaff, 2018).

L'importante densité racinaire et la forte densité en matière organique du premier horizon découlant de l'implantation des IAE permettent une rugosité et une perméabilité du sol importantes favorisant la capacité d'infiltration du sol, mode d'action présenté ci-dessous.

#### 3. Infiltration

L'augmentation de la capacité d'infiltration du sol permet de limiter la quantité d'eau chargé de pesticides et nitrates qui ruisselle en surface et subsurface. Pour ce mode d'action, il est préférable de mettre en place des haies. Les racines de la strate herbacée des bandes

enherbées sont certes très denses en surface (0-40 cm), mais celles issues des arbres se développent aussi en profondeur (jusqu'à plusieurs mètres) et colonisent une épaisseur de sol plus importante. Les conséquences sur le parcours de l'eau sont différentes. L'enracinement plus profond permet une meilleure structure du sol et donc une capacité d'infiltration plus élevée. Cette meilleure structure du sol s'accompagne d'une activité biologique des sols accrue qui permet de favoriser le troisième mode d'action : la dégradation des MES.

#### 4. Dégradation / dénitrification

Les phénomènes de ralentissement de la vitesse d'écoulement et d'augmentation de l'infiltration augmentent le temps de séjour de l'eau et des pesticides et nitrates qu'elle véhicule. Ce qui permet par la suite aux différents processus de dégradation (biologiques ou abiotiques) de se dérouler, sous réserve d'une bonne activité biologique du sol et d'une forte concentration en matière organique. Ces deux conditions sont favorisées par la présence de haies mais aussi de bandes enherbées. La litière végétale qu'ils produisent permettent d'augmenter la concentration en MO du sol et favorise l'activité biologique du sol, essentielle pour dégrader ces produits.

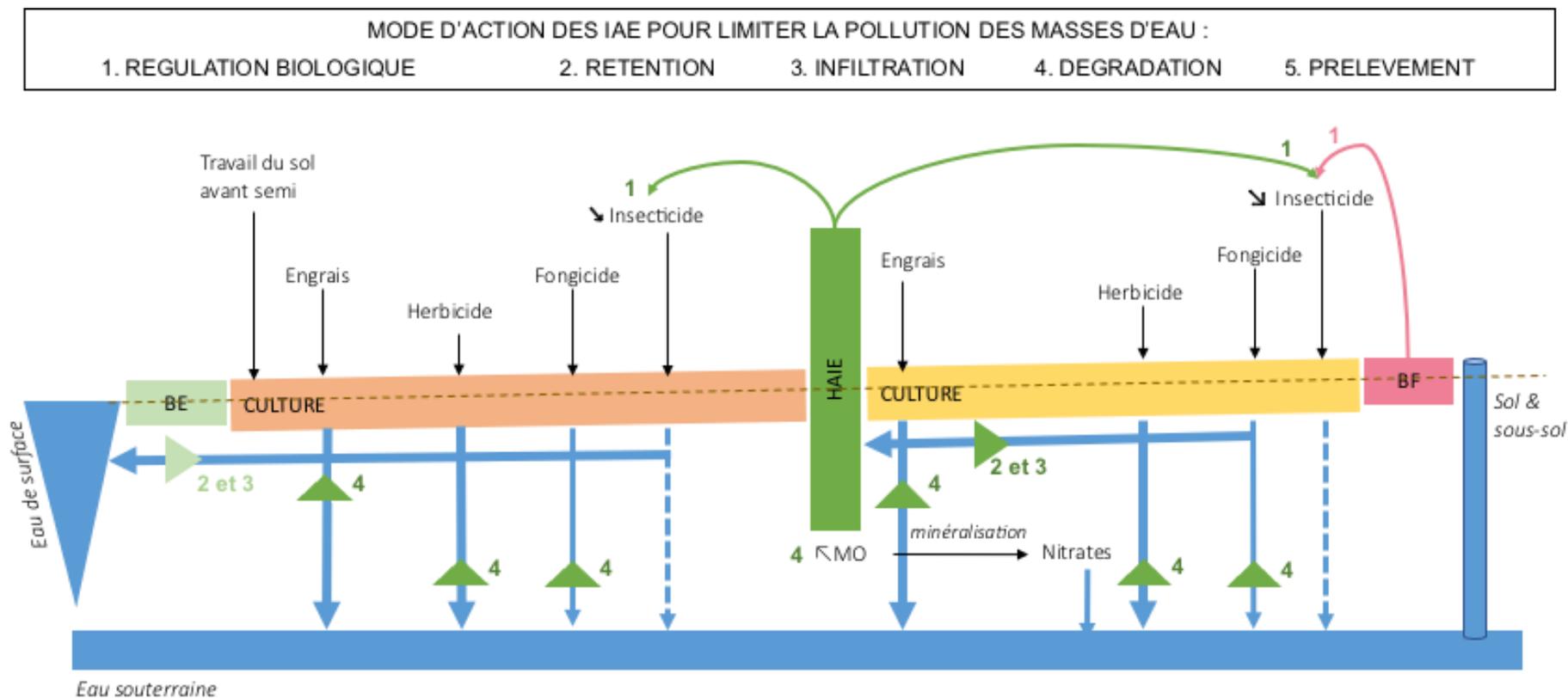
Par ailleurs, en hiver, la nitrification se développe dans toutes les couches non saturées, ce qui résulte d'une augmentation de la concentration en nitrates dans le sol potentiellement lixiviable. Pour limiter ce processus voire l'inverser, la dénitrification, il est nécessaire de connaître des conditions d'anaérobiose donc concrètement de saturation en eau plus ou moins permanentes des sols. C'est principalement le cas des prairies humides et boisements de bas-fond (incluant les ripisylves) qui connaissent des conditions de saturations plus ou moins permanentes. Alliées à une bonne activité biologique stimulée par l'enrichissement en matière organique du sol, ces deux éléments paysagers possèdent un potentiel avéré de dégradation des nitrates.

#### 5. Absorption racinaire

Comme pour l'eau, les arbres prélèvent des nutriments dans le milieu. Les racines des arbres sont souvent plus profondes que celles des cultures, elles peuvent intercepter des nutriments apportés en excès ou produits par minéralisation de la matière organique des sols, et limiter localement la lixiviation de nutriments vers les horizons de sol profonds et les nappes (Viaud and Thomas, 2019). Il faut néanmoins garder en tête que l'azote absorbé par la végétation sera susceptible d'être à nouveau libéré (chute de feuille, nécrose des racines). Un entretien des haies permettrait d'aboutir à un bilan positif. De plus, l'une des limites de ce mode d'action par les haies reste que la principale période de lixiviation des nitrates s'étant de novembre à mars, en période de repos végétatif. Ainsi, les couverts herbacés tels que les bandes enherbées et fleuries avec des espèces vivaces, présentent l'avantage d'être actif à cette période clé. L'association de ces deux éléments paysagers sera recommandée pour favoriser ce mode d'action.

L'installation des IAE qui découle de la mise en œuvre de la LBCGH permet de diminuer la vitesse d'écoulement de l'eau dans les sols, de favoriser la capacité d'infiltration des sols et de dégradation des MES. Donc l'approche Top Down de la LBCGH permet d'assurer un ensemble de fonctions environnementales particulièrement intéressantes pour répondre à l'enjeu de protection et reconquête de la qualité des eaux.

## Synthèse technique La biologie fonctionnelle au service de la qualité de l'eau



## L'approche Bottom up

La régulation Bottom up peut se faire par de nombreuses pratiques qui jouent sur différentes étapes du cycle des bioagresseurs (adventices, maladies et ravageurs) et concourent à limiter leurs incidences sans recours aux intrants chimiques. Ils répondent à plusieurs stratégies :

### 1. Action sur la population initiale

En amont, des méthodes peuvent être mobilisées pour agir sur le stock initial de bioagresseurs (stock de graines, inoculum et larves/œufs) et limiter le développement des populations qui sont sources de contamination des cultures. Parmi ces méthodes, il y a **l'allongement des rotations** qui est un levier important pour éviter la spatialisation des flores adventices et des ravageurs. Par exemple, l'alternance de cycles de cultures d'hiver et de printemps permet d'éviter l'installation des adventices dont le cycle de développement est calé sur celui de la culture.

De nombreuses recherches prouvent notamment que cette stratégie permet de protéger voire de reconquérir la qualité des masses d'eau (Altieri and Nicholls, 2004; Deike et al., 2008; Scholberg et al., 2010). Par ailleurs, le travail du sol, plus particulièrement l'alternance des profondeurs de travail du sol permet une gestion efficace des stock de semences des adventices et répondre à l'enjeu de protection de la qualité des masses d'eau (Hall et al., 1991; Hall and Mumma, 1994)

### 2. Stratégie d'évitement

L'objectif est d'éviter la concordance entre la phase de contamination du bioagresseur et la période de sensibilité de la culture. Le décalage des semis est une méthode qui permet de limiter l'utilisation des intrants. Pour les céréales d'hiver, les semis trop précoces augmentent les risques d'attaque des insectes à l'automne (cas des pucerons vecteurs de la Jaunisse Nanisante de l'Orge). Retarder les dates de semis permet de les éviter, en veillant toutefois à garder des conditions favorables pour l'implantation de la culture.

### 3. Stratégie d'atténuation

Cette stratégie a pour objectif de minimiser les dégâts lorsque la culture et le bioagresseur se trouvent en contact. Il s'agit d'augmenter la compétitivité de la culture et d'éviter les conditions favorables au développement des adventices, maladies ou ravageurs en jouant sur des associations d'espèces et de variétés et sur les dates de semis, ainsi que la fertilisation. Les cultures intercalaires, les semis sous couverts, ou l'association de cultures permettent de couvrir l'inter-rang et de concurrencer par conséquent les adventices. Les associations légumineuses et céréales assurent par exemple une compétition vis-à-vis des adventices pour la lumière et une meilleure efficacité de l'utilisation de l'azote, ce qui en limite la quantité disponible pour les adventices.

Ces différentes méthodes permettent de limiter la pression sur la qualité des masses d'eau (Drinkwater et al., 1998; Gurr et al., 2003; Holderbaum et al., 1990). Néanmoins, la mise en place de bandes enherbées en vignes par exemple, permet d'améliorer la fonction de filtre du sol mais sa destruction peut entraîner l'utilisation d'herbicides plus importante que si le sol était resté nu (Aubertot et al., 2007). L'efficacité des solutions techniques mentionnées pour protéger la qualité des eaux souterraines reste donc posée.

Les phénomènes de lixiviation et ruissellement des pesticides et nitrates sont le résultat d'une interaction entre plusieurs facteurs (présentés en amont). Si ces phénomènes sont bien connus, l'impact quantifié de ces solutions techniques reste difficile, nécessitant des

expérimentations lourdement instrumentées. La limitation de l'utilisation des pesticides et intrants azotés comme proposé par l'approche bottom up permet de diminuer la pression de pollution sur les masses d'eau. Combinée à l'approche top down, la mise en œuvre de la LBCGH paraît donc pertinente si l'on vise une réduction significative de la contamination des milieux.

## **Autres leviers au service de la qualité des eaux : un tour d'horizon en Europe**

La problématique de la pollution diffuse des eaux souterraines est commune dans les différents pays européens, et certains acteurs développent des leviers, qui peuvent se combiner entre eux, afin de favoriser le changement des pratiques agricoles à long terme comme les **aides incitatives**, le développement d'une **filière territoriale**, **l'acquisition foncière**, et enfin un **accompagnement individuel**.

Les scénarios peuvent être identiques comme la conversion en agriculture biologique sur tout ou partie de la surface du territoire. On le retrouve dans les cas de l'AAC d'Évian, de Lons-le-Saunier, de Munich en Allemagne et dans trois AAC situées dans les régions Centre, Nord-Pas de Calais et Haute Normandie. Les leviers mobilisés sont néanmoins différents.

Pour préserver la qualité de l'eau minérale d'Évian, l'Association pour la Protection de l'Impluvium de l'Eau Minérale d'Évian a défini et financé des aménagements et pratiques. Les agriculteurs perçoivent des subventions afin de ne plus utiliser de produits phytosanitaires et privilégier la lutte biologique. Les bâtiments d'élevage sont mis aux normes (couverture des fumiers, imperméabilisation des plates-formes) et les méthodes de fertilisation sont mieux étudiées et contrôlées (Boulier, 2011). La municipalité de Munich (Allemagne) a également décidé d'encourager l'agriculture biologique à travers des aides de l'État (Barataud et al., 2014a). Dans le cas de Lons-les-Saunier, les agriculteurs sont encouragés à la conversion en agriculture biologique par le biais d'aides mais aussi par le développement d'une filière locale avec les établissements collectifs qui sont approvisionnés par ces produits biologiques (Allain, 2013; Barataud et al., 2016).

En Ecosse, un programme incitatif pour des bonnes pratiques lié à un accompagnement individuel avec experts pour la qualité des eaux souterraines a été mis en place depuis 2015 sur six AAC et basé sur des financements personnels (Scottish Water, 2012). Les bonnes pratiques peuvent être la substitution de produits moins impactant pour la qualité des eaux souterraines, de suivre un plan de fumure lié aux analyses de sol, de changer de buses pour épandre les pesticides. De façon similaire, en Angleterre, un programme a été lancé en 2009 afin d'avoir un suivi individuel des exploitations agricoles par des experts et une proposition de mesures adaptées et issues d'un inventaire de mesures permettant de protéger la qualité des eaux souterraines (Catchment Sensitive Farming Evidence Team, 2011). Une étude auprès des agriculteurs à la suite de la mise en place de ce programme a montré que les agriculteurs étaient satisfaits et appréciaient la relation de face-à-face qu'ils avaient avec le conseiller. 58% des agriculteurs ayant reçus un conseil individuel ont mis en œuvre toutes les mesures qui leur ont été proposés. Cette approche individuelle à l'échelle de l'exploitation agricole semble donc réussie et a le potentiel de reconquérir la qualité des eaux souterraines en Angleterre si ce programme est accompagné de subventions (Kay et al., 2012).

## Glossaire et abréviations

**Masses d'eau** : est une portion de cours d'eau, canal, aquifère, plan d'eau ou zone côtière homogène. Il s'agit d'un découpage élémentaire des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la directive cadre sur l'eau 2000/60/CE.

**Lixiviation** : est un entraînement de sels solubles. A ne pas confondre avec le lessivage, migration dans la couche de sol de particules en suspension (Turpin et al., 1997). Les produits azotés sont le plus souvent sous forme dissoute, donc pour parler du phénomène de pollution des eaux souterraines, nous parlerons du phénomène de **lixiviation**

**Ruissellement** : est un écoulement à la surface du sol, des eaux de pluie ou de celles de la fonte des neiges, pouvant constituer un facteur d'érosion important.

**Mauvais état chimique des masses d'eau** : En France, la réglementation fixe des valeurs limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine. La concentration limite en nitrates est fixée à 50mg/L au robinet du consommateur. Au-delà de ce seuil, les nitrates peuvent engendrer lors d'une consommation régulière et importante un empoisonnement du sang des nourrissons appelé méthémoglobinémie, ou encore maladie de l'enfant bleu (Bruning-Fann and Kaneene, 1993). Concernant les pesticides, substances ou produits destinés à lutter contre les organismes jugés nuisibles, qu'il s'agisse de plantes, d'animaux, de champignons ou de bactéries, la teneur limite est fixée à 0,1µg/L pour chaque pesticide, et 0,5µg/L pour le total des pesticides utilisés.

**L'état écologique d'une masse d'eau de surface** : résulte de l'appréciation de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés à cette masse d'eau. Il est déterminé à l'aide d'éléments de qualité : biologiques (espèces végétales et animales), hydromorphologiques et physico-chimiques, appréciés par des indicateurs (par exemple les indices invertébrés ou poissons en cours d'eau). Pour chaque type de masse de d'eau (par exemple : petit cours d'eau de montagne, lac peu profond de plaine, côte vaseuse...), il se caractérise par un écart aux « conditions de référence » de ce type, qui est désigné par l'une des cinq classes suivantes : très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais. Les conditions de référence d'un type de masse d'eau sont les conditions représentatives d'une eau de surface de ce type, pas ou très peu influencée par l'activité humaine.

**Azote minéral** : représente les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) qui représentent 2 à 4 % de l'azote total du sol. Alors que **l'azote organique migre difficilement** dans le milieu car peu soluble dans l'eau. Forme hautement soluble dans l'eau et donc migre facilement vers les masses d'eau.

**Azote organique** : est intégré dans les quatre autres compartiments dans le sol ; les résidus de culture, la biomasse microbienne, la matière organique labile et stable.

**Demi-vie (DT50)** : désigne le temps nécessaire pour que 50 pour cent de la masse de la substance disparaisse du sol ou de l'eau à la suite des transformations. Les processus biologiques (biodégradation) et physico-chimiques (hydrolyse, photolyse, etc.) constituent les principaux mécanismes de dégradation.

**Lutte biologique par conservation et gestion des habitats** : est un concept de lutte contre les ravageurs. Sa particularité est de manipuler l'environnement afin de favoriser les auxiliaires (animal prédateur ou parasite qui, par son mode de vie, apporte son concours à la destruction de ravageurs nuisibles aux cultures, définition de l'AFPP) et de désavantager les ravageurs. Pour en savoir plus : cf. synthèse technique

## Abréviations

AAC : Aire d'Alimentation de Captage

AMPA : Acide Aminométhylphosphonique

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

IAE : Infrastructure Agroécologique

LBCGH : Lutte biologique par conservation et gestion des habitats

MES : Molécules en suspension

## Synthèse technique

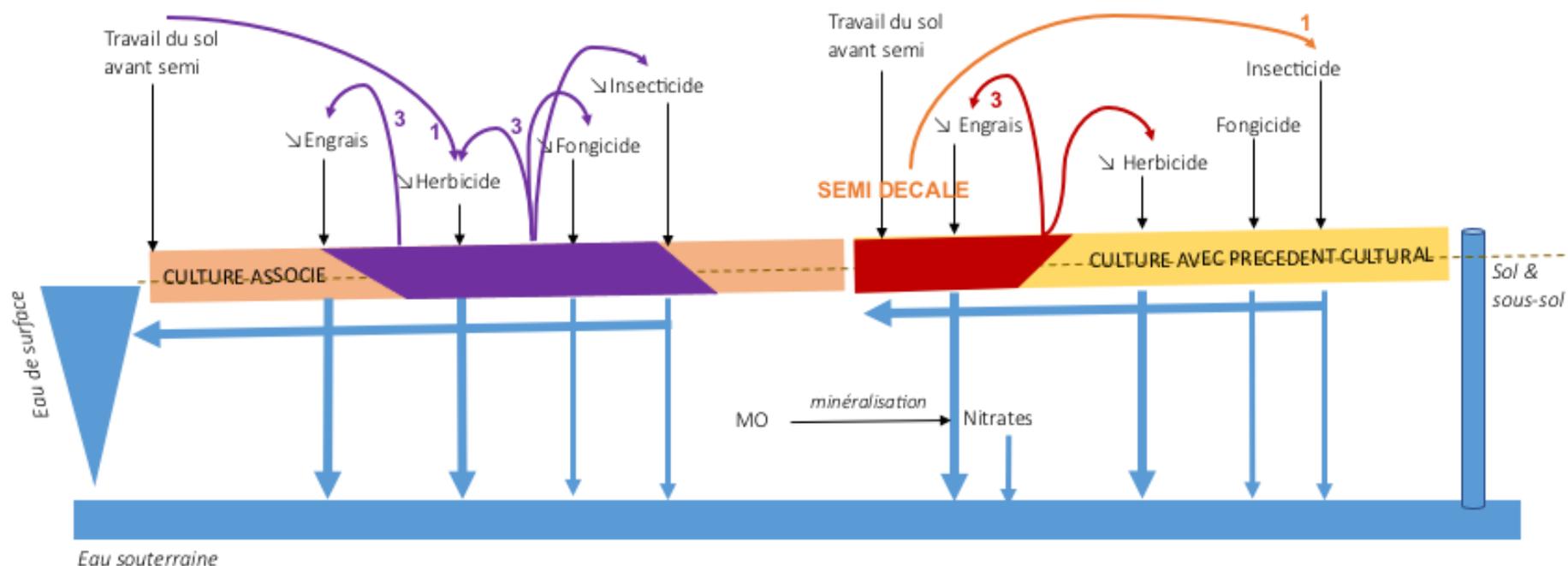
### La biologie fonctionnelle au service de la qualité de l'eau

STRATEGIES POUR LIMITER L'UTILISATION DES INTRANTS CHIMIQUES ET DONC LA PRESSION SUR LA QUALITE DES MASSES D'EAU :

1. ACTION SUR LA POPULATION INITIALE

2. STRATEGIE D'EVITEMENT

3. STRATEGIE D'ATTENUATION



## Ressources bibliographiques

Altieri, M., Nicholls, C., 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems. CRC Press.

Aubertot, J.-N., Barbier, J.M., Carpentier, A., Gril, J.-N., Guichard, L., Lucas, P., Savary, S., Voltz, M., 2007. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Expertise scientifique collective Inra-Cemagref (décembre 2005).

Barataud, F., 2014. Accompagner les acteurs dans des démarches de protection de la ressource en eau.

Barataud, F., Reau, R., Hellec, F., 2016. Regards croisés sur des démarches de protection de l'eau associant le monde agricole. Agron. Environ. Sociétés 6, 115–125.

Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H., Tscharntke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. 273, 1715–1727. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>

BIPE, 2019. Les services publics d'eau et d'assainissement en France (No. 7ème édition). BIPE.

Brun, A., 2003. Aménagement et gestion des eaux en France : l'échec de la politique de l'eau face aux intérêts du monde agricole. VertigoO- Rev. Électronique En Sci. Environ. 4.

Catalogne, C., Le Henaff, G., 2018. Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour l'atténuation des transferts de contaminants d'origine agricole [WWW Document]. Cent. Ressour. Génie Écologique. URL <http://www.genieecologique.fr/reference-biblio/guide-daide-implantation-des-zones-tampons-pour-lattenuation-des-transferts-de> (accessed 10.27.20).

Commissariat général du développement durable, 2016. L'eau et les milieux aquatiques - Chiffres clés. Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer.

Deike, S., Pallutt, B., Melander, B., Strassemeier, J., Christen, O., 2008. Long-term productivity and environmental effects of arable farming as affected by crop rotation, soil tillage intensity and strategy of pesticide use: A case-study of two long-term field experiments in Germany and Denmark. Eur. J. Agron. 29, 191–199.

Drinkwater, L.E., Wagoner, P., Sarrantonio, M., 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. Nature 396, 262.

Ghiotti, S., 2010. 7. Le « bon état écologique des eaux » pour 2015 : une ambition qui bouscule la gestion des territoires en France, in : L'eau Mondialisée. La Découverte, pp. 143–159.

Gurr, G.M., Wratten, S.D., Luna, J.M., 2003. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. Basic Appl. Ecol. 4, 107–116.

Hall, J.K., Mumma, R.O., 1994. Dicamba mobility in conventionally tilled and non-tilled soil. Soil Tillage Res. 30, 3–17.

Hall, J.K., Mumma, R.O., Watts, D.W., 1991. Leaching and runoff losses of herbicides in a tilled and untilled field. Agric. Ecosyst. Environ. 37, 303–314.

Hénin, S., 1980. Rapport du groupe de travail " Activités agricoles et qualité des eaux ". Ministère de l'agriculture.

Holderbaum, J.F., Decker, A.M., Messinger, J.J., Mulford, F.R., Vough, L.R., 1990. Fall-seeded legume cover crops for no-tillage corn in the humid East. Agron. J. 82, 117–124.

Jeuffroy, M.-H., Gate, P., Machet, J.-M., Recous, S., 2013. Gestion de l'azote en grandes cultures : les connaissances et outils disponibles permettent-ils de concilier exigences agronomiques et environnementales ? Cah. Agric. 22, 249–257.

Kuhfuss, L., Jacquet, F., Preget, R., Thoyer, S., others, 2012. Le dispositif des MAEt pour l'enjeu eau : une fausse bonne idée ? Rev. D'Études En Agric. EnvironnementReview Agric. Environ.

Stud. 93, 395–421.

Menard, A., Poux, X., Lumbroso, S., 2014. Protection des captages contre les pollutions diffuses agricoles : diagnostic, démarches et acteurs.

Ministère de l'environnement, 2013. La conférence environnementale - deuxième feuille de route pour la transition écologique.

Oenema, O., Witzke, H.P., Klimont, Z., Lesschen, J.P., Velthof, G.L., 2009. Integrated assessment of promising measures to decrease nitrogen losses from agriculture in EU-27. *Agric. Ecosyst. Environ.*, Reactive nitrogen in agroecosystems: Integration with greenhouse gas interactions 133, 280–288. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.04.025>

Scholberg, J.M., Dogliotti, S., Leoni, C., Cherr, C.M., Zotarelli, L., Rossing, W.A., 2010. Cover crops for sustainable agrosystems in the Americas, in: *Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming*. Springer, pp. 23–58.

Soulard, C.T., 2005. Les agriculteurs et la pollution des eaux. Proposition d'une géographie des pratiques. *Nat. Sci. Sociétés* 13, 154–164.

Thies, C., 1999. Landscape Structure and Biological Control in Agroecosystems. *Science* 285, 893–895. <https://doi.org/10.1126/science.285.5429.893>

Thoyer, S., Saïd, S., 2007. Mesures agri-environnementales : quels mécanismes d'allocation ? *Conserv. Biodiversité Polit. Agric. Commune L'Union Eur. Doc. Fr. Paris*.

Turpin, N., Vernier, F., Joncour, F., 1997. Transferts de nutriments des sols vers les eaux - Influence des pratiques agricoles - Synthèse bibliographique. *Ingénieries-EAT* p-3.

van der Werf, H.M., 1996. Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agric. Ecosyst. Environ.* 60, 81–96.

Viaud, V., Thomas, Z., 2019. Une réflexion sur l'état des connaissances des fonctions du bocage pour l'eau dans une perspective de mobilisation pour l'action. *Sci. Eaux Territ.* Numéro 30, 32–37.

Vincent, A., 2016. Agriculture et protection de la qualité de l'eau : géo-agronomie des conditions de développement de l'agriculture biologique à l'échelle territoriale.