



HAL
open science

Aide à l'optimisation des actions de protection des captages. Méthodologie de choix d'actions pertinentes en fonction des typologies de transfert sur une Aire d'Alimentation de Captage. Application aux captages Grenelle. Irstea - BRGM - ONEMA

F. Barrez, V. Wibaux, G. Le Hénaff, J.F. Vernoux, Nadia Carluer

► **To cite this version:**

F. Barrez, V. Wibaux, G. Le Hénaff, J.F. Vernoux, Nadia Carluer. Aide à l'optimisation des actions de protection des captages. Méthodologie de choix d'actions pertinentes en fonction des typologies de transfert sur une Aire d'Alimentation de Captage. Application aux captages Grenelle. Irstea - BRGM - ONEMA. [Rapport de recherche] irstea. 2012, pp.29. hal-02598191

HAL Id: hal-02598191

<https://hal.inrae.fr/hal-02598191>

Submitted on 15 May 2020

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

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

2011 – Substances Polluantes - Action 29

Aide à l'optimisation des actions de protection des captages

**Méthodologie de choix d'actions
pertinentes en fonction des typologies de
transfert sur une Aire d'Alimentation de
Captage. Application aux captages
Grenelle**

Rapport intermédiaire

**Frédéric BARREZ (Irstea)
Valérie WIBAUX (Irstea)
Guy LE HENAFF (Irstea)
Jean-François VERNOUX (BRGM)
Nadia CARLUER (Irstea)**

Février 2012

Document élaboré dans le cadre de : convention ONEMA-IRSTEA et convention
ONEMA-BRGM

- **AUTEURS**

Frédéric BARREZ, hydrogéologue (Irstea), frederic.barrez@irstea.fr

Valérie WIBAUX, stagiaire (Irstea), valerie.wibaux@irstea.fr

Guy LE HENAFF, agronome (Irstea), guy.le-henaff@irstea.fr

Jean-François VERNOUX, hydrogéologue (BRGM), jf.vernoux@brgm.fr

Nadia CARLUER, hydrologue » (Irstea), nadia.carluer@irstea.fr

- **CORRESPONDANTS**

Onema : **Nicolas DOMANGE**, chargé de mission « pollutions diffuses » (ONEMA), nicolas.domange@onema.fr

Partenaire : **Nadia CARLUER**, animatrice de l'équipe « pollutions agricoles diffuses » (Irstea), nadia.carluer@irstea.fr

Jean-François VERNOUX, hydrogéologue (BRGM), jf.vernoux@brgm.fr

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : nationale

Niveau de lecture : professionnels, experts

- **SOMMAIRE**

1. Introduction	4
2. Typologie des transferts sur une Aire d’Alimentation de Captage.....	5
1.2.1. Identification des transferts théoriques sur une AAC	5
2.1.1. Délimitation et cartographie de la vulnérabilité des AAC d’eau souterraine	6
2.1.2. Cartographie de la vulnérabilité des Aires d’Alimentation de captage d’eau de surface	8
2.1.3. Temps de transfert.....	10
2.2.2. Synthèse préliminaire des mécanismes de transfert au sein d’une AAC	11
3.2.3. Essai d’identification d’une typologie théorique des captages en termes de modes de transfert prépondérants des contaminants.....	13
4.2.4. Application de la typologie	15
2.4.1. Présélection des sites d’étude	16
2.4.2. Approche méthodologique	17
2.4.2.1. Réalisation de schémas explicatifs et de fiches de synthèse	17
2.4.2.2. Comparaison avec la carte hydrogéologique	18
2.4.3. Un exemple de cas étudié : le champ captant de Quiéry-la-Motte (62)	20
3. Inventaire des actions possibles pour limiter l’impact des pollutions agricoles sur une AAC.....	22
5.3.1. Les actions pour limiter les pollutions ponctuelles	22
6.3.2. Les actions pour limiter les pollutions diffuses	23
3.2.1. Les grandes classes d’action	23
3.2.2. Essais de hiérarchisation.....	23
4. Perspectives de l’action	26
5. Bibliographie	26
6. Annexe 1 : Rapport de Valérie Wibaux (2011)	28

- **AIDE A L'OPTIMISATION DES ACTIONS DE PROTECTION DES CAPTAGES : METHODOLOGIE DE CHOIX D' ACTIONS PERTINENTES EN FONCTION DES TYPOLOGIES DE TRANSFERT SUR UNE AIRE D'ALIMENTATION DE CAPTAGE. APPLICATION AUX CAPTAGES GRENELLE**

1. Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE, directive 2000/60/CE) du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle fixe des objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles (eaux douces et eaux côtières) et pour les eaux souterraines. Son objectif est d'atteindre un « bon état » écologique et chimique de toutes les eaux communautaires d'ici à 2015.

La DCE, transposée en droit français par la loi du 21 avril 2004, est appliquée en France à travers les SDAGE, Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux, déclinés par grands bassins hydrographiques. Les objectifs ambitieux en matière de reconquête de la ressource en eau de la DCE ont permis de définir à l'échelle de chaque bassin un certain nombre de captages prioritaires, dits « captages SDAGE » qu'il convient de protéger en priorité vis-à-vis des pollutions diffuses (notamment nitrates et pesticides). Ils représentent sur le territoire national, environ 2700 captages prioritaires si l'on ne tient compte, pour l'Agence de l'Eau Seine Normandie, que des captages relevant des cas 3 et 4 du SDAGE¹.

D'autre part, l'article 27 de la loi de programmation du 3 août 2009 (loi 2009-967) pour la mise en oeuvre des conclusions du Grenelle de l'Environnement prévoit d'assurer la protection d'un peu plus de 500 captages parmi les plus menacés par les pollutions diffuses. Ces captages, dits « Grenelle » sont inclus parmi les captages prioritaires SDAGE et doivent faire l'objet d'une protection de leur aire d'alimentation dès 2012.

Pour opérer la protection de ces captages vis-à-vis des pollutions diffuses, il convient de définir et de mettre en oeuvre des programmes d'action adaptés pour protéger et/ou améliorer efficacement la qualité de l'eau. Or, ces programmes d'action sont difficiles à élaborer, notamment parce qu'ils réclament au préalable une très bonne connaissance :

1. du milieu naturel et des modes de transfert des contaminants
2. des pressions en zone agricole et non agricole
3. du contexte socio-économique local
4. des actions possibles pour limiter l'utilisation des intrants et leurs transferts, ainsi que leurs modalités d'agencement dans le programme d'action

Les études préliminaires au programme d'action permettent de répondre aux 3 premiers points :

- deux guides méthodologiques permettent de délimiter et de cartographier la vulnérabilité de l'aire d'alimentation de captage (AAC). L'un définit la méthodologie à employer pour les captages d'eau souterraine (Vernoux et al., 2007), l'autre pour les captages d'eau de surface (Le Hénaff et Gauroy, 2011)
- l'établissement du diagnostic des pressions repose sur un mémento (2010) et un cahier des charges (2010) définis par les agences de l'eau et les Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement
- l'Agence de l'Eau Seine-Normandie a développé une méthodologie (2010) et un cahier des charges (2010) pour définir le diagnostic socio-économique agricole sur une aire d'alimentation de captage.

¹ Les captages classés dans le cas 3 du SDAGE de l'Agence de l'Eau Seine Normandie correspondent aux captages dépassant le seuil de vigilance (soit 25mg/L de nitrates et/ou pour les substances phytosanitaires 0,05µg/l par substance et 0,25µg/l pour la somme) avec une tendance à la hausse. Les captages classés dans le cas 4 du SDAGE correspondent aux captages dépassant le seuil d'action renforcé (soit 37mg/l de nitrates et/ou pour les substances phytosanitaires 0,075µg/l par substance et 0,35µg/l pour la somme)

Cependant, il existe une lacune méthodologique importante pour le quatrième point, aucun guide méthodologique « technique » permettant d'élaborer un plan d'action efficace en terme de qualité de l'eau n'ayant encore pu être élaboré à ce jour. Ceci peut s'expliquer notamment parce qu'il est complexe de définir quelles actions (hors interdiction ou absence d'apports azotés et/ou phytosanitaires) sont à privilégier pour protéger la ressource en eau, comment définir leur efficacité *a priori*, et comment les articuler dans le programme d'actions en tenant compte des aspects réglementaires, techniques (incorporation notamment dans la conduite agronomique), sociologiques (acceptation) et économiques (coût des mesures).

Une telle méthodologie prenant en compte l'ensemble de ces paramètres est encore trop complexe à élaborer à ce jour. Un travail préliminaire doit être en effet effectué sur la typologie des transferts prédominants sur les AAC afin de permettre d'identifier pour chaque situation quelles actions seront les plus pertinentes pour les limiter et éviter ainsi la contamination des eaux par les pollutions diffuses.

Pour réaliser ce travail préliminaire, dans le cadre de l'action financée par l'ONEMA et intitulée- « Aide quant à l'optimisation des actions pour protéger un captage : méthodologie de choix d'actions pertinentes en fonction des typologies de transfert sur une AAC - Application sur les captages grenelles », nous proposons l'approche suivante :

- l'élaboration d'une typologie théorique des transferts prédominants sur les aires d'alimentation de captage et son application sur quelques sites d'étude
- l'inventaire des actions (modifications de pratiques, aménagement du territoire, de l'occupation du sol...) et évaluation de leur impact possible sur la qualité de l'eau en fonction de leur influence théorique sur la limitation des transferts
- la réalisation d'un diagnostic théorique des actions à mettre en place en fonction des types de transferts rencontrés et l'évaluation de la hiérarchisation des actions en termes d'efficacité pour l'amélioration de la qualité de l'eau vis-à-vis des pollutions diffuses.

Dans ce rapport préliminaire, nous ferons un point sur l'élaboration de la typologie des transferts dominants sur les AAC et nous effectuerons un inventaire non exhaustif des actions envisageables pour limiter l'impact des pollutions diffuses sur la qualité de l'eau des captages. Les suites et perspectives de l'action seront discutées à la fin de ce rapport.

2. Typologie des transferts sur une Aire d'Alimentation de Captage

La mise en place d'actions efficaces en termes de réduction des pollutions diffuses et d'amélioration et/ou de préservation de la qualité de l'eau, réclame une connaissance fine des processus de transfert intervenant au sein des aires d'alimentation de captage en surface, en profondeur et au niveau de l'interaction eau de surface/eau souterraine. Une typologie des processus de transfert apparaît donc nécessaire, afin de permettre ensuite de rattacher chaque AAC (ou chaque portion d'AAC) à un type de situation, et de guider ainsi la démarche de diagnostic de la vulnérabilité, puis la proposition d'actions correctives (ou préventives) pertinentes.

2.1. Identification des transferts théoriques sur une AAC

Il existe actuellement deux méthodes de caractérisation de la délimitation et la cartographie de la vulnérabilité des aires d'alimentation de captage :

- la première s'adresse aux captages d'eau souterraine et a été définie par le BRGM (Vernoux et al., 2007)
- la seconde s'applique aux captages d'eau de surface et a été définie par le Cemagref (Le Hénaff et Gauroy, 2011)

Ces deux méthodes ont pour objectif, *in fine*, de permettre aux bureaux d'étude en charge de la délimitation des AAC et de la cartographie de leur vulnérabilité de se baser sur des méthodologies communes pour l'ensemble des AAC sur le territoire national, qui respectent un certain nombre de règles. Ainsi, quel que soit l'utilisateur de la méthode, les résultats obtenus pourront être sensiblement comparables et les cartes de vulnérabilité produites cohérentes d'une AAC à une autre. A terme, ces deux méthodes pourront être regroupées afin notamment de mieux répondre à

l'enjeu des captages dits « mixtes » (eau provenant d'un mélange eau de surface/ eau souterraine, cas typique des captages en nappe alluviale, cf Fig. 1). La fusion des deux guides méthodologiques ne fait pas l'objet de cette étude, mais la présentation des deux méthodologies permettra d'exposer les mécanismes considérés comme prépondérants pour chacune d'entre elle, synthèse qui servira de base à l'élaboration d'une typologie des transferts pouvant être rencontrés sur une aire d'alimentation de captage.

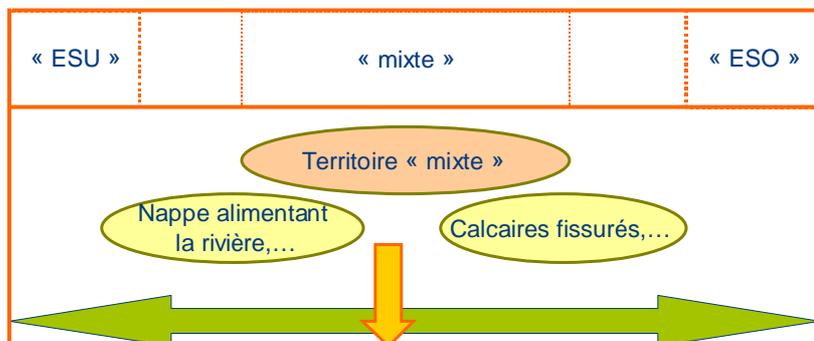


Figure 1 : Schématisation de la partition des aires d'alimentation de captage (ESU = Eau de Surface, ESO = Eau Souterraine)

2.1.1. Délimitation et cartographie de la vulnérabilité des AAC d'eau souterraine

Le but de la méthodologie définie par Vernoux et al. (2007) est de délimiter et de cartographier l'aire d'alimentation d'un ouvrage (au sens du dictionnaire SANDRE)² captant des eaux souterraines.

Cette méthode comprend 3 étapes :

- l'étude géologique et hydrogéologique détaillée de l'ensemble du bassin versant souterrain
- la délimitation de la portion de nappe alimentant le captage et l'identification de la zone en surface susceptible d'influer sur la qualité de l'eau du captage
- la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aire d'alimentation du captage

Que ce soit pour la délimitation de l'AAC ou la cartographie de la vulnérabilité, la méthode proposée dépend du type d'aquifère. Trois types d'aquifère ont ainsi été définis :

- Les aquifères continus (alluvions, sables...)
- Les aquifères discontinus fissurés (roches cristallines, métamorphiques...)
- Les aquifères discontinus karstiques (certains calcaires...)

Lorsque des aquifères de types différents sont rencontrés (par exemple un aquifère karstique alimentant une nappe alluviale), la portion de l'AAC qui correspond à chaque aquifère doit être différenciée et les méthodes correspondant aux deux types d'aquifère doivent être combinées.

Pour la deuxième phase de l'étude, il importe de distinguer la Portion de Nappe Alimentant le Captage (PNAC), de l'AAC (Fig.2). Lorsque la PNAC est délimitée, il est alors possible de délimiter l'AAC. Plusieurs cas de figure peuvent exister :

- L'AAC peut être la simple projection en surface de la PNAC délimitée précédemment
- La surface de l'AAC peut s'avérer plus importante que la projection de la PNAC si la nappe est alimentée par ses bordures, la projection en surface de la nappe alimentant le captage étant étendue en intégrant ces bordures
- La surface de l'AAC peut être moins importante que la projection de la PNAC si une partie de l'aquifère est captive par exemple.

² Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (2011) - Zonages Techniques et Réglementaires du Domaine de l'Eau – Thème « Zonages », v1, 132p.

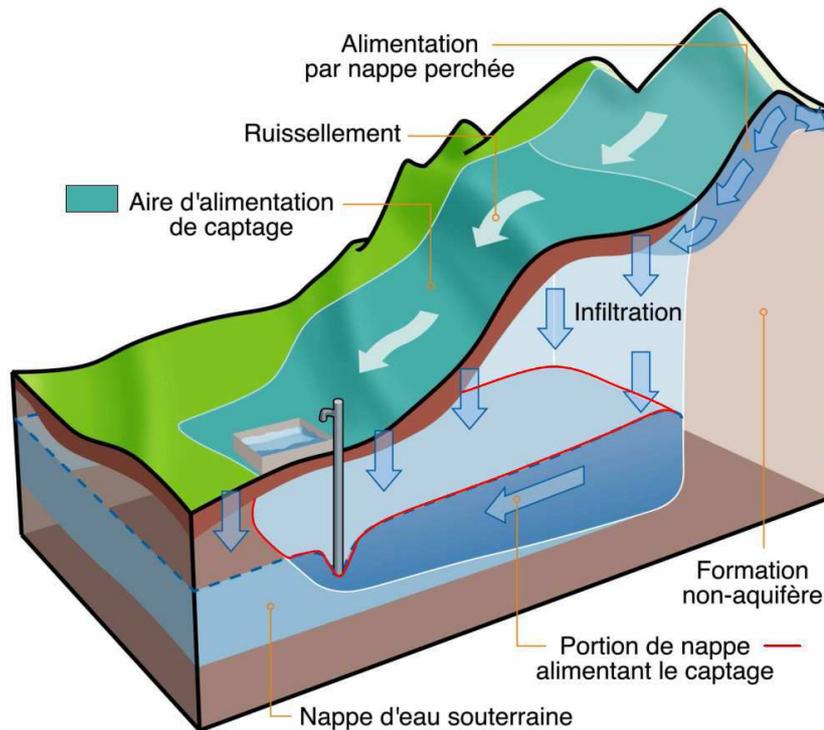


Figure 2 : Aire d'Alimentation de Captage et Portion de Nappe Alimentant le Captage

Pour la troisième phase, c'est à dire la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque, les paramètres pris en compte varient selon le type d'aquifère. Ces paramètres ont été repris de méthodes existantes et adaptées à la problématique de la protection des captages vis-à-vis des pollutions diffuses. Pour chacun des trois systèmes aquifères (continu, discontinu fissuré et discontinu karstique), l'écoulement de l'eau dans l'aquifère est pris en compte et une adaptation des méthodologies existantes de cartographie de la vulnérabilité est proposée (Fig. 3). La vulnérabilité intrinsèque globale est calculée comme la somme pondérée de plusieurs paramètres classifiés :

$$D_i = \sum_{j=1}^{j=n} (W_j R_j)$$

Avec D_i : index de vulnérabilité global d'une unité cartographique

W_j : facteur de pondération du paramètre j

R_j : index du paramètre j

n : nombre de paramètres pris en compte

Le facteur de pondération est estimé selon l'importance que l'on attache au paramètre ; il varie entre 0 et 1, la somme des facteurs étant égale à 1. Par la suite, des valeurs de facteurs de pondération pour chaque type d'aquifère sont proposées. **Pour un aquifère continu par exemple, il est considéré que l'infiltration** (au sens hydrogéologique du terme, c'est-à-dire la percolation « profonde » au sens hydrologique) **et les caractéristiques du sol sont les paramètres les plus importants à prendre en compte pour caractériser la vulnérabilité. Dans le cas d'un aquifère fissuré, c'est la présence de fractures (paramètre discontinuités) qui est considéré comme prépondérant. Enfin dans le cas d'un aquifère karstique, c'est l'infiltration par les zones de dolines et de pertes en rivière.** Ces valeurs ont bien entendu un caractère relatif et peuvent être le cas échéant adaptées au contexte local.

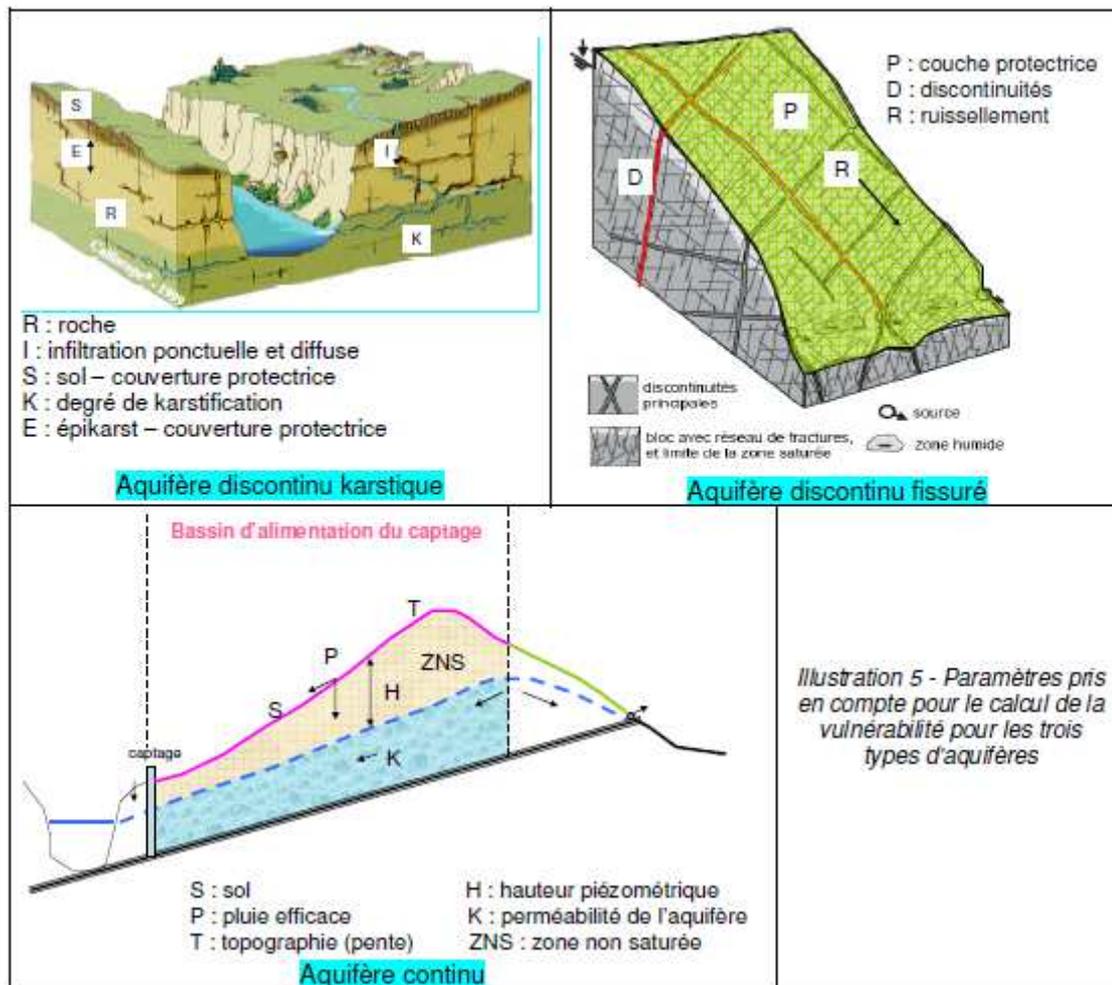


Figure 3 : Paramètres pris en compte pour le calcul de la vulnérabilité intrinsèque pour les 3 types de système aquifère (Vernoux et al., 2007)

2.1.2. Cartographie de la vulnérabilité des Aires d'Alimentation de captage d'eau de surface

Le but de la méthodologie définie par Le Hénaff et Gauroy (2011) est de délimiter et de cartographier l'aire d'alimentation d'un ouvrage (au sens du dictionnaire SANDRE)³ captant des eaux de surface ou « majoritairement alimentées en eaux de surface ». Elle est subdivisée en deux étapes :

- La délimitation de l'AAC,
- La caractérisation de la vulnérabilité.

Cette méthodologie se différencie nettement par son approche de celle de Vernoux et al. (2007). En effet, cette dernière débouche sur une carte de vulnérabilité intrinsèque globale où les paramètres de vulnérabilité sont pondérés, ce qui permet de localiser la (ou les) zone(s) la(es) plus sensible(s) sur l'AAC au transfert des nitrates et phytosanitaires vers les eaux souterraines (notamment via infiltration) et *in fine* d'identifier les zones qui seront à prioriser dans le plan d'action. La méthodologie définie par Le Hénaff et Gauroy (2011) aboutit quant à elle, à la réalisation d'un ensemble de cartes de vulnérabilité par types de risque de transfert. Cette dernière approche a l'avantage d'améliorer la pertinence du choix des actions à mettre en place en fonction de leur qualité à limiter tel ou tel type de transfert.

³ Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (2011) - Zonages Techniques et Réglementaires du Domaine de l'Eau – Thème « Zonages », v1, 132p.

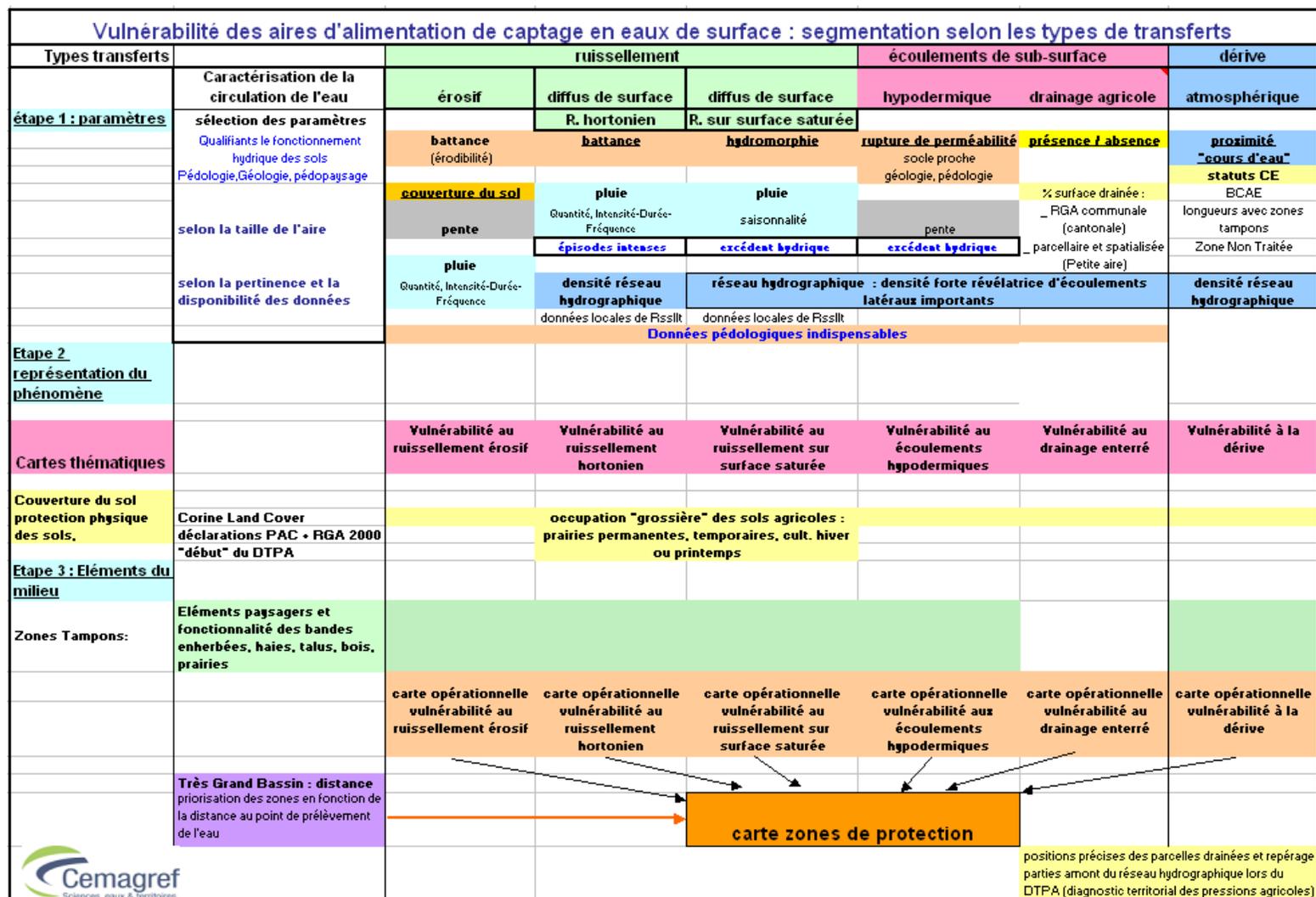


Figure 4 : Typologie de transfert de polluants à la prise d'eau via les eaux de surface (Le Hénaff et Gauroy, 2011)

Pour la première étape de la méthodologie définie par Le Hénaff et Gauroy (2011), la délimitation de l'aire d'alimentation de captage correspond le plus souvent à délimiter le bassin versant défini par la topographie. Cependant, les limites du bassin versant peuvent ne pas coïncider avec les crêtes topographiques notamment lorsqu'en limite de bassin versant, des ouvrages d'origine anthropique (fossés de drainage, canaux...) drainent des surfaces extérieures au bassin versant topographique ou permettent l'exportation d'eau de ce bassin vers d'autres bassins. De même, la complexité des transferts d'eau avec le sous-sol peuvent aussi naturellement influencer les contours définissant l'aire d'alimentation de captage (par exemple ; résurgence dans le bassin topographique d'une nappe karstique alimentée à l'extérieur de ce même bassin).

Concernant la deuxième étape, l'approche permettant de caractériser la vulnérabilité sur l'aire d'alimentation de captage est sensiblement différente de celle du BRGM. Ici, l'objectif est de réaliser des cartes de vulnérabilité par type de transfert afin d'identifier les actions les plus pertinentes pour les réduire. Il a donc été choisi volontairement de ne pas proposer une carte globale de vulnérabilité à l'échelle de l'AAC, mais plutôt une carte par type de transfert.

Pour cette méthodologie, les principaux types de transfert ayant été retenus sont les suivants (Fig. 4) :

- Le ruissellement (érosif, diffus de surface de type hortonien ou sur surface saturée)
- Les écoulements de sub-surface (hypodermique et drainage agricole)
- La dérive de pulvérisation

On peut donc aboutir à 6 cartes différentes à considérer.

D'autre part, il est à noter que l'échelle de travail est déterminée suivant la taille de l'aire d'alimentation et les échelles disponibles pertinentes pour les paramètres jugés indispensables à la détermination de la vulnérabilité. Des limites de classes ont ainsi été proposées en tenant compte des échelles restituables sur un format A4⁴ :

- Pour les très petites aires (quelques km²), l'échelle de travail sera au 1/5000^e
- Pour les petites aires (<30km²), l'échelle de travail sera au 1/25000^e
- Pour les aires moyennes (30 à 100km²), l'échelle de travail sera au 1/50000^e
- Pour les aires moyennes (100 à 500km²), l'échelle de travail sera au 1/100000^e
- Pour les aires moyennes (> 500km²), l'échelle de travail sera au 1/250000^e

Pour les très grandes aires, la réalisation d'un pré-diagnostic est nécessaire afin de déterminer les zones « sensibles » en se référant aux diagnostics régionaux quand ils existent (GRAPPE, méthodologie CORPEN), puis en travaillant à l'échelle la plus pertinente selon les tailles des zones les plus contributives.

2.1.3. Temps de transfert

Les échelles de temps de transfert sur les aires d'alimentation de captage d'eau de surface et celles d'eau souterraine sont très différentes. En effet, si les temps de transfert pour les premières sont de l'ordre de quelques heures à quelques jours (dans le cas de transferts via ruissellement notamment) pour les secondes, les temps de transfert doivent intégrer à la fois le temps de transfert dans la Zone Non Saturée (ZNS, cf tableau 1) et celui dans la Zone Saturée (ZS, cf tableau 2). Suivant les types d'aquifères, les temps de transfert peuvent donc varier de quelques heures lors d'un épisode de crue d'un aquifère karstique à quelques années voir plusieurs dizaines d'années pour un aquifère crayeux avec une épaisseur de plusieurs dizaines de mètres de ZNS.

⁴ Le format A4 n'est pas un objectif en soit mais cette approche permet de cerner le type (et la précision) des données de travail dont on a besoin pour l'échelle retenue

Tableau 1 : Quelques vitesses de transfert dans la Zone Non Saturée suivant le type d'aquifère

NATURE DE LA ZONE NON SATURÉE	VITESSES MOYENNES DE TRANSFERT VERTICAL
Craie (Champagne, région Nord)	De 0,5m à 1m/an ¹ 3m/an (si pluviosité très forte) ²
Calcaires de Beauce	1m/mois ³
Granite altéré (Kerbenez) ⁴	2-3m/an (transfert de type écoulement-piston) 19cm/h (transfert après un évènement pluvieux)

¹ Wellings, 1984 ; Barraclough et *al.*, 1994 ; in Haria et *al.*, 2003 ; Vachier et *al.*, 1987

² Bastin, 2005 ; Serhal, 2006

³ Lallemand-Barrès et Roux (1999)

⁴ Legout et *al.* (2007)

Tableau 2 : Quelques exemples de vitesse d'écoulement des eaux souterraines en zone saturée (Droque, 1971 dans Lallemand-Barrès et Roux, 1999)

AQUIFERES	VITESSES MOYENNES DE TRANSFERT
Nappes captives des sables verts du bassin parisien et des sables inférieurs d'Aquitaine	2 à 5m par an (= 5 à 14 mm par jour)
Nappes d'alluvions de grandes vallées (Rhin, Rhône, Seine à Mortereau)	0,5 à 2 km par an (= 1 à 5 m par jour)
Nappes d'alluvions grossières de vallées alpines	30 à 300 km par an (= 100 à 1000m par jour)
Nappes de la craie fissurée et karstifiée en Normandie et dans le Sénonais (vitesses maximales)	(= 1 à 10 km par jour)
Circulations dans les aquifères karstiques (en conduites, très variables selon les débits)	Quelques dizaines (en moyenne) à plusieurs centaines de mètres à l'heure (en crue) (= 1 km par jour à plusieurs dizaines de km par jour).

2.2. Synthèse préliminaire des mécanismes de transfert au sein d'une AAC

A partir des deux méthodologies présentées dans les paragraphes précédents, une synthèse des mécanismes de transfert à prendre en compte pour couvrir tous les types d'AAC est proposée en figure 5 et dans le tableau 3.

Tableau 3 : Synthèse des principaux types de transferts rencontrés à l'échelle de l'AAC⁵

Ruissellement	Erosif	
	Diffus de surface	Ruissellement hortonien
		Ruissellement de sur surface saturée ⁶
Écoulement de sub-surface	Hypodermique	
	Drainage agricole	
Dérive atmosphérique		

⁵ Les mécanismes de transfert traités ici ne prennent pas en compte ceux à l'échelle de la plante, notamment l'évapotranspiration et l'absorption par la plante

⁶ Y compris exceptionnellement sur sols gelés

Infiltration	Directe via zones préférentielles ⁷	
	Diffuse	Directe
		Indirecte ⁸
Artificielle		
Drainance	Entre aquifères ⁹	
	Avec la surface	Echanges nappe/rivière
		Remontée de nappe
Apports latéraux entre aquifères		

Cette synthèse correspond aux transferts « théoriques » qu'il est possible de rencontrer à l'échelle de l'AAC. L'étude de cas pratiques (voir paragraphes suivants) permettra de constater si cette synthèse est représentative de la totalité des cas possibles ou s'il est nécessaire de la compléter. Enfin, on notera que certains types de transferts, tels que les apports latéraux entre aquifères, même s'ils peuvent s'avérer importants, ne pourront faire l'objet d'actions de limitation de leur impact pour des raisons évidemment techniques.

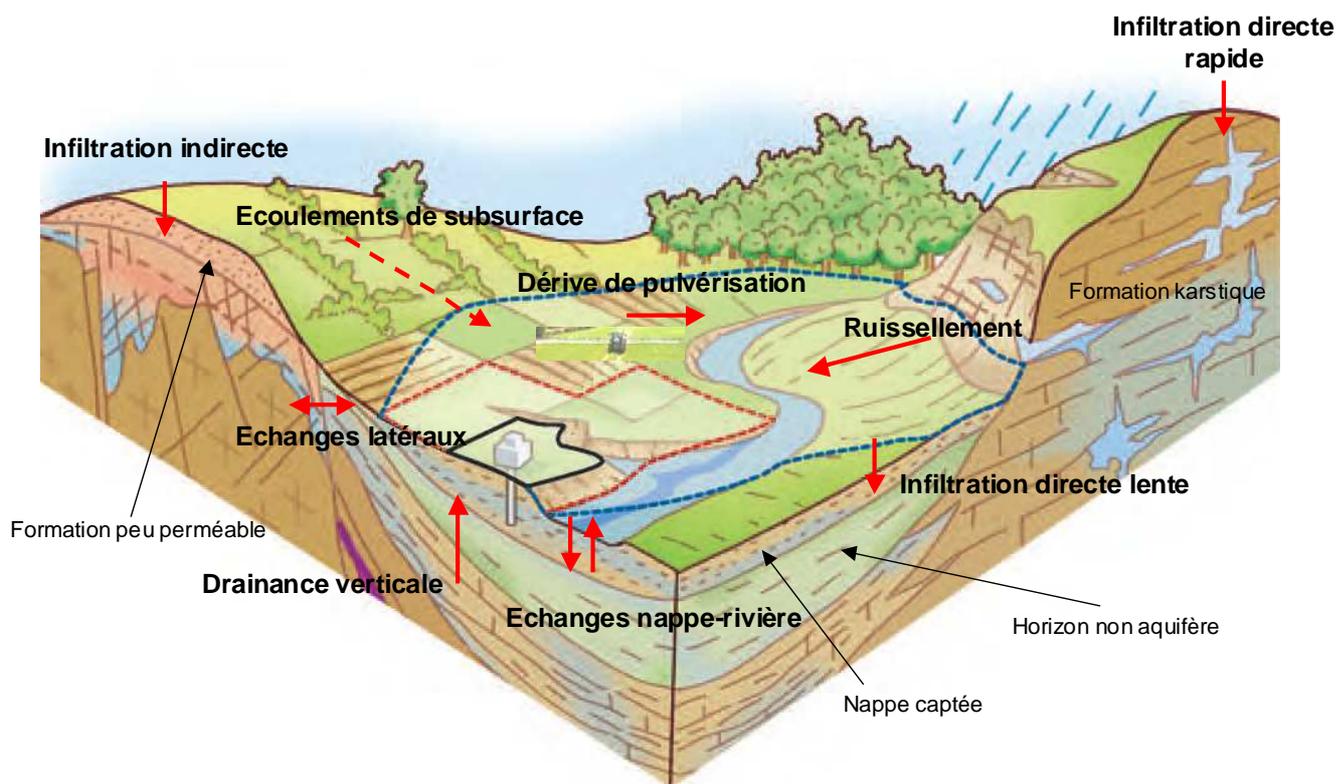


Figure 5 : Synthèse de quelques principaux types de transfert de la pollution diffuse sur une AAC (document BRGM modifié)

⁷ On entend par « zones préférentielles » de transfert par infiltration les pertes, gouffres, dolines... A noter que les forages peuvent aussi représenter des voies de transfert préférentielles lorsqu'ils ne sont pas protégés ou mal étanchéifiés (contamination via le massif filtrant depuis la surface par exemple).

⁸ Infiltration après ruissellement ou via une nappe perchée par exemple

⁹ On prendra en compte les possibilités de transfert via des piézomètres ou forages mal réalisés permettant la communication entre deux aquifères, y compris les ouvrages miniers

2.3. Essai d'identification d'une typologie théorique des captages en termes de modes de transfert prépondérants des contaminants.

L'objectif, *in fine*, est ici d'élaborer une méthodologie qui puisse permettre d'améliorer la caractérisation des transferts prédominants sur une AAC afin de pouvoir identifier les actions les plus pertinentes pour y limiter les transferts de pollutions diffuses. Pour concevoir cette méthodologie, il est proposé d'essayer d'établir une typologie théorique des captages en termes de modes de transferts prépondérants. Celle-ci pourra être validée en s'appuyant sur un certain nombre de captages/sites d'études représentatifs de la variété des contextes agropédoclimatiques et des transferts rencontrés sur les aires d'alimentation des captages dits « Grenelle » (voir paragraphe 2.4).

Pour la réalisation d'une telle typologie une étape préalable consiste à partir des différents mécanismes de transferts à établir un diagramme synthétisant les voies d'acheminement des polluants jusqu'à la ressource captée, qu'elle corresponde à des eaux de surface ou des eaux souterraines. Un diagramme synthétique pour les trois principaux mécanismes de transferts de surface est proposé en figure 6. **Celui-ci sera complété par la suite en intégrant les mécanismes de transfert des pollutions diffuses prépondérants pour les eaux souterraines** afin d'obtenir un document final synthétisant l'ensemble des voies de transfert pouvant être définies sur une aire d'alimentation de captage. Cela permettra notamment de **répondre aux enjeux des captages mixtes** (captage alimenté par des eaux de surface et des eaux souterraines, cas d'un aquifère alluvial par exemple). Notons de plus qu'une AAC peut parfois être rattachée à plusieurs « types » de cette typologie, si elle est étendue et/ou peu homogène en terme de processus d'alimentation de la ressource

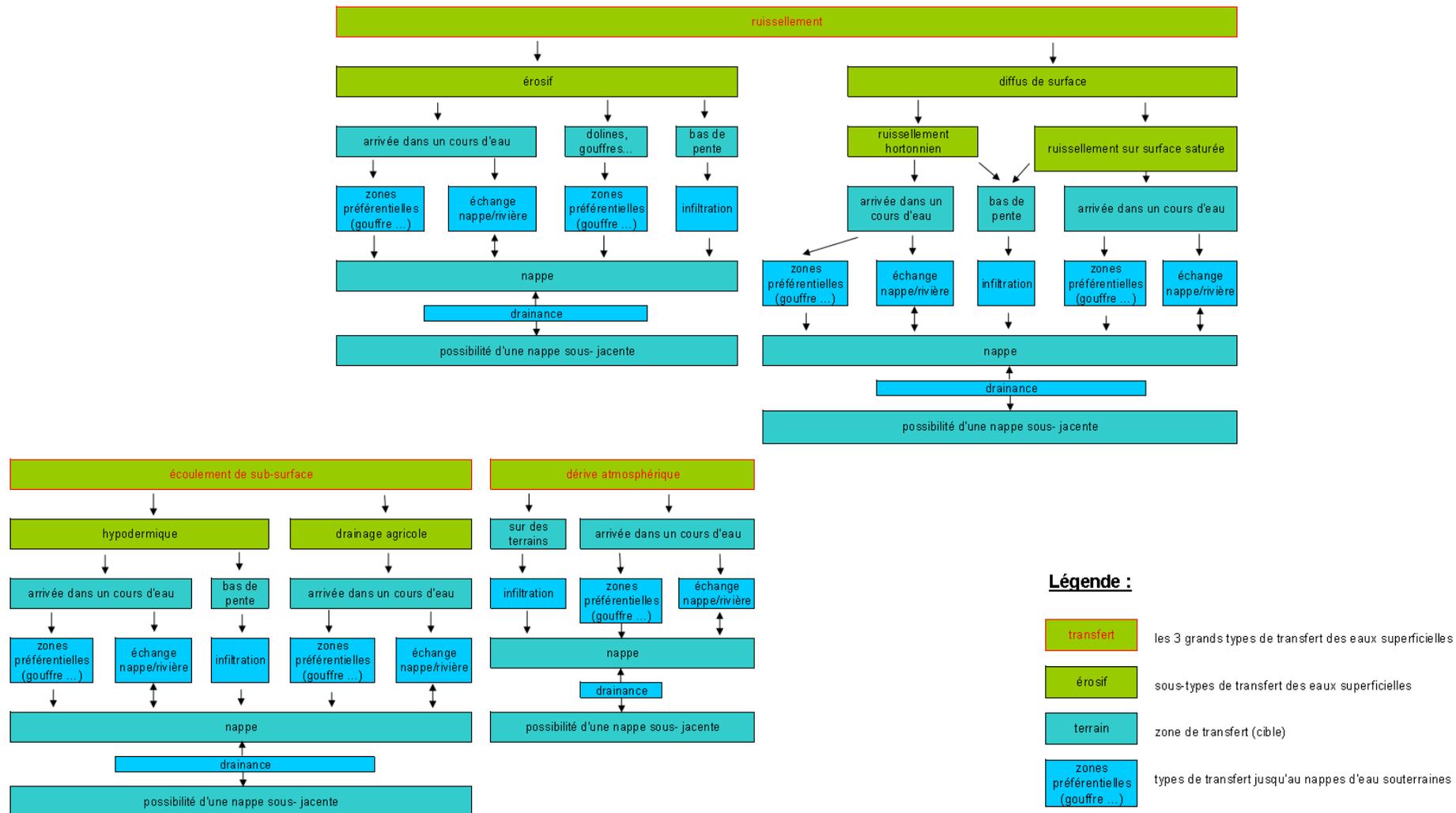


Figure 6 : Proposition de diagrammes hiérarchisant les types d'acheminement des contaminants suivant les principaux mécanismes de transfert en surface

Par la suite, une approche s'est basée sur l'étude des processus de transfert pour les grands types d'aquifères et bassins rencontrés sur le territoire national (voir annexe 1, Wibaux, 2011). C'est dans ce sens qu'ont été réalisés un certain nombre de diagrammes hiérarchiques, ces derniers reprenant chaque type d'aquifère décrit par la cartographie des aquifères à l'affleurement (Margat, 1986). Un exemple de ces diagrammes est présenté en figure 7. D'autres diagrammes ont été construits et sont présentés en annexe 1.

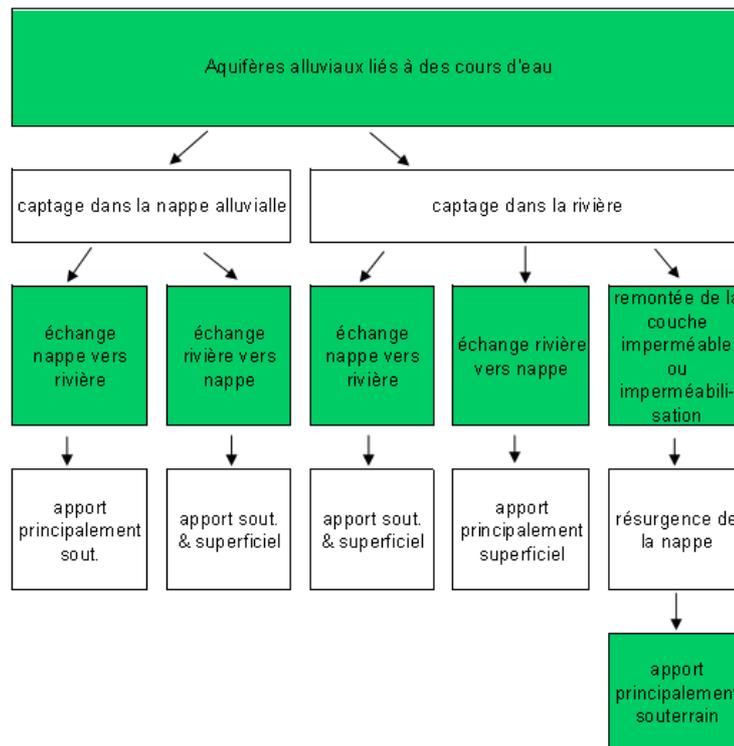


Figure 7: Diagramme hiérarchique des transferts au sein d'un aquifère alluvial liés à des cours d'eau (Wibaux, 2011)

Cette approche pédagogique a pour objectif d'apprécier si, théoriquement, certains types de bassins ou d'aquifères peuvent être affectés majoritairement par un nombre réduit de mécanismes de transfert prépondérants. Cela permettrait ainsi d'axer les actions sur ce ou ces types de transferts..

Cependant, cette démarche, bien que pédagogique est apparue peu fonctionnelle. L'étape suivante de l'étude s'est donc attachée à repartir de la carte hydrogéologique de la France (Margat, 1978) qui classe les aquifères selon leur type de fonctionnement et de choisir un certain nombre d'AAC couvrant la gamme de ces principaux types de fonctionnement.

2.4. Application de la typologie

La validation de la typologie théorique des captages en termes de modes de transfert prédominants passe nécessairement par une mise en pratique de celle-ci sur des cas concrets d'aire d'alimentation de captage. Après avoir présélectionné un certain nombre de sites d'étude, nous nous sommes focalisés sur ceux pour lesquels les informations nécessaires à notre objectif étaient disponibles. Ces sites serviront de retour d'expérience et permettront de vérifier la pertinence de notre démarche. D'autre part, pour la poursuite de l'étude, nous nous appuierons essentiellement sur les sites pour lesquels des données importantes (en termes de fréquence d'analyse et de paramètres mesurés) concernant la qualité de l'eau existent pour l'élaboration d'un diagnostic hydrochimique.

2.4.1. Présélection des sites d'étude

Les contextes rencontrés sur les aires d'alimentation de captage sont très variés, que ce soit en termes de :

- Milieux où l'eau est extraite : eau de surface, eau souterraine (aquifère continu, discontinu fissuré ou karstique)
- Transferts : infiltration, ruissellement, drainage...
- Pédologie
- Cultures : vigne, grande culture, élevage, maraîchage...
- Pressions : nitrates et/ou produits phytosanitaires
- Climats...etc

Or la mise au point de la typologie de transfert, et dans un contexte plus large, la méthodologie qui permettra d'optimiser les actions de protection des captages, nécessitent de s'appuyer sur un certain nombre de captages représentant ces contextes variés et complexes afin d'élaborer une méthode couvrant le maximum de situations possibles. Un certain nombre de sites ont ainsi été présélectionnés dans un premier temps (tableau 4), chacun représentant le croisement de contextes de transferts, agronomiques, climatiques... différents. Cependant, l'analyse de l'intégralité de ces sites n'étant pas possible dans le temps imparti à l'action et les données n'étant pas toujours disponibles, seuls quelques uns de ces sites d'étude feront l'objet d'une analyse plus poussée. D'autre part, si l'étude des captages Grenelle est privilégiée, seuls ceux présentant des données suffisantes (hydrogéologie, pédologie...) feront l'objet d'investigations. A la fin février 2012, les captages du Fenouillet, de la Rouvre, Fontaine Ronde, Kermorvan, Sermerieux, Bordes, Quiéry la Motte ainsi que la nappe de l'Ariège et les calcaires de Champigny ont déjà fait tout au moins l'objet d'une analyse des transferts théoriques majeurs entre la surface et le sous-sol (voir annexe 1). Cependant, la plupart de ces sites d'étude réclament une investigation plus poussée pour valider les schémas de transfert préétablis.

Tableau 4 : Présélection des sites d'étude

DEPARTEMENT	SITE	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE / HYDROLOGIQUE	PROBLEMATIQUE
Bas Rhin (67)	Mommenheim	Nappe superficielle	Phytosanitaires + nitrates
Pyrénées Atlantique (64)	Bordes	Nappe alluviale, multicouches	
Orne (61)	Rouvre/Laudière (sous bassin versant)	Eaux de surface	Phytosanitaires
Finistère (29)	Kermorvan	Eaux de surface	Nitrates
Haute Saône (70)	Source de la Fontaine Ronde	Karst	Phytosanitaires
Seine Maritime (76)	Radicatel	Craie	Phytosanitaires
Seine et Marne (77)	Forage de Champigny sud	Calcaires de Champigny	
Hérault (34)	Fenouillet	Karst	Phytosanitaires
Ariège (09)	Nappe de l'Ariège	Alluvions	Phytosanitaires + nitrates
Guadeloupe (971)	Belle Eau Cadeau	Contexte volcanique	Phytosanitaires
Pas de Calais (62)	Quiéry la Motte	Craie	Phytosanitaires + nitrates
Deux Sèvres (79)	Seneuil	Calcaires du Dogger (karstifiés)	Phytosanitaires + nitrates
Isère (38)	Sermerieux	Nappe peu profonde et réactive	Nitrates

2.4.2. Approche méthodologique

La méthodologie permettant la mise en place de la typologie théorique des captages en termes de modes de transfert prédominants est basée sur les données disponibles notamment :

- les études hydrogéologiques de délimitation et de cartographie de la vulnérabilité
- les diagnostics territoriaux multi-pressions (lorsque ces études étaient disponibles).

2.4.2.1. Réalisation de schémas explicatifs et de fiches de synthèse

Pour chaque site sélectionné, des schémas explicatifs ont été réalisés (cf annexe 1) afin de mieux comprendre les types d'arrivées d'eaux aux points de prélèvements et dans un but pédagogique (permettre une meilleure compréhension au niveau de tous les acteurs présents sur l'AAC et/ou travaillant à sa protection : agriculteurs, collectivités, bureaux d'étude...). Ces schémas sont faits à partir des données extraites des diagnostics déjà réalisés sur les ouvrages considérés ou à l'aide de cartes IGN et géologique (quand les diagnostics n'ont pas été effectués par les bureaux d'étude). D'autre part, des fiches descriptives ont été réalisées avec les différentes données collectées de type :

- contexte géologique et pédologique,
- paramètres hydrogéologiques,
- critères pour la vulnérabilité ESO (pluie efficace, épaisseur de la ZNS, perméabilité) et ESU (ruissellement/infiltration),
- paramètres météorologiques (précipitation, ETP, pluie efficace)
- occupation du sol...

Tous les paramètres cités ici n'ont pu être collectés de façon homogène sur tous les ouvrages.

Les fiches sont constituées :

- d'un plan de localisation avec le point de captage
- d'une description du contexte géologique avec (lorsqu'elle est présente sur le site Infoterre¹⁰ ou dans les dossiers) la coupe géologique et technique du point de prélèvement
- d'une description complète des différentes couches géologiques présentes au niveau du point de prélèvement ou dans la région
- des paramètres hydrogéologiques du point de prélèvement ou de la région (essais de pompage par exemple si disponibles)
- de la pédologie
- des paramètres météorologiques
- des critères pour la vulnérabilité
- d'une comparaison du contexte réel avec la cartographie des aquifères à l'affleurement (Margat, 1986) et avec la carte hydrogéologique de la France (Margat, 1978)
- de la bibliographie des études

Ces fiches sont parfois complétées par des données accessibles sur la qualité des eaux, l'occupation des sols, les actions déjà mises en place pour lutter contre les pollutions diffuses...

¹⁰ <http://infoterre.brgm.fr/>

2.4.2.2. Comparaison avec la carte hydrogéologique

Afin de vérifier si les captages choisis sont représentatifs de l'essentiel des typologies de transfert présentes au sein d'une AAC, ils ont été replacés sur la carte hydrogéologique de la France (Margat, 1978). Celle-ci classe les aquifères selon leur type de fonctionnement en donnant dans sa notice quelques notions de paramètres hydrogéologiques comme des ordres de grandeurs de perméabilité et de transmissivité (cf annexe 1).

La cohérence des descriptions données par la carte hydrogéologique de la France a été vérifiée par comparaison avec le contexte réel des ouvrages. Pour cela les fiches descriptives (permettant de connaître le contexte de l'ouvrage grâce aux données récoltées) et la description donnée par la carte hydrogéologique (selon la localisation du point sur celle-ci) ont été confrontées (cf tableau 5, avec une case verte en fin de ligne = bonne cohérence, une case orange = paramètres à vérifier pour pouvoir juger de la cohérence). Les indices qui se situent dans la cinquième colonne sont les lettres désignant chaque type de systèmes aquifères recensés sur la carte hydrogéologique (Margat, 1978).

Concernant la représentativité des contextes, après localisation des ouvrages sur la carte hydrogéologique, il a été possible de constater que parmi les captages présélectionnés, ne sont pas représentés :

- les couvertures semi-perméables, pouvant comporter des nappes perchées, d'aquifères monocouches continus ou discontinus à nappe libre ou semi-captive (cf. ab, c, d) (- aire d'alimentation de ces aquifères) : e ;
- les aires d'émergence de nappe libre :g ;
- les aires d'émergence de nappe captive, à travers une couverture superficielle semi-perméable : h ;
- les zones très complexes non divisibles à l'échelle de la carte, aquifères très locaux possibles (domaine montagneux surtout) : k ;
- les aquifères littoraux liés à la mer : m ;
- les aquifères alluviaux liés à un cours d'eau exogène, et emboîté dans un aquifère étendu (a, b, c ou d) vis-à-vis duquel il a en général la fonction de drain : n.

Les premiers sites étudiés ne sont pas représentatifs de ces types de contexte. Cependant, s'il s'avère que ces contextes peuvent être significatifs en termes de « cas observables » parmi les captages Grenelle par exemple et que ces cas sont particulièrement sensibles aux pollutions diffuses, d'autres sites d'études représentatifs cette fois de ces cas pourront être intégrés dans l'étude.

Tableau 5 : Comparaison entre les différentes cartes hydrogéologiques et le contexte réel (Wibaux, 2011)

Captages	Région	Carte des aquifères à l'affleurement	Carte Hydrogéologique	Indice	Contexte réel	Cohérence
Mommenheim	Alsace	Formations semi-perméables capacitives (sables argileux, molasses, marnes)	Formations semi-perméables capacitives encaissant des aquifères locaux, alluviaux surtout, qu'elles contribuent à alimenter, et/ou couverture semi-perméable de système multicouche sans nappe supérieure libre	f	aquifère pliocène (alluvions) sous recouvrement discontinu d'argile et loess échangeant avec un aquifère alluvial sus-jacent lui-même recouvert par des lentilles discontinues d'argile	couverture semi-perméable discontinue
Bordes	Aquitaine	Formations semi-perméables capacitives (sables argileux, molasses, marnes)	Formations semi-perméables capacitives encaissant des aquifères locaux, alluviaux surtout, qu'elles contribuent à alimenter, et/ou couverture semi-perméable de système multicouche sans nappe supérieure libre	f	aquifère sous recouvrement semi-perméable échangeant avec un aquifère alluvial sus-jacent	
Rouvre/Laudière (sous-bassin versant)	Basse Normandie	Aquifères discontinus des roches cristallines intrusives ou métamorphiques fracturées	Domaine sans nappe étendue, libre ou captive ; socle schisteux, socle sous couverture non aquifère ; massifs cristallins et schisteux des régions montagneuses à ruissellement très prédominant	j	aquifère alluvial peu étendu (d'un ruisseau) encaissé dans des formations magmatiques et métamorphiques peu ou pas aquifères	
Kermorvan	Bretagne	Aquifères discontinus des roches cristallines intrusives ou métamorphiques fracturées	Aquifères discontinu, à surface libre, de roches cristallines fracturées	d	prise d'eau en rivière sur des gneiss (roche métamorphique) surement fracturés (massif armoricain)	
Source de la Fontaine Ronde	Franche Comté	Aquifères carbonatés discontinus fissurés et plus ou moins karstiques tabulaires à nappe libre	Couverture d'aquifères captifs profonds éventuels (monocouches ou multicouches)	i	aquifère carbonaté karstique sous recouvrement alluvionnaire et glaciaire	recouvrement glaciaire imperméable ?
Radicatel	Haute Normandie	Aquifères carbonatés poreux et microfissurés (craie)	aquifère continu, à nappe libre, assimilable à un monocouche (y compris les aquifères alluviaux étendus non subordonnés principalement à des cours d'eau)	a		non évalué
Calcaires de Champigny	Ile de France	en limite	Aquifère multicouches à nappe supérieure libre	b	aquifère multicouche calcaire karstifié dont les premières formations sont libres	
Fenouillet	Languedoc Roussillon	Domaine composite à structure plissée et/ou fracturée à aquifères locaux libres ou captifs et formations peu aquifères	Aquifère discontinu à surface libre, structure plissée, compartimentée	c'	aquifère carbonaté karstique compartimenté par de nombreuses failles	parfois sous recouvrement sauf au niveau du captage
Nappe de l'Ariège	Midi-Pyrénées	principaux aquifères alluviaux liés à des cours d'eau (largeur > 2 km)	Aquifère alluvial indépendant lié à un cours d'eau en domaine sans nappe libre étendue (classe f, i, j)	l	aquifère alluvial lié au cours d'eau Hers Vif et Crieu	
Belle Eau Cadeau	Outre mer					non évalué
Quiéry-la-Motte	Nord Pas de Calais	Aquifères carbonatés poreux et microfissurés (craie)	aquifère continu, à nappe libre, assimilable à un monocouche (y compris les aquifères alluviaux étendus non subordonnés principalement à des cours d'eau)	a	aquifère carbonaté de type craie à surface libre et surplombé par un aquifère alluvial	
Seneuil	Poitou Charente	Aquifère carbonatés discontinus fissurés et plus ou moins karstiques tabulaires à nappe libre	Couverture d'aquifères captifs profonds éventuels (monocouches ou multicouches)	i		non évalué
Sermérieu	Rhône Alpes	Aquifères carbonatés discontinus fissurés et plus ou moins karstiques tabulaires à nappe libre	Formations semi-perméables aquifère discontinu à surface libre, karstique ou volcanique, de structure tabulaire	f c	le contexte hydrogéologique de Sermérieu est complexe car en effet comme laissé penser la carte hydrogéologique, ce site est constitué d'une nappe alluviale encaissée dans des moraines (semi-perméables) mais cette ensemble se retrouve entouré d'un aquifère calcaire	la carte hydrogéologique nous montre les deux contextes possibles pour cet ouvrage

2.4.3. Un exemple de cas étudié : le champ captant de Quiéry-la-Motte (62)

Ce cas d'étude a fait l'objet d'une analyse selon la méthodologie décrite précédemment et présentée en annexe 1. Dans ce paragraphe, nous nous attacherons uniquement à en présenter les principaux résultats afin de faciliter la lecture de ce rapport. D'autre part, à titre d'exemple, une autre étude portant sur la Nappe de l'Ariège est aussi présentée en annexe 1 (Wibaux, 2011).

Le choix du champ captant de Quiéry-la-Motte dans cette étude s'explique par :

- la présence d'un contexte mixte ESU/ESO,
- de nombreuses données disponibles (modélisation + diagnostic territorial multi-pressions très complet),
- une grande motivation des acteurs locaux (Communauté d'Agglomération d'Hénin-Carvin – CAHC).

D'autre part, le champ captant, constitué de 5 points de prélèvement (F01 à F04 HBNPC + Quiéry-la-Motte), est classé « Grenelle » avec une problématique double, nitrates et produits phytosanitaires, pour lesquelles des actions de lutte contre les pollutions diffuses ont déjà été mises en place.

Le champ captant de Quiéry la Motte (62) alimente la communauté d'agglomération d'Hénin-Carvin. L'aquifère capté est celui de la Craie, correspondant dans cette zone, à un aquifère libre subaffleurant et continu. L'hydrogéologie au niveau de ce champ captant est relativement bien documentée (Bastin, 2005 ; Lacherez, 1996 ; Lacherez, 2000) et a fait l'objet d'un diagnostic territorial multipressions comprenant une étude de la vulnérabilité de l'AAC (ANTEA et al., 2009) et d'une étude de modélisation (SB₂O Ingénierie & Environnement, 2009). L'aire d'alimentation est marquée par la présence d'un cours d'eau, l'Escrebieux (affluent de la Scarpe) asséché une partie de l'année, son alimentation dépendant du niveau piézométrique de la nappe de la Craie qui l'alimente en période de hautes eaux (ANTEA et al., 2009). Le lit de ce cours d'eau est d'autre part étanchéifié en majeure partie dans l'objectif de limiter l'infiltration des eaux superficielles vers la nappe.

Sur la rive droite de l'Escrebieux (au Sud), les sols sont fortement battants, et de plus en bord de cours d'eau, les sols sont fortement à très fortement hydromorphes, ce qui induit du ruissellement en bordure de cours d'eau et jusqu'à l'Escrebieux. Lorsqu'on s'éloigne perpendiculairement au cours d'eau, les sols deviennent non hydromorphes et plus profonds favorisant l'infiltration, bien que cette zone soit classée en zone de forte battance (d'autres données complémentaires sont attendues afin de connaître les valeurs de ces phénomènes de battance).

Sur la rive droite de l'Escrebieux (au Nord), les sols sont moins battants et non hydromorphes. Bien que la réserve utile (0,30 à 0,40 m) et la profondeur des sols soit faible, l'infiltration est présumée comme le mécanisme de transfert dominant, la nappe présentant une bonne perméabilité verticale et se trouvant à 5 m de profondeur. Toutefois en période de très hautes eaux (tous les 7ans environ selon les responsables du site de Quiéry-la-Motte), la nappe peut affleurer et provoquer des phénomènes de ruissellement.

Ainsi, après analyse des données récupérées auprès de la CAHC, il ressort que ce site d'étude est essentiellement régi par de l'infiltration directe des eaux de pluie. Des problèmes peuvent toutefois se présenter : lessivage de la réserve utile lors des remontées de nappe ou phénomènes de battance lors d'épisodes de pluie (cf figure 8 pour ce dernier cas).

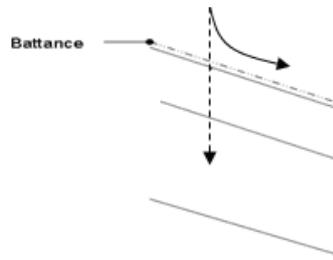


Figure 8 : exemple de description d'un mécanisme de transfert au sein de l'AAC de Quiéry-la-Motte

Cependant, le ruissellement engendré par la battance ne semble pas être une voie de transfert majeure pour les pollutions diffuses sur cette AAC, les zones de réinfiltration étant limitées et l'Escrebieux étant imperméabilisé. L'eau qui ruisselle sur la couche battante se déverse ainsi dans ce cours d'eau mais ne s'infiltré pas et est exportée hors du bassin d'alimentation vers la Scarpe

En conséquence, trois principaux types de transfert ont pu être mis en évidence (voir figure 9) :

- l'infiltration diffuse directe ou indirecte
- le ruissellement suite à des phénomènes de battance
- la réalimentation du cours d'eau via l'affleurement de la nappe (résurgence puis ruissellement jusqu'à l'Escrebieux)

Le mécanisme de transfert prépondérant sur cette AAC correspond à de l'infiltration.

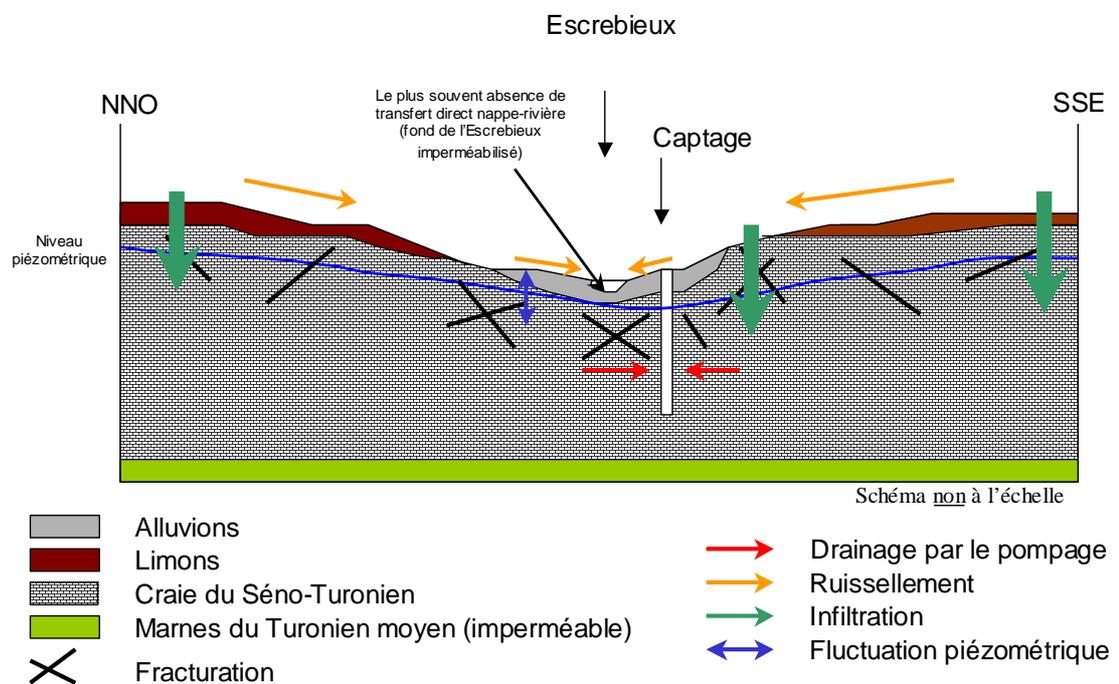


Figure 9 : Coupe schématique représentant les principaux transferts au sein de l'AAC de Quiéry-la-Motte (à partir du rapport ANTEA et al, 2009 et de la modélisation de SB20 Ingénierie & Environnement, 2009)

3. Inventaire des actions possibles pour limiter l'impact des pollutions agricoles sur une AAC

Dans cette partie, nous traiterons du panel des types d'action à mettre en place pour protéger un captage vis-à-vis des pollutions diffuses (restreintes aux nitrates et produits phytosanitaires) **sans tenir compte de leur efficacité en termes de réduction de l'utilisation des intrants ou de leurs transferts vers les eaux de surface et souterraines (sujets traités dans le rapport final)**. Nous nous attacherons ici uniquement à différencier les actions suivant leur impact sur la réduction de l'utilisation et/ou du transfert des produits phytosanitaires ou des apports azotés. D'autre part, ce rapport étant « préliminaire », nous ne pourrions pas être exhaustifs quant à l'inventaire des actions. Enfin, afin de balayer au maximum les possibilités d'action, nous nous affranchirons des aspects socio-économiques et des contraintes de la conduite agronomique.

3.1. Les actions pour limiter les pollutions ponctuelles

Ce rapport préliminaire a surtout pour objectif de réaliser une synthèse des actions de lutte contre les pollutions diffuses. Cependant, un rappel sur les actions permettant de lutter contre les pollutions ponctuelles constitue un pré requis essentiel d'autant que ces actions sont le plus souvent simples à mettre en place.

Les pollutions ponctuelles représentent l'ensemble des déversements accidentels ou non de produits phytosanitaires. Elles peuvent avoir pour source le renversement de bidons, un mauvais remplissage lors de la préparation de la bouillie, la vidange d'un fond de cuve...

Afin d'éviter ce type de contamination, des actions, synthétisées dans le diagnostic du corps de ferme, sont envisagées. Elles concernent essentiellement:

- L'application de la législation en vigueur, notamment l'arrêté du 12 septembre 2006 relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits visés à l'article L.253-1 du code rural
- l'aménagement de l'aire de remplissage : dimensionnement adapté, étanchéification, mise à disposition de clapets anti-retour, d'un système de séparation des eaux de lavage/eaux de pluie
- la vérification du matériel de pulvérisation et de son nettoyage
- la préparation des bouillies (éviter les débordements par exemple) et la gestion des volumes, notamment des fonds de cuve et des surplus
- la mise en place d'un stockage sécurisé des produits phytosanitaires (local fermé à clé, zone de manipulation sécurisée)
- la destruction des déchets (lavage des bidons, gestion des Emballages Vides de Produits Phytosanitaires - EVPP et des Produits Phytosanitaires Non Utilisés - PPNY)

La prévention des pollutions ponctuelles a fait l'objet d'un projet européen Life-Environnement entre 2005 et 2008 ; le projet TOPPS (**T**rain the **O**perators to prevent **P**ollution from **P**oint **S**ources – Former les utilisateurs de produits phytopharmaceutiques agricoles à la prévention des pollutions ponctuelles). Celui-ci a permis par exemple de montrer que la mise en place de formations, d'actions de démonstration ou de tout autre levier de « sensibilisation » apparaissent aussi comme des éléments essentiels pour lutter contre les pollutions ponctuelles (Vaçulik et al., 2008).

Par ailleurs, la mise en sécurité de l'accès aux forages constitue un point important pour éviter les risques de contamination directe via injection ou indirecte via ruissellement ou dérive de pulvérisation par exemple. Les piézomètres opérationnels doivent être cadenassés tandis que ceux qui ne sont plus opérationnels doivent être rebouchés conformément à la réglementation.

3.2. Les actions pour limiter les pollutions diffuses

Les actions pour limiter les pollutions diffuses sont très diverses et peuvent concerner des domaines très différents tels que l'agronomie, la réglementation, la formation, la gestion de l'occupation de l'espace...

3.2.1. Les grandes classes d'action

On peut les inventorier ainsi :

- les actions réglementaires : elles peuvent concerner l'interdiction de molécules sensibles au lessivage par exemple, l'interdiction d'utilisation sur certaines zones, le contrôle du respect des conditions d'application et d'utilisation des produits phytosanitaires...
- les actions concernant l'acquisition foncière : il s'agit ici d'adapter les pratiques culturales ou l'occupation du sol à la vulnérabilité du milieu par des échanges ou l'achat de parcelles situées dans les zones les plus vulnérables de l'AAC.
- la gestion de l'occupation du sol et de l'aménagement parcellaire : elle regroupe des actions telles que le boisement, la remise en herbe, l'agriculture biologique (en tant qu'occupation pertinente sur les zones les plus vulnérables, la mise en place de zones tampons, de haies, talus...
- les actions agissant sur le mode opératoire : utilisation et vérification du matériel, utilisation de buses anti-dérive homologuées...
- les outils d'aide à la décision : ils permettent notamment une meilleure évaluation du risque et ainsi, une réduction de la fréquence des traitements et des doses. Cependant, ils doivent être validés.
- les actions agronomiques : elles rassemblent des actions telles que la modification des assolements, le développement de Cultures Intermédiaires Pièges A Nitrates (CIPAN), l'agroforesterie, le travail du sol...
- les actions participatives (concertation entre les réseaux et les acteurs locaux) et la formation
- les actions en Zone Non Agricole : diminution voire abandon de l'utilisation des produits phytosanitaires dans les plans de désherbage des communes, gestion différenciée, acquisition de références techniques sur les méthodes alternatives au désherbage chimique (désherbage mécanique, thermique, mesures préventives telles que le paillage), amélioration de l'assainissement...

3.2.2. Essais de hiérarchisation

A partir de l'expertise scientifique INRA-Cemagref sur la réduction des pesticides et la limitation de leurs impacts environnementaux (Aubertot et al., 2005), les actions peuvent être classées en 3 groupes (tableau 6) :

- Réduire la dispersion des intrants dans l'environnement, limiter les transferts (actions de type « T »)
- Raisonner l'utilisation des intrants (actions de type « R »)
- Réduire le recours aux intrants (actions de type « S »)

Tableau 6 : hiérarchisation des actions de lutte contre les pollutions diffuses

TYPES D'ACTION	ACTIONS AGISSANT SUR LES NITRATES	ACTIONS AGISSANT SUR LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES
----------------	-----------------------------------	---

Réduire la dispersion des intrants dans l'environnement – limitation des transferts	Adapter l'occupation du sol suivant la vulnérabilité : boisement, remise en herbe, localisation de la jachère sur les zones les plus vulnérables, passage à l'agriculture biologique, développement de cultures énergétiques à bas intrants	
	Mise en place de CIPAN	
	Mise en place de rotations adaptées des cultures, permettant la mise en place de Cultures Intermédiaires Pièges à Nitrates (CIPAN)	
	Développement de zones tampons : Zones Tampons Humides (ZTH) à l'exutoire des réseaux de drainage Mise en place de bandes enherbées Mise en place de talus et/ou de haies	
	Couverture du sol (enherbement permanent, paillage...)	
	Travail du sol suivant les courbes de niveau	
	Travail de rugosité afin de limiter le ruissellement et de favoriser l'infiltration (ex : barbuttes, semis en sols motteux)	
	Développement des Techniques Culturelles Simplifiées (résultats positifs variables suivant le type de sol)	
	Passage à l'agroforesterie (diminution de la minéralisation de l'azote et du transfert des nitrates via infiltration) Choix pertinents des périodes d'épandage des effluents d'élevage et amélioration des techniques Limitation de l'accès du bétail au cours d'eau	Réduction de la dérive de pulvérisation (emploi de buses anti-dérive adaptées...) Adapter les usages de produits phytosanitaires aux conditions de milieu Adapter la taille et la forme des parcelles à la pente (avec coupures enherbées, haies...) Mise en place de chemins d'écoulement végétalisés Favoriser lorsque c'est possible, le double semis dans les zones accumulant le ruissellement Enrichissement en humus (l'augmentation de la matière organique permet une meilleure structure de l'horizon de surface et limite ainsi le ruissellement) Isolement amont et aval des parcelles (chevet adapté, fourrières enherbées) Respect des préconisations en sols drainés
Raisonner l'utilisation	Appel aux Outils d'Aide à la Décision validés	

des intrants	Appel aux bulletins d'information (ex Bulletin de la Santé du Végétal) et flashs techniques : -méthode des bilans -fractionnement -méthodes de pilotage -fertilisants à relargage progressif	
	Améliorer la gestion de l'épandage de l'azote	<p>Actions de formation des agriculteurs et des utilisateurs de produits phytosanitaires en ZNA</p> <p>Modification de l'assolement</p> <p>Optimiser l'efficacité du traitement suivant les stades de croissance et les périodes climatiques favorables</p> <p>Améliorer la formation sur le mode de fonctionnement des produits phytosanitaires pour favoriser un choix pertinent du produit</p> <p>Favoriser le fractionnement des doses et leur réduction</p> <p>Substitution des molécules les moins adaptées par rapport à la vulnérabilité du milieu, changement de formulation</p> <p>Raisonner l'utilisation des herbicides selon les risques saisonniers de transfert (par exemple reporter l'utilisation d'herbicides l'automne en sortie d'hiver lorsque cela est pertinent)</p> <p>Recours aux techniques biologiques (confusion sexuelle, trichogramme)</p>
Réduire le recours aux intrants, actions sur les systèmes de production	Passage à la production intégrée	
	Passage à l'Agriculture Biologique	
	Choix variétal : mise en place de cultures peu exigeantes en termes d'intrants (robustes vis-à-vis des maladies,...)	
	Mise en place de Bois Raméal Fragmenté (BRF)	
		<p>Passage au désherbage mécanique ou thermique</p> <p>Mise en place de solutions alternatives au désherbage (paillage)</p> <p>Enherbement inter rang pour les cultures pérennes (ex: vignes)</p> <p>Allongement des rotations</p>

L'étape suivante consistera à classer les actions suivant les types de transfert qu'elles limitent et d'essayer de hiérarchiser leur efficacité en termes de limitation du transfert.

4. Perspectives de l'action

Pour répondre aux enjeux de l'action de recherche sur l'aide à l'optimisation des actions de protection des captages, un travail doit encore être effectué sur 4 grands axes majeurs :

- vérifier si la typologie de transfert englobe la majorité des cas rencontrés en termes de diversité de transferts sur les AAC et l'appliquer à quelques nouveaux cas d'étude,
- élaborer une méthode de diagnostic, basé à la fois sur les méthodes ESU et ESO, pour améliorer la cartographie de la vulnérabilité pour les contextes de captages mixtes, c'est à dire alimentés par des eaux de surface et des eaux souterraines,
- élaborer un diagnostic hydrochimique qui puisse permettre, quand les données disponibles sont suffisantes, d'améliorer la compréhension des transferts de certaines molécules dans l'environnement, et donc d'affiner la typologie élaborée,
- hiérarchiser les actions de lutte contre les pollutions diffuses en fonction de leur efficacité en termes de réduction des intrants et des transferts

Ce travail est en cours. Les captages de Kermorvan, Sermerieux et Fontaine Ronde sont actuellement en cours d'analyse. Cependant, on notera que l'opérationnalité de l'action dépendra fortement des données transmises (notamment pour l'élaboration du diagnostic hydrochimique) et que la hiérarchisation des actions se basera sur une approche théorique à partir de la bibliographie.

5. Bibliographie

- ANTEA, Géonord et Groupe ISA (2009). Diagnostic territorial multi-pressions des champs captants de l'Escrebieux. Rapport n°A53227/C, 321p.
- Aubertot J.N., J.M. Barbier, A. Carpentier, J.J. Gril, L. Guichard, P. Lucas, S. Savary, I. Savini, M. Voltz (éditeurs), 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France), 64 p.
- Barracough D., Gardner C. M. K., Wellings S. R., Cooper J. D. (1994). A tracer investigation into the importance of fissure flow in the unsaturated zone of the British Upper Chalk. *Journal of Hydrology* 156: 459-469.
- Bastin S. (2005). Contribution à l'étude de la migration des nitrates dans le sol et la zone non saturée de la nappe de la craie dans le Nord de la France. Modélisation intégrée des nitrates dans le bassin versant de l'Escrebieux. Thèse de 3ème cycle, Lille
- Diagnostic socio-économique agricole sur une aire d'alimentation de captage (2010). Cahier des Clauses Techniques Particulières, Rapport Ecodecision –Agrisystem pour l'Agence de l'Eau Seine Normandie, 7 p
- Diagnostic socio-économique agricole sur une aire d'alimentation de captage. Mémento (2010). Rapport Ecodecision –Agrisystem pour l'Agence de l'Eau Seine Normandie, 21 p.
- Diagnostic territorial des pressions d'origine agricole et non agricole. (2010). Cahier des Clauses Techniques Particulières, 9 p.
- Haria A. H., Hodnett M. G., Johnson A. C. (2003). Mechanisms of groundwater recharge and pesticide penetration to a chalk aquifer in southern England. *Journal of Hydrology* 275: 122-137.
- Lacherez S. (1996). Caractérisation et suivi de l'avancée d'un front de pollution azotée dans la zone non saturée d'un bassin-versant crayeux du Nord-Pas-de-Calais: la vallée de l'Escrebieux. Rapport de DEA, Ecole nationale Supérieure de Géologie de Nancy.
- Lacherez S. (2000). Flers-en-Escrebieux (59) - Pollution par le nickel du champ captant. Rapport de la Société des Eaux du Nord, non publié R-00-0509: 21p
- Lallemand-Barrès A., Roux J-C. (1999). Périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine, 2^{ème} édition. 334p.

- Legout C., Molenat J., Aquilina L., Gascuel-Oudoux C., Faucheux M., Fauvel Y., Bariac T. (2007). Solute transfer in the unsaturated zone-groundwater continuum of a headwater catchment. *Journal of Hydrology*, 332, 427-441
- Le Hénaff G. et Gauroy C. (2011). Délimitation des aires d'alimentation de captage en eaux de surface et caractérisation de leur vulnérabilité vis à vis des pollutions agricoles diffuses par les pesticides, Guide méthodologique. Cemagref, 103 p. (à paraître).
- Margat J. (1978). Carte hydrogéologique de la France, Système aquifère au 1/1500000. Ed. BRGM
- Margat J. (1986) Abrégé sur les eaux souterraines de la France. Rapport BRGM 86/SGN/623/EAU, 53p.
- Memento pour la réalisation d'un diagnostic territorial des pressions agricoles (DTPA) (2010). Rapport MEDDTL-MAAP, 13 p.
- SB2O Ingénierie & Environnement (2009). Bassin versant de l'Escrebieux. Champ captant de Quiéry-la Motte. Modélisation de la nappe de la craie. Rapport final. Rapport n°R_09_012, version 4, 96p.
- Serhal H. (2006). Modélisation hydrodynamique et hydrodispersive du transfert des flux azotés dans la zone racinaire, non saturée et saturée. Thèse de 3ème cycle, Lille.
- Vachier P., Dever L., Fontes J. C. (1987). Mouvements de l'eau dans la zone non saturée et alimentation de la nappe de la craie de champagne (France): approches isotopique et chimique. In: *Int. Symp. on Isotope Hydrology, I.A.E.A., Vienne.*
- Vaçulik A., Palagos B., Laplana R., Bonicelli B. (2008). Réduction des pollutions ponctuelles des eaux par les produits phytosanitaires agricoles – Premiers enseignements d'une enquête auprès de professionnels européens. *Ingénieries - E A T*, n°5 5-56, p45-60.
- Vernoux J.F., Wuilleumier A., Dörfliger N. (2007). Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Guide méthodologique, rapport BRGM/RP-55874-FR, 75 p., 14 ill.
- Wellings S. R. (1984). Recharge of the upper chalk aquifer at a site in Hampshire, England. 2. Solute movement. *Journal of Hydrology* 69: 275-285.
- Wibaux V. (2011). Mise en place d'une typologie de transfert au sein des captages Grenelle. Mémoire de stage de Master 2, Cemagref, 45p.
- .

6. Annexe 1 : Rapport de Valérie Wibaux (2011)

Onema

Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.onema.fr

Irstea

Groupement de LYON
UR MALY
Equipe Pollutions Diffuses
3, bis quai Chauveau, CP 220
69336 LYON cedex 09, France

04 72 20 87 87

www.irstea.fr

BRGM

Centre scientifique et
technique - Service EAU
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 Orléans Cedex 2

0238643434

www.brgm.fr