



HAL
open science

Synthèse technique du projet pédagogique de recherche appliquée "Ouanne Amont - 2015-17"

David Grandgirard

► To cite this version:

David Grandgirard. Synthèse technique du projet pédagogique de recherche appliquée "Ouanne Amont - 2015-17". Unilasalle Beauvais, rue Pierre Waguet, 60000 Beauvais. 2017. <hal-04358366>

HAL Id: hal-04358366

<https://hal.science/hal-04358366v1>

Submitted on 21 Dec 2023

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

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



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

Synthèse technique finale – Phases 1 à 4

Projet pédagogique de Recherche Appliquée "Ouanne Amont - 2015-17"

Version finale – 09 Octobre 2017



Auteurs :

David GRANDGIRARD (UniLaSalle Beauvais)
Collectif UniLaSalle PA2 ASET promotion 155&156

Coordination :

Fédération des Eaux de Puisaye-Forterre



UniLaSalle Beauvais

Département SAGA – PA2 ASET
19 Rue Pierre Waguët, BP 30313
F-60026 Beauvais cedex

david.grandgirard@lasalle-beauvais.fr

Octobre 2017

Remerciements

Nous, enseignant-chercheurs et élèves-ingénieurs des promotions 155 et 156 ASET d'UniLaSalle Beauvais, tenons à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, qu'ils aient été concernés localement ou pas, ont donné du temps et nous ont aidé à réaliser ce projet. Nous tenons de fait à remercier :

- ❖ les membres de la délégation « Seine amont » de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie qui a accepté de soutenir le projet et plus particulièrement Madame E. ROSSELIN et Messieurs J. MORONVAL, A. HEBERT, J.B. HUBERT, B. MASSA*
- ❖ Marie DOUANE, animatrice du Contrat Global Loing amont au sein de la Fédération des Eaux de Puisaye-Forterre pour nous avoir confié ce projet et nous avoir accompagnés tout au long du projet. Messieurs Christian CHATON, Jean DESNOYERS et Jean MASSE, respectivement ancien et actuel président et vice-président de la Fédération des Eaux Puisaye-Forterre pour la confiance qu'ils nous ont accordée*
- ❖ l'ensemble des élus des communes de Coulangeron, Diges, Dracy, Fontaines, Fontenailles, Fontenoy, Lain, Lalande, Leugny, Levis, Merry-Sec, Mezilles, Molesmes, Moulins-sur-Ouanne, Ouanne, Parly, Saints-en-Puisaye, Sementron, Sougères-en-Puisaye, Taingy, Thury et Toucy, pour les temps qu'ils ont consacré à ce projet et pour toutes les formes d'aide qu'ils nous ont apportées : mesdames M WLODARCZYK, C CORDIER et messieurs P VIGOUROUX, JL VANDAELE, D MAURY, Y FOUQUET, B MOREAU, M GARRAUD, M CHOCHOIS, C FERRON, G ABRY, E RAMEAU, D FOIN, G PLESSY, JP SAULNIER-ARRIGHI, D MONTAUT, J MASSE, J BALOUP, J CHEVAU, P RENAUD, C CONTE, M KOTOVCHIKHINE*
- ❖ l'ensemble des professionnels qui ont été sollicités, thématiquement, au long des deux années comme sur le bassin versant amont de l'Ouanne : C LEGRAND-BRETON, vétérinaire-inspecteur de la DDCSPP pour la mise à disposition des dossiers de Plan d'Épandage ; V DUCHENES, conseillère environnement au sein de la Chambre d'Agriculture de l'Yonne pour la transmission d'informations pédologiques ; H PERU agro-pédologue chez Agrosol qui nous a aidé à échantillonner les textures de surface du territoire et à constituer un référentiel pédologique local ; G HUYGHE, ingénieur d'étude chez Biotec pour son aide et son expertise de l'état des ripisylves et autres exutoires de réseau de drainage et zones humides ; N SELLIER, ingénieur d'étude chez Sogeti Ingénierie pour son expertise concernant les moyens de limitation des transferts vers les eaux superficielles ; A LETOURNEAU du CEFE-CNRS pour son support technique lors de la constitution des cartes de connectivité écologique ; D BAIZE, directeur de recherche à la retraite de l'INRA pour son expertise et le partage de ses ressources pédologiques de l'Yonne et ses nombreux conseils ; M RAVERDEAU et MF LEFRANT, citoyens du territoire, pour la transmission de leurs relevés pluviométriques journaliers.*
- ❖ Enfin, nous souhaitons remercier très chaleureusement l'ensemble des 62 agriculteurs du bassin versant amont de l'Ouanne pour leur confiance et les moments privilégiés d'échanges partagés lors des entretiens individuels ou téléphoniques, et lors des rencontres fortuites au sein de leurs exploitations et territoire. Nous étant engagés à respecter leur anonymat, ils ne seront pas ici cités ; nous pensons cependant à chacun d'entre eux.*

Merci à tous et bonne lecture

Table des matières

Remerciements	p. 3
Table des matières	p. 5
Liste des illustrations	p. 7
Liste des acronymes	p. 9
Préambule	p. 11
Caractéristiques territoriales et connaissances initiales	p. 13
A propos de la qualité des eaux superficielles	p. 15
Contribution spatiale différenciée au sein du territoire	p. 17
MES et nitrates : quels processus naturels incriminer ?	p. 19
MES et nitrates : Une origine agricole ?	p. 23
MES et Nitrates : quelles autres origines possibles ?	p. 27
Premières conclusions	p. 31
Dysfonctionnements et autres phénomènes de transfert à risque	p. 33
Aménagements et préférences agriculteurs	p. 39
Préférences agriculteurs	p. 39
Jeu de règles expertes pour l'attribution de solutions adaptées et efficaces	p. 43
Variables parcellaires et contextuelles retenues	p. 45
Premières concertations communales avec les exploitants agricoles	p. 47
Conclusions finales	p. 51
Liste des références bibliographiques	p. 53
Résumé / Summary	

Liste des illustrations

Figure 1 : Délimitation des masses d'eau et de la zone d'étude relative au projet Ouanne amont	p. 10
Figure 2 : Identification des objectifs principaux relevant du projet Ouanne amont 2015-17	P. 10
Figure 3 : Identification des îlots et parcellaires agricoles d'intérêt selon le pourcentage de la SAU des exploitations agricoles comprise au sein de la zone d'étude Ouanne amont	p. 12
Figure 4 : Evolution de la concentration en nitrates au sein des eaux brutes captées du captage de Dracy-Les Minards	P. 12
Figure 5 : Evolution des pluviométries journalière et cumulée sur l'année hydrologique étudiée	p. 14
Figure 6 : Cartographie et différenciation des types de stations de suivi de la qualité des eaux superficielles au sein du réseau hydrologique d'étude	p. 14
Figure 7 : Niveaux de contribution moyenne des sous-bassins versants compris entre deux stations de suivi successives le long des cours d'eau de la zone d'étude – (en haut) vis-à-vis des nitrates et (en bas) vis-à-vis de la turbidité (matières en suspension)	p. 16
Figure 8 : Résultats de la modélisation SCORPAN des textures pédologiques de surface (A) puis des niveaux de vulnérabilité potentiels des sols aux processus de (B) ruissellement surfacique - méthode BRGM, (C) à l'érosion - méthode MESALES et (D) à l'infiltration ponctuelle - méthode TIR	p. 18
Figure 9 : Cartographie de la sensibilité globale potentielle des îlots PAC aux processus de transferts – Note globale issue de la somme pondérée des sensibilités relatives à l'infiltration diffuse (TID, 11%), rapide (TIR, 11%), globale (RISKE, 11%), à l'érosion (MESALES, 27%) et au ruissellement (BRGM, 39%)	p. 20
Table 1 : Estimation des niveaux potentiels de pression "érosion des terres" et "transfert des nitrates" exercés par les surfaces arables (SAU-STH)	p. 22
Table 2 : Estimation des niveaux potentiels de pression "érosion des terres" et "transfert des nitrates" exercés par les surfaces fourragères (SFP)	p. 22
Figure 10: Histogramme des fréquences du bilan N des exploitations et évolution de la part relative des amendements organiques au sein de la fertilisation azotée totale, toutes exploitations confondues, exploitations non AB seules	p. 24
Figure 11 : Description des groupes de tronçons humides en fonction de leurs notes MES et PHYTOE respectives obtenues par compartiment	p. 26
Figure 12 : Cartographie des tronçons humides et de leur appartenance à une des 6 classes de contribution MES et PhytoE	p. 26
Figure 13 : Cartographie des zones de colmatage observées ainsi que des critères intrinsèques aux tronçons potentiellement à l'origine du colmatage	p. 28
Figure 14 : Cartographie des zones de colmatage et des dysfonctionnements recensés pouvant être à l'origine du colmatage	p. 28
Figure 15 : Cumuls pluviométriques décennaux moyens (3 stations météorologiques) aux dates de suivi de la qualité des EAUX SUPERFICIELLES	p. 30
Figure 16 : Résultats de l'ACP concernant l'influence de l'occupation relative des sols sur la concentration en nitrates des EAUX SUPERFICIELLES	p. 30
Figure 17 : Résultats de l'ACP concernant l'influence de l'occupation relative des sols sur la concentration en MES des EAUX SUPERFICIELLES	p. 30
Figure 18 : Localisation et distinction des principaux indices de ruissellement (RUISSSEL), d'infiltrations (INFIL) et d'eau persistantes temporairement (MOUILL) observés en 2015 (promotion 155) et 2016 (promotion 156)	p. 32
Figure 19 : Localisation des bassins versants potentiellement contributeurs des	p. 34

dysfonctionnements imputables au ruissellement (RUISSEL)	
Figure 20 : Localisation des bassins versants potentiellement contributeurs des dysfonctionnements imputables aux zones en eau persistante (MOUILL)	p. 34
Figure 21 : Localisation des bassins de dépression potentiellement contributeurs de l'ensemble des processus de transfert (RUISSEL, INFIL, MOUILL) et des parcelles accueillant au moins une source au sein de ses limites	p. 36
Figure 22 : Identification (à partir des dysfonctionnements observés in situ), localisation des parcelles potentiellement contributrices et nature des processus de transfert en jeu	p. 36
Figure 23 : Exemple de fiche descriptive des solutions agrotechniques et d'aménagement proposées pour l'analyse des préférences agriculteurs lors des entretiens individuels	p. 38
Figure 24 : Fréquence de l'acceptation « agriculteur » des solutions agrotechniques proposées et nombre d'exploitants enquêtés ayant accepté d'évaluer les solutions agrotechniques	p. 40
Figure 25 : Fréquence de l'acceptation « agriculteur » des solutions d'aménagement proposées et nombre d'exploitants enquêtés ayant accepté d'évaluer les aménagements	p. 40
Figure 26 : Illustrations des conditions requises et aggravantes propres à quatre situations territoriales recensées	p. 42
Table 3 : Variables parcellaires et contextuelles retenues pour l'attribution des solutions d'aménagement adaptées aux situations parcellaires rencontrées	p. 44
Figure 27 : Effectifs des classes de situation relatives au risque « Dérive »	p. 46
Figure 28 : Illustrations des solutions d'aménagement à envisager dans les cas de risque « Dérive »	p. 46
Figure 29 : Cartographie à l'échelle de l'ilot agricole des 9 classes de risque « Dérive » identifiées	p. 48

Liste des acronymes

%age = % ; pourcentage
ACP = Analyse en Composantes Principales
AESN = Agence de l'Eau Seine-Normandie
AREAS = voir www.areas-asso.fr/
ASP = Agence des Services et Paiements
BCAE = Bonne Condition Agronomiques et Environnementales
BRGM = Bureau des Ressources Géologiques et Minières
BV = Bassin Versant
CAH = Classification Ascendante Hiérarchisée
CARHYCE = CARactérisation HYdromorphologique des Cours d'Eau
CG = Contrat Global (Loing amont)
DAEG = Diagnostic Agro-Environnemental Géographique
DCE = Directive Cadre sur l'Eau
ESO = Eaux SOuterraines
EAUX SUPERFICIELLES = Eaux superficielles
FEPF = Fédération des Eaux de Puisaye-Forterre
IDPR = Indice De Persistance des Réseaux
IGN = Institut Géographique National
INF / INFIL = INFiltrations
IRSTEA = Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture
MES = Matières En Suspensions
MESALES = Modèle d'Evaluation Spatiale de l'ALéa Erosion des Sols
MOUILL = MOUILLère
NFU = ou FNU Formazine Nephelometric Unit
NGV_i = Note Global de Vulnérabilité d'une parcelle i
NO₃⁻ = Nitrates
Non AB = non Agriculture Biologique
OCSOL = Occupation des SOLs
PAC = Politique Agricole Commune
PhytoE = PhytoE.puration
QUALPHY = QUALité PHYsique des cours d'eau
RD52 = Route Départementale 52
RISKE =
RPG = Registre Parcellaire Géographique
RRP = Registre Régional Pédologique
RUISSEL = RUISSELlements
SAU = Surface Agricole Utile
SCORPAN = voir <https://en.wikipedia.org/wiki/SCORPAN>
SDSCV = Semis Direct Sous CouVert
SEQ-EAU = Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau des cours d'eau
SFP = Surface Fourragère Principale
STH = Surface Toujours en Herbe
TCSL = Technique Culturelle Sans Labour
TID = Transfert à Infiltration Diffuse (AH2D, 2009)
TIR = Transfert à Infiltration Rapide (AH2D, 2009)
UN/ha = Unité d'azote (N) par hectare
ZTHA = Zone Temporaire Humide Artificialisée

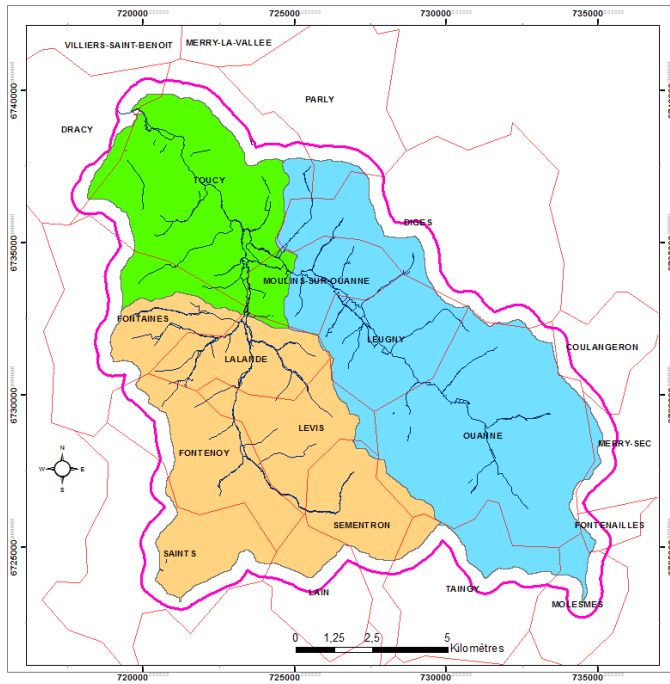


Figure 1 : Délimitation des masses d'eau et de la zone d'étude relative au projet Ouanne amont

Masses d'eau concernées par le projet Ouanne amont 2015-17

- BV_Ouanne_amont_500
- Communes_Zone_elargie
- Tronçons humides (TH)
- Cours d'eau (CE)
- Ru du Fontenoy
- Ouanne amont
- Ouanne aval jusqu'au Branlin

Système de coordonnées : RGF93-Lambert93
 Sources : ASP-2013 ; IGN-2015
 Auteurs : D. GRANDGIRARD, 2017
 UniLaSalle ASET 155 & 156

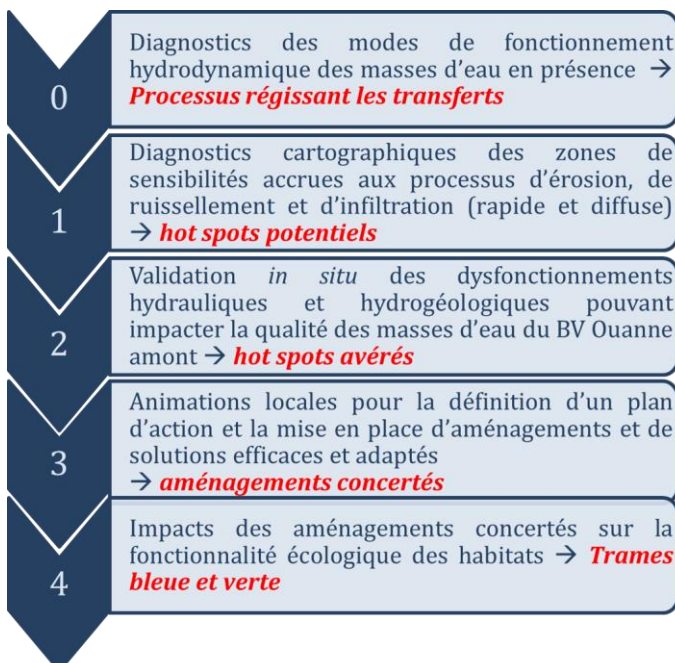


Figure 2 : Identification des objectifs principaux relevant du projet Ouanne amont 2015-17

Préambule

La déclinaison nationale de la **Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE)** impose pour les états membres de la Communauté Européenne d'élaborer un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) pour chaque grand bassin hydrographique. Cet outil de planification doit ainsi permettre de répondre aux objectifs de préservation et de restauration de l'état physico-chimique et écologique des masses d'eau superficielles et souterraines.

Le **Contrat Global Loing** amont proposé par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN) et porté par la Fédération des eaux Puisaye-Forterre (FEPF, 2014) s'inscrit dans cette démarche de préservation et d'amélioration de la ressource en eau, principalement de surface, et des milieux naturels (aquatiques et humides).

La mise en œuvre du contrat Global Loing amont sur la période 2015-18 est articulée autour de quatre objectifs que sont :

- L'amélioration de la qualité de l'eau en réduisant les pollutions diffuses et ponctuelles,
- La reconquête de la fonctionnalité des milieux aquatiques et humides,
- La gestion et la protection de la ressource en eau,
- Le développement d'une gestion de l'eau concertée, globale et durable.

Gestionnaire et responsable de la maîtrise d'œuvre pour l'élaboration, puis la mise en place du Contrat Global Loing amont, la **Fédération des Eaux Puisaye-Forterre** (FEPF ci-après) a décidé de confier à UniLaSalle Beauvais, pour la partie amont du bassin versant d'un affluent du Loing, l'Ouanne (fig. 1), la réalisation du premier objectif du contrat sous la forme d'un projet pédagogique de recherche appliquée : **le projet « Ouanne Amont »**. Comme précisé par le maître d'ouvrage, ce projet a pour objectif de conduire une « étude d'impacts des pollutions diffuses et du drainage couplés aux risques d'érosion des sols et de ruissellement avec proposition d'actions pour les deux masses d'eau superficielle, l'Ouanne et le Fontenoy ».

Le projet Ouanne amont a été initialement réfléchi et organisé autour de **5 objectifs principaux** (fig. 2) visant à

- « 0 » diagnostiquer l'état et les modes de fonctionnements hydrodynamiques des masses d'eau en présence
- « 1 » localiser et prioriser les zones potentielles de vulnérabilité/sensibilité accrue aux processus d'érosion/ruissellement et d'infiltrations rapide et diffuse, à l'échelle de la parcelle agricole
- « 2 » valider *in situ* la nature et l'intensité des zones de transferts potentielles
- « 3 » diagnostiquer les potentielles pressions et autres impacts que les activités agricoles exerceraient localement sur les masses d'eau, évaluer l'acceptation comme les préférences agriculteurs en termes d'adoption d'innovations agrotechniques et agroécologiques, et mettre en place des groupes de réflexion locaux
- « 3 » proposer un plan d'aménagement concerté (c'est-à-dire adapté, accepté et efficace) pour l'ensemble des dysfonctionnements répertoriés et corrigibles sur la zone d'étude
- « 4 » diagnostiquer localement les besoins en connectivité écologique au sein des différents milieux et trames végétales, humides et aquatiques aux échelles écologiques et agricoles d'intérêt

Cette synthèse technique correspond au livrable final du projet Ouanne amont ; il fait écho à l'ensemble des travaux réalisés au sein des 4 phases programmatiques du projet. Des rapports intermédiaires délivrés en cours de projet sont aussi disponibles sur demande auprès de la FEPF.

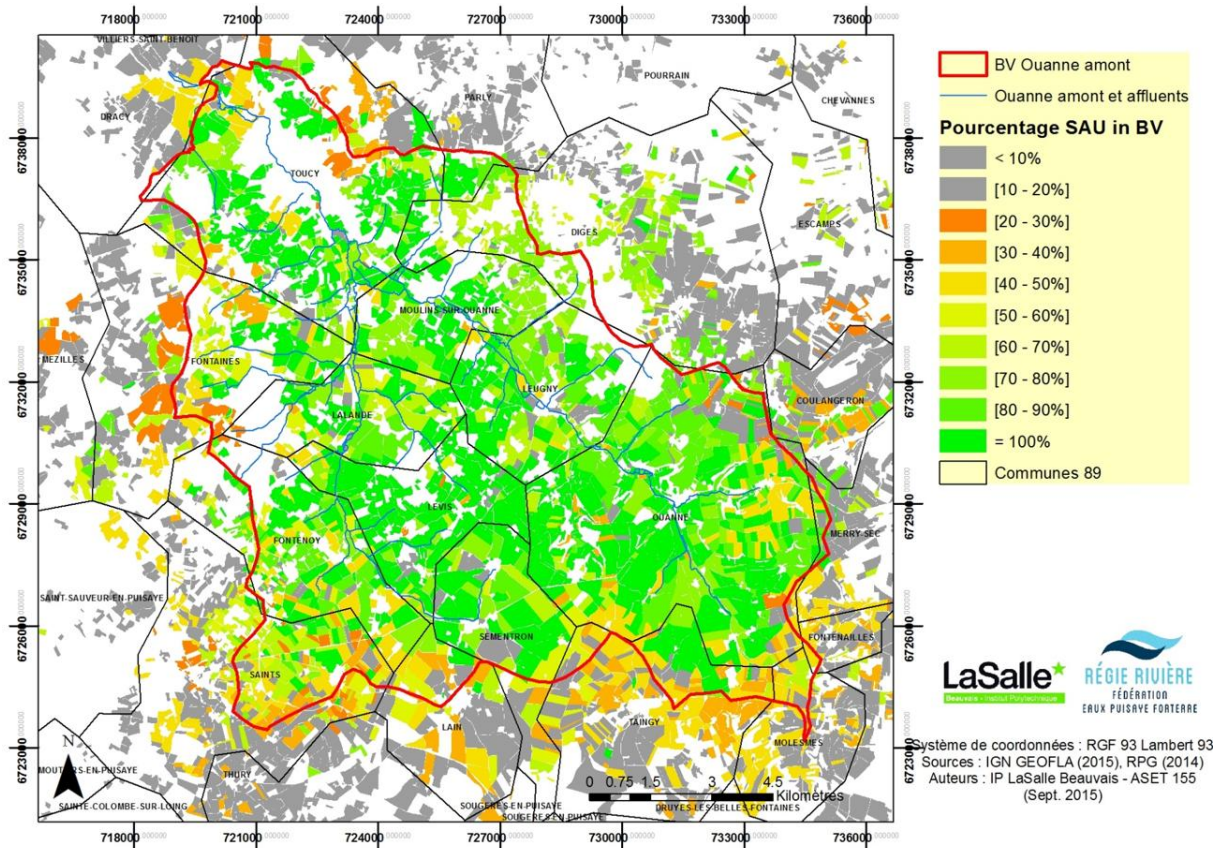


Figure 3 : Identification des îlots et parcellaires agricoles d'intérêt selon le pourcentage de la SAU des exploitations agricoles comprise au sein de la zone d'étude Ouanne amont
(un seuil minimal de 20% de la SAU se trouvant à l'intérieur de la zone d'étude a été retenu ; ASP-RPG 2014)

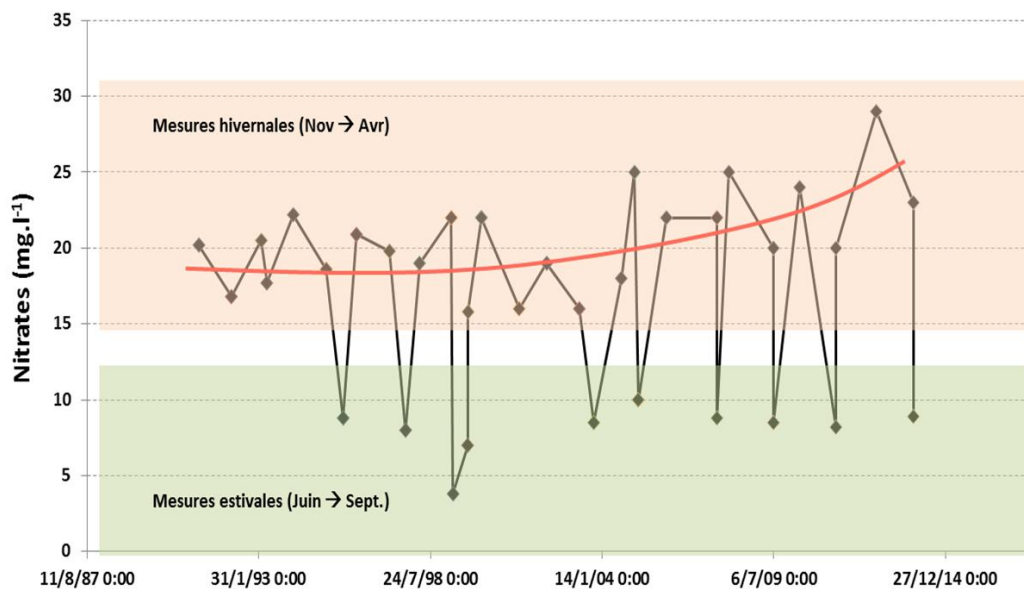


Figure 4 : Evolution de la concentration en nitrates au sein des eaux brutes captées du captage de Dracy-Les Minards
(Base de données ADES, consultation Juin 2015)

Caractéristiques territoriales et connaissances initiales

La zone d'étude « Ouanne Amont » se situe dans l'Yonne (département 89) en Bourgogne. Il s'agit du **bassin versant amont de l'Ouanne**, défini en accord avec la Fédération des eaux Puisaye-Forterre (FEPF, 2014) à partir des limites connues des trois masses d'eaux en présence, à savoir : l'Ouanne de sa source au confluent du Branlin (exclu), le ru de la Blarderie et le ruisseau de Fontenoy.

Ce bassin versant de 168 km² comprend 11 communes et est délimitée par Toucy au nord (à l'aval), Saints-en-Puisaye au sud-ouest et Ouanne au sud-est, à l'amont. Pour intégrer l'intégralité du tracé des affluents de l'Ouanne au sein de la zone d'étude ainsi que pour correctement disposer des informations relatives aux paysages locaux et à leurs potentiels de connectivité écologique, la zone d'étude a été augmentée de 500m dans toutes les directions (fig.1). Ainsi élargie, elle couvre désormais **199 km²** et nécessite de considérer 19 communes et quelques 218 exploitations agricoles ayant a minima une parcelle agricole au sein de la zone d'étude (ASP-RPG, 2014). Aussi, concernant les processus de concertation et de diagnostic à l'échelle de l'exploitation agricole, décision a été prise de se concentrer (sans exclure d'autres possibilités) sur les **141 exploitations agricoles** présentant au moins 20% de leur SAU au sein de la zone d'étude (fig.3 ; COPIL 1, 2015).

Le bassin versant étudié se situe en Puisaye et Forterre, deux territoires différents en termes de pédologie, hydrologie et activités agricoles. **La Puisaye** est un territoire humide caractérisé par la présence de bocages, de sols majoritairement argilo-sableux hydromorphes et d'une activité agricole de type polyculture-élevage. Concernant la géologie, la Puisaye est recouverte de placages peu perméables datant du Tertiaire qui lui confèrent un paysage particulier, comme la présence d'étangs, de marais et de vallées peu profondes (GAUTIER, 2008). Elle est aussi parcourue par des cours d'eau permanents. Au contraire, le paysage de **la Forterre** est très ouvert du fait des réagencements fonciers successifs et favorable à la production céréalière. Les sols sont argilo-limoneux et présentent une roche mère très karstique. La Forterre est également caractérisée par des vallées sèches marquées. Ces caractéristiques en font un milieu très infiltrant qui permet le transfert de l'eau vers la Puisaye en quelques heures seulement (FEPF 2015, communication personnelle). Aussi, et sans encore prendre en compte les autres caractéristiques de la zone d'étude, on peut d'ores et déjà affirmer que ce territoire peut être soumis (i) aux processus majeurs d'**infiltration** rapide au sein de vallées sèches et autres dolines, (ii) d'infiltration diffuse dans le cas de sols non hydromorphes et caillouteux, mais aussi à des processus (iii) d'hydromorphie et de saturation importants pouvant conduire à des transferts d'eau surfaciques par **ruissellement** de surface et sub-surfaciques. Les transferts par ruissellement étant, selon les sols concernés, susceptibles d'être le siège d'un arrachage et d'un transfert érosifs des particules de sols vers l'aval ruisselant et les masses d'eau.

Les éléments du diagnostic de territoire conduit en 2013-14 pour l'élaboration du Contrat Global Loing Amont ont démontré que sur notre zone d'étude, concernant ses **eaux superficielles**, l'Ouanne présentait un « bon » état global quand le ru du Fontenoy apparaissait en état « moyen ».

L'état des **eaux souterraines** aux stations de pompage indiquent des problématiques ponctuelles inhérentes aux transferts de particules (**turbidité**) sans pour autant que la norme de 1 NFU ne soit atteinte. Les eaux souterraines captées à Dracy ne laissent pas présager d'une pollution marquée par les molécules azotées (fig.4) et les dépassements ponctuels observés ne semblent pas suffisants pour déclasser la masse d'eau de l'Ouanne. Cela est cependant à considérer avec précaution du fait que les eaux souterraines ici captées et suivies proviennent de pompes profondes au sein de masses captives moins vulnérables, alors que dans sa partie libre superficielle, l'exposition de la ressource en eaux souterraines aux molécules azotées est plus flagrante, et les concentrations en **nitrate**s ponctuellement supérieures aux seuils fixés (AESN, 2015 - communication personnelle). En conséquence de quoi, la zone Ouanne amont (et plus largement du bassin versant Loing amont) a été classée en 2012 **zone vulnérable** sur la base des concentrations en nitrates des eaux souterraines et de surface (FEPF, 2014).

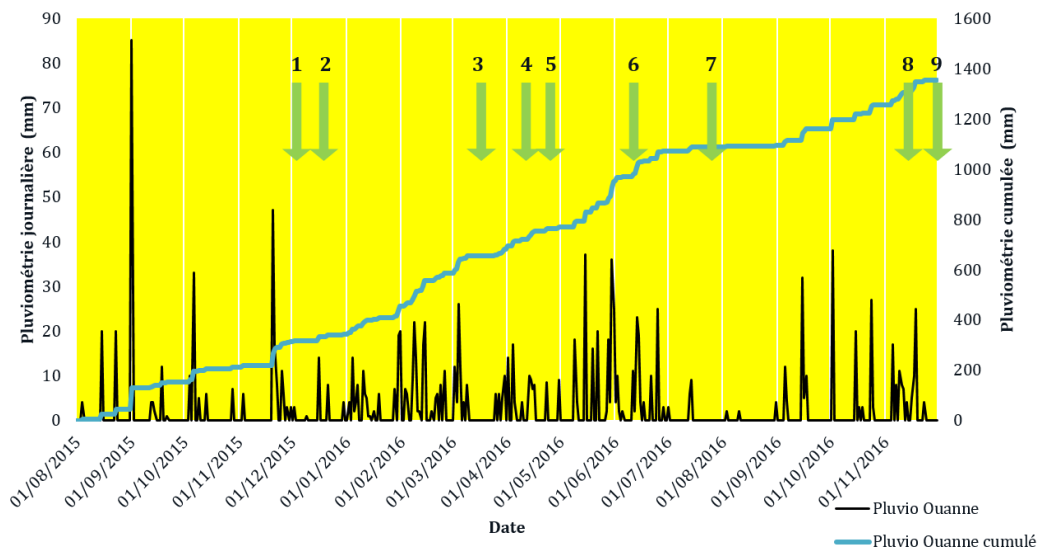


Figure 5 : Evolution des pluviométries journalière et cumulée sur l'année hydrologique étudiée
(Les dates de suivis et de prélèvement sont indiquées par des flèches vertes)

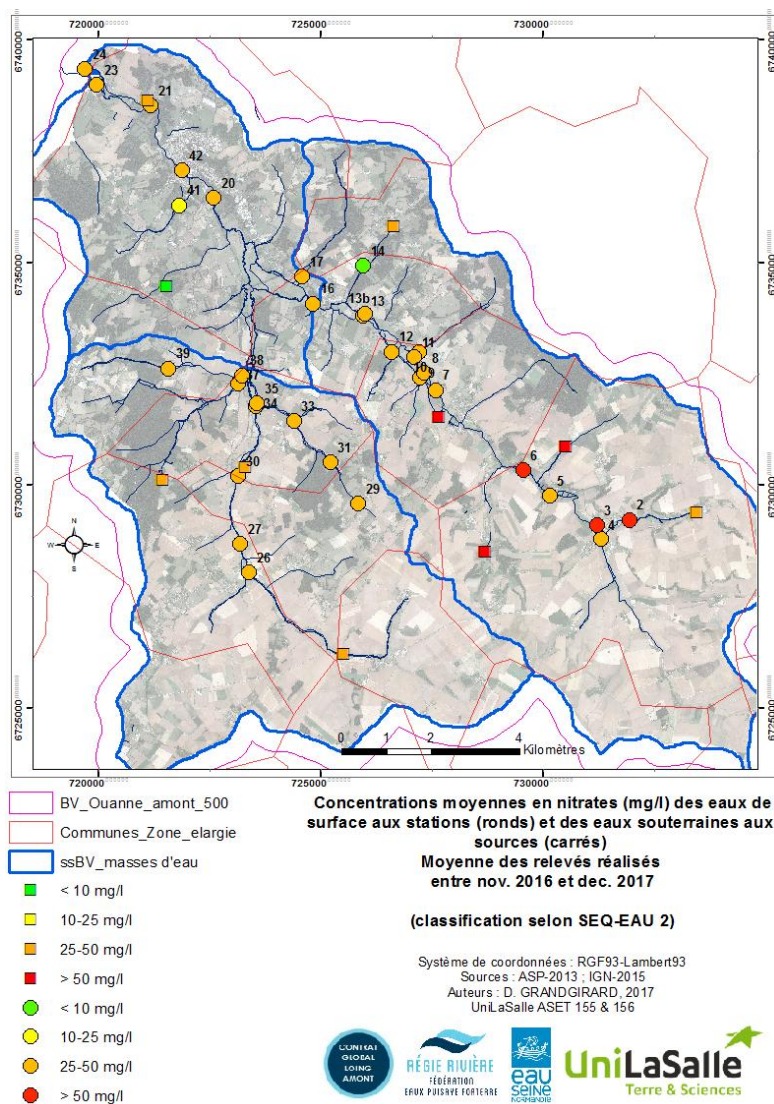


Figure 6 : Cartographie et différenciation des types de stations de suivi de la qualité des eaux superficielles au sein du réseau hydrologique d'étude
(ronds = stations de suivi sur cours d'eau ; carrés = stations aux sources)

A propos de la qualité des eaux superficielles

Savoir le plus précisément dans quel état les eaux superficielles (ESU) sont, masses d'eau qui font l'objet du projet Ouanne amont 2015-17, est la condition sine qua none à un travail précis et éclairé de recensement et/ou de compréhension des principaux processus incriminés, localement voire à certains moments de l'année, de transferts de matières en suspension ou encore de nitrates en leur sein. Pour cela et conformément aux diagnostic initiaux conduits entre 2011 et 2014 (DCE, FEPF...), nous avons recherché et suivi **sur une année hydrologique** (Novembre 2015 à Janvier 2017, fig. 5) la présence de **matière en suspension** et de **nitrates** dans les eaux superficielles.

Pour ce faire, **33 stations** de suivi de la qualité des eaux ont été placées à différents endroits le long de l'Ouanne, du Ru du Fontenoy et de leurs affluents respectifs. Les stations étaient réparties le long des cours d'eau afin de mesurer sur les affluents en amont et en aval de confluences, un panel d'indicateurs de qualité des eaux superficielles (fig. 6) : **la température, le pH, la conductivité, la turbidité et la concentration en oxygène dissous**. En parallèle, par courantométrie, les vitesses moyennes d'écoulement étaient déterminées à chaque date d'observation ; à partir des hauteurs d'eau et des surfaces des sections mouillées, les **débites** étaient calculés. Des prélèvements d'eau au sein des stations étaient réalisés et la concentration en **nitrates** était mesurée sous 12h après conservation au noir, à 5°C. De même, les eaux résurgentes de **10 sources** distribuées au sein du territoire étaient prélevées et soumises à dosage des nitrates (fig. 6). L'ensemble des mesures a été réalisé à **9 dates** au cours de l'année hydrologique étudiée.

Les concentrations moyennes en nitrates des eaux superficielles observées, sous régimes pluviométriques divers, montrent que le niveau de pollution par les nitrates n'est pas le même pour les deux masses d'eau amont. Les eaux de **l'Ouanne** présentent des teneurs en nitrates plus élevées que le Fontenoy et supérieures au seuil de 50mg/l à sa source, et ce, toute l'année. Par contre le ru du **Fontenoy** présente des valeurs généralement inférieures au seuil, comprises entre 35 et 40 mg/l. Non présentée ici, la concentration en nitrates le long de l'Ouanne est progressivement abaissée par dilution passant de plus de 50 mg/l à environ 35 mg/l à la station 24 située à l'exutoire du bassin versant suggérant l'arrivée d'eau progressivement moins concentrée en nitrates le long de l'Ouanne. A l'inverse, la concentration en nitrates des eaux du Fontenoy évolue guère de l'amont vers la confluence Ouanne-Fontenoy, suggérant des arrivées d'eau successives le long du Fontenoy de concentration relativement constante et proches de 35-40 mg/l sur toute l'année.

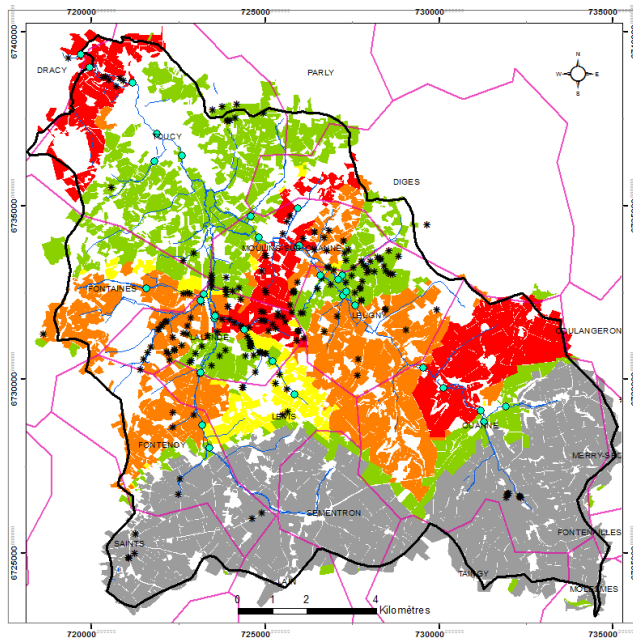
Concernant les **sources**, la concentration en nitrates y est relativement stable au cours du temps, mais très différente selon que l'on se trouve en Forterre ou sur les plateaux cernant la Puisaye, ou en Puisaye, près des zones boisées et de l'exutoire du bassin versant. Il est à souligner ici que les concentrations en nitrates des sources 3 et 4, situées sur la commune d'Ouanne, présentent des valeurs extrêmes fréquemment supérieures à 50 et 70 mg/l respectivement.

De l'observation de ces dynamiques d'évolution de la concentration en nitrates différenciées est suggéré le fait qu'il pourrait s'agir de deux processus distincts entre Ouanne et Fontenoy :

L'Ouanne : des eaux résurgentes très chargées et une dilution progressive suggère une infiltration possible de nitrates en plateau forterrain et leur résurgence au pied de la Forterre, là où commence la Puisaye. La qualité des eaux diluant les eaux résurgentes ne sont cependant pas à considérer indemnes de nitrates, la concentration de l'Ouanne étant d'environ 35 mg/l à Moulins-sur-Ouanne

Le Fontenoy : les concentrations en nitrates sont relativement stables et ce malgré l'accroissement progressif du débit. Ce qui suggère l'arrivée progressive d'eaux d'égale concentration en nitrates, tout au long du trajet du Fontenoy. Le Fontenoy ayant été recalibré et rendu non-infiltrant, l'accumulation d'eaux plutôt de surface chargées en nitrates pourrait expliquer cette tendance

Figure 7 : Niveau moyen de contribution des sous-bassins versants compris entre deux stations successives le long des cours d'eau de la zone d'étude – (en haut) vis-à-vis des nitrates et (en bas) vis-à-vis de la turbidité (matières en suspension)



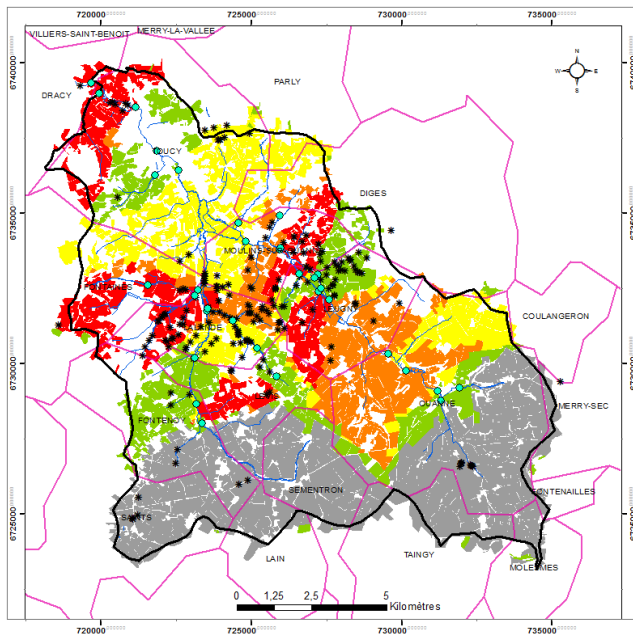
Niveau de contribution à la production de NO₃ (g/ha) des sous-bassins versants des stations en rivière

- Stations_ESU_final
- BV_Ouanne_amont
- * Drains_fin_Pt
- Tronçons humides (TH)
- Cours d'eau (CE)

Système de coordonnées : RGF93-Lambert93
Sources : ASP-2013 ; IGN-2015
Auteurs : D. GRANDGIRARD, 2017
UniLaSalle ASET 155 & 156

Contribution NO₃

- Tête de bassin
- Epurateur
- Contribution faible
- Contribution moyenne
- Contribution forte



Niveau de contribution à la production de MES (g/ha) des sous-bassins versants des stations en rivière

- Stations_ESU_final
- BV_Ouanne_amont
- * Drains_fin_Pt
- Tronçons humides (TH)
- Cours d'eau (CE)

Système de coordonnées : RGF93-Lambert93
Sources : ASP-2013 ; IGN-2015
Auteurs : D. GRANDGIRARD, 2017
UniLaSalle ASET 155 & 156

Contribution MES

- Tête de bassin
- Epurateur
- Contribution faible
- Contribution moyenne
- Contribution forte

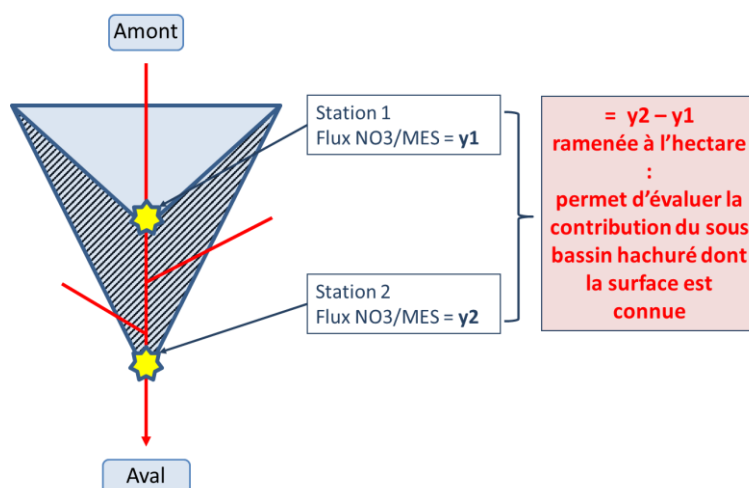


Contribution spatiale différenciée au sein du territoire

Disposer le long des cours d'eau de stations de suivi pour lesquelles une gamme de mesure est perpétuée à l'identique nous permet de disposer, pour chaque date d'observation:

- Des concentrations en nitrates (mg.l^{-1}) et de la turbidité (NFU.l^{-1} ou en mg.l^{-1}) à chaque station
- Des débits (l.s^{-1}) à chaque station

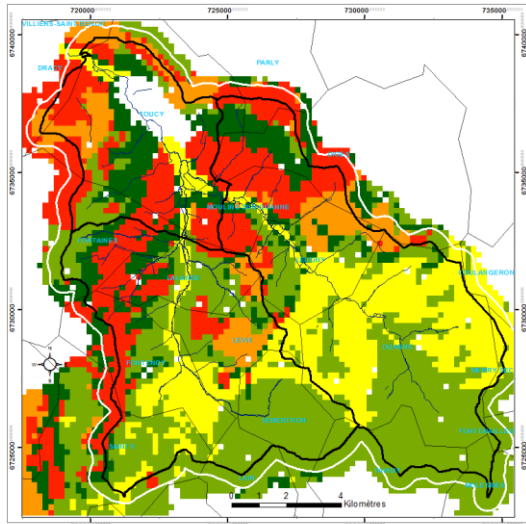
Multipliées entre elles, ces valeurs permettent de calculer un **flux de nitrates ($\text{mgNO}_3^-\cdot\text{s}^{-1}$) ou de matières en suspension** observé à une station donnée. A partir des flux, on peut alors déterminer la contribution d'une zone située entre deux stations en (i) calculant la différence de flux (Δ_{flux}) entre 2 stations successives et en (ii) divisant cette différence Δ_{flux} par la surface (ha) de la zone ou de la SAU totale présente en cette zone. Finalement, cette méthode, illustrée ci-dessous, nous permet d'estimer la contribution relative par unité de surface et de temps d'une zone donnée à l'accumulation ou à la phytoépuration des nitrates ($\text{mgNO}_3^-\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$), matières en suspension contenus dans les eaux superficielles (ESU).



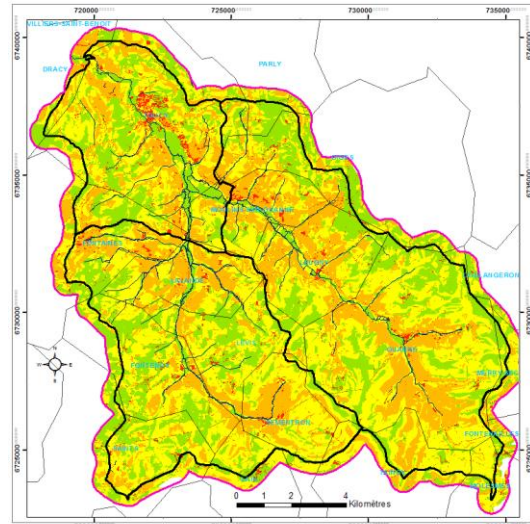
Les résultats spatialisés à l'échelle de l'année hydrographique suivie sont présentés figure 7 pour les nitrates et les matières en suspension.

- **Nitrates** : les zones contributrices sont, pour l'Ouanne, comme suggéré précédemment, situées à l'amont. Ainsi Ouanne puis Leugny apparaissent comme fortement contributrices. Avant la confluence avec le Fontenoy, Moulins-sur-Ouanne et Diges contribuent aussi fortement. Sur le Fontenoy c'est la commune de Lalande qui semble la plus incriminée, suivie de Fontaines et Fontenoy. On notera à l'aval, après la zone peu contributive voire « diluante et/ou phytoépuration » de Toucy, une arrivée importante de nitrates de l'ouest de Dracy.
- **Matières en suspension (MES)** : Les zones fortement contributrices sont pour l'essentiel sur les communes de Moulins-sur-Ouanne et Lalande, mais aussi partiellement sur Levis et Leugny, puis à l'aval de Dracy. Fait marquant, ces zones de contribution forte coïncident relativement bien avec la présence des exutoires de drains recensés lors des campagnes de terrain auprès ou sur les cours d'eau et autres tronçons humides temporaires.

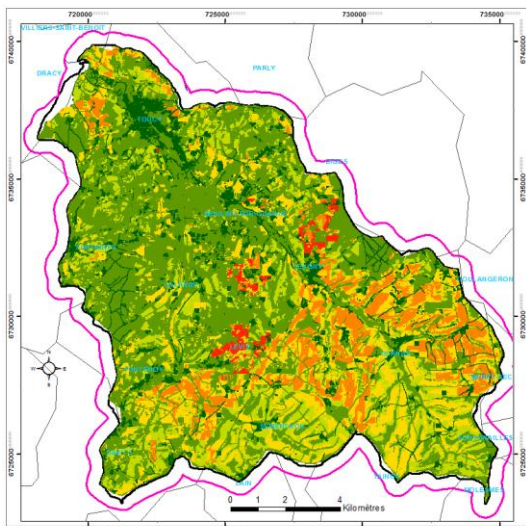
Ces résultats spatialisés appuient les tendances précédentes. A savoir, 2 processus majeurs distincts entre l'Ouanne avant confluence et le Fontenoy. Ils étayent les hypothèses (i) d'un **lien fort entre transferts et drainage agricole sur la partie Fontenoy** alors qu'ils suggèrent (ii) **pour l'Ouanne, un processus plutôt diffus et généralisé concernant les matières en suspension et, très amont, concernant les nitrates potentiellement reliés aux processus d'infiltrations.**



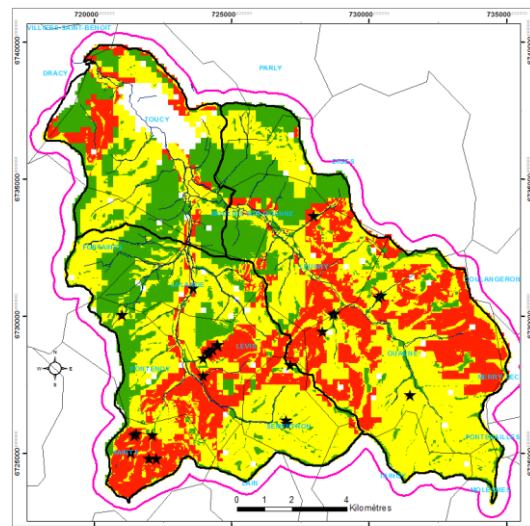
Texture pédologique de surface issue de la modélisation SCORPAN
A partir des données pédologiques Yonne au 1/5000ème disponibles



Carte de vulnérabilité des sols au ruissellement hortonien
(Méthode BRGM)



Carte de vulnérabilité des sols à l'érosion hydrique et mécanique
(Méthode MESALES)



Carte de vulnérabilité des sols à l'infiltration rapide
(Méthode TIR ; AH2D, 2009)

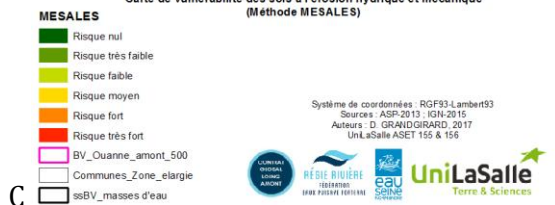


Figure 8 : Résultats de la modélisation SCORPAN des textures pédologiques de surface (A) puis des niveaux de vulnérabilité potentiels des sols aux processus de (B) ruissellement surfacique - méthode BRGM, (C) à l'érosion - méthode MESALES et (D) à l'infiltration ponctuelle - méthode TIR

MES et nitrates : quels processus naturels incriminer ?

Forts du constat établi des conséquences de potentiels transferts de nitrates et matières en suspension vers les eaux superficielles (à des taux dépassant localement mais continuellement les seuils fixés pour l'azote), nous avons cherché à estimer la vulnérabilité intrinsèque théorique du territoire aux différents processus de transferts généralement incriminés : le ruissellement de surface et l'érosion, l'infiltration diffuse ou ponctuelle. Pour ce faire, nous avons fait appel à certaines méthodes cartographiques applicables du fait des données territoriales disponibles ou générées.

En l'absence de données pédologiques au sein de la zone d'étude, hormis pour partie de la commune de Saints, une carte des textures de surface a été établie en ayant recours à l'approche SCORPAN de cartographie numérique des sols (Lagacherie et al., 2011) appliquée aux données existantes (RRP, Baize 1993 ; OCSOL, Unilasalle 2015 ; BDTOP IGN ; etc.) et en s'appuyant sur l'ensemble des cartes pédologiques déjà produites au 1/50000^{ème} à l'échelle du département de l'Yonne (cf. INRA Refersol¹). Une fois produite (fig.8.A), la carte des sols est alors utilisée ainsi que d'autres données pour générer une estimation à l'échelle de l'îlot PAC de la vulnérabilité des sols au ruissellement de surface (Hortonien), à l'érosion, à l'infiltration diffuse et à l'infiltration rapide.

- **Ruissellement hortonien** (fig.8.B) : le bassin versant est estimé dans sa globalité moyennement à fortement à risque. Les zones et donc les ilots agricoles présentant une propension forte à ruisseler sont localisés dans 3 grandes zones : à l'amont à Ouanne ou encore à Sementron pour le Fontenoy, dans une zone intermédiaire sur les communes de Fontaines, Lalande et Moulins-sur-Ouanne, puis au nord à Dracy. A partir de la méthodologie BRGM mobilisée ici, il est cependant possible de distinguer 2 grandes origines à cette propension au ruissellement hortonien :
 - (i) Majoritairement **la pente** souvent supérieure à 10% au sein des « cirques » entourant le bourg d'Ouanne ou encore sur les hauteurs de Sementron descendant vers Fontenoy, ainsi que sur les coteaux de Dracy
 - (ii) Majoritairement **la texture de surface des sols** présents en position centrale de la zone d'étude qui, du fait de leur indice de battance élevé ainsi que de leur caractère hydromorphe, sont très favorables au ruissellement hortonien voire par saturation.
- **Erosion** (fig.8.C) : tenant compte certes du type d'occupation des sols mais aussi des potentielles battance et érodibilité des sols, de la pente, il est possible d'estimer la sensibilité d'un sol à l'érosion (Antoni et al., 2006). Le territoire serait faiblement érosif, quand considéré dans son ensemble. Cependant, l'amont du territoire et plus particulièrement de Sementron à Ouanne est estimé fortement érosif. Si le plateau fortterrain à la limite sud du territoire apparaît moyennement érosif, ce sont surtout les parcelles de coteaux plongeant sur les bourgs à Ouanne, Fontenailles, Saints ou encore Sementron qui sont fortement incriminées. Plus encore, conjuguant pentes fortes et sols ruisselants (i.e. battants) certains ilots à Leugny, Levis ou encore Dracy sont jugés comme présentant une sensibilité forte à très forte. A l'inverse, le Piémont et surtout la Puisaye ne seraient pas concernés par les risques d'érosion.

¹ <http://acklins.orleans.inra.fr/georefersols/>

Carte de vulnérabilité globale (NGVi) de l'amont du bassin versant de l'Ouanne (pondération à dire d'experts)

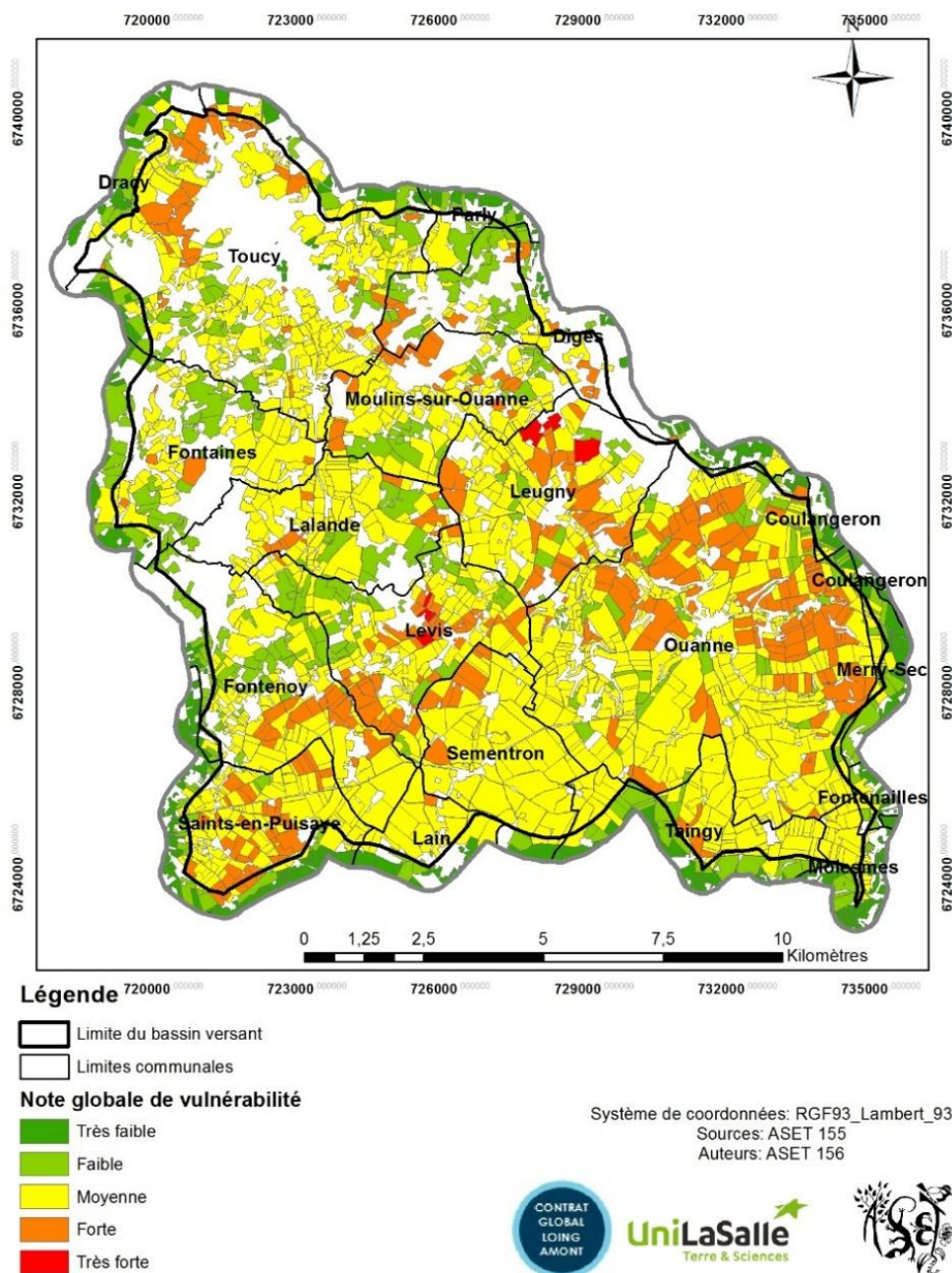


Figure 9 : Cartographie de la sensibilité globale potentielle des ilots PAC aux processus de transferts - Note globale issue de la somme pondérée des sensibilités relatives à l'infiltration diffuse (TID, 11%), rapide (TIR, 11%), globale (RISKE, 11%), à l'érosion (MESALES, 27%) et au ruissellement (BRGM, 39%)

- **Infiltration ponctuelle (fig.8.D)** : dès lors que sont recensés les effondrements et autres bétoires sur le territoire, il est alors possible de considérer l'ensemble des surfaces pouvant en amont de ces derniers ruisseler et voire les eaux de ruissellement plonger vers les nappes souterraines. En considérant ces bassins versant dits *de dépression* des bétoires, mais aussi la pente, les sols et l'occupation des sols (AH2D, 2009) nous estimons la propension de parcelles ou d'îlots à participer aux processus de transferts rapides de polluants vers les eaux souterraines (ESO) ; eaux souterraines que nous savons réapparaître en de nombreuses sources au sein du territoire et alimenter les eaux superficielles.

Parce qu'elles hébergent des bétoires ou les bassins de dépression des bétoires, les communes de Saints, Levis, Sementron, Leugny et Dracy sont principalement concernées. Ouanne, si aucune bétoire n'a pu être observée ou déclarée et vérifiée in situ, n'en reste pas moins du fait de son relief une zone de contribution potentielle. Cependant, son caractère pentu et ruisselant mais surtout infiltrant pourrait limiter en partie la forte sensibilité aux transferts rapides estimée par cette méthode. Sans autres résultats ou observations, nous ne pouvons aller plus avant.

- **Autres sensibilités étudiées** : d'autres méthodes d'analyse de la sensibilité intrinsèque du territoire ont été effectuées concernant les processus d'infiltration diffuse (TID - AH2D, 2009) et d'infiltration globale pour territoire karstique (RISKE – Döfliger et al., 2004). Toutes deux ont donné des résultats respectivement peu différenciés et moins robustes du fait du caractère karstique valide localement et non sur l'ensemble de la zone d'étude. D'autres méthodes encore auraient pu être mobilisées (méthode DISCO par exemple), cependant le défaut de données de départ ne nous a pas toujours permis de conduire ces dernières.

Malgré cela, l'ensemble des résultats ont été repris et associés dans le seul but de tenter de prioriser a priori les zones qui pourraient être les plus contributives aux transferts de polluants d'origine agricole vers les eaux superficielles (parfois les eaux souterraines puis de surface). La **note globale de vulnérabilité (NGV)** (fig.9) est alors obtenue en pondérant puis sommant chacune des 5 notes thématiques obtenues pour un îlot agricole *i* tel que :

$$NGV_i = [0.11 * TID_i] + [0.11 * TIR_i] + [0.11 * RISKE_i] + [0.27 * EROS_i] + [0.39 * RUISS_i]$$

Avec des poids fixés à dire d'experts selon la contribution a priori aux transferts de polluants vers les eaux superficielles des divers processus soupçonnés

Les îlots agricoles susceptibles de contribuer fortement à très fortement aux transferts de polluants, quel que soit le processus majoritaire localement, sont en toute logique et conformément aux résultats précédents, localisés en piémont juste dans la zone d'atterrissement des coteaux forterrains. Il s'agit de la zone intermédiaire bordant au sud la Puisaye. Selon ces résultats, un axe allant de Saints-en-Puisaye jusqu'à Leugny ainsi que le nord-est d'Ouanne seraient les zones à diagnostiquer en priorité.

De fait des diagnostics *in situ*, en conditions pluviométriques si possibles favorables aux transferts de polluants, doivent venir confirmer ces résultats dont nous souhaitons rappeler ici qu'ils ne sont que cartographiques et dépendants des données disponibles ou créées à cet effet.

Table 1 : Estimation des niveaux potentiels de pression "érosion des terres" et "transfert des nitrates" exercés par les surfaces arables (SAU-STH)

Critères sous-jacents	Grp. 1 (n = 18)		Grp.2 (n = 20)		Grp. 3 (n = 17)	
	Pression MES ^(*)	Pression NO ₃ ⁻ (^{**})	Pression MES ^(*)	Pression NO ₃ ⁻ (^{**})	Pression MES ^(*)	Pression NO ₃ ⁻ (^{**})
	0.89	1.50	2.00	2.00	2.76	3.17
Diversification ^(**)	0.52		0.51		0.42	
Cultures de printemps ^(**)	0.11		0.35		0.88	
Résidus de cultures ^(**)	0.36		0.00		0.06	
Drainage des parcelles ^(**)	0.09		0.09		0.27	
(*) pressions maximales : MES = 3 et NO ₃ ⁻ = 4 (**) pression maximale = 1						

Table 2 : Estimation des niveaux potentiels de pression "érosion des terres" et "transfert des nitrates" exercés par les surfaces fourragères (SFP)

Critères sous-jacents	Grp. A (n = 14)	Grp.B (n = 9)	Grp. C (n = 6)
STH ^(*)	0.48	0.18	0.14
Prairies temporaires ^(*)	0.29	0.33	0.01
Chargement (UGB/ha)	1.8	0.48	2.2
(*) de pression maximale = 0 à pression nulle = 1			

MES et nitrates : Une origine agricole ?

Juger de la vulnérabilité d'un territoire à l'érosion, au ruissellement ne fait pas de ce dernier un endroit où nitrates et matières en suspension sont forcément présents en grandes quantités au sein des masses d'eau. Car pour qu'une vulnérabilité devienne un risque il faut que les éléments déclencheurs des transferts de MES et des nitrates opèrent. Les éléments déclencheurs sont généralement (i) **naturels** quand on parle par exemple de pluies journalières, d'intensité particulière qui saturent les sols en eau et provoquent alors ruissellement et arrachement des terres, et, (ii) **anthropiques** (directs ou indirects) quand il s'agit par exemple, de l'absence de couverts aux périodes d'interculture, de l'état de croissance des couverts, d'une mauvaise maîtrise de la fertilisation azotée ou encore de techniques de travail du sol non adaptées. Ne disposant pas des ressources pour diagnostiquer l'impact potentiel des déclencheurs naturels, nous avons fait chercher à diagnostiquer certains des déclencheurs anthropiques relatifs aux systèmes de cultures et pratiques agrotechniques présents sur la zone d'étude.

Nous avons pour cela conduit des entretiens auprès de la population d'exploitants agricoles sur la base du volontariat. Au cours des deux campagnes successives (2015 et 2016), ce sont **62 exploitants agricoles** qui nous ont accueillis sur leur exploitation et qui ont répondu en tout ou parties du questionnaire. Seront présentés ici les résultats relatifs au **niveau de simplification du système de culture** et au **niveau d'intensification de la production animale**, comme ceux relatifs à l'estimation de la **balance azotée** de l'exploitation.

- Système de culture et pratiques :

L'analyse des surfaces par espèce cultivée (% de la SAU) mais aussi du pourcentage des cultures de printemps, de l'indice de diversification des cultures (méthode IDEA) ou de gestion des résidus (méthode DAEG) a permis de construire une typologie propre au système de culture. Les 55 exploitants ayant répondu à ces parties sont répartis au sein de 3 groupes dont on peut observer les tendances moyennes au sein de la table 1. La population (n=55) est répartie de manière assez homogène au sein des 3 groupes. Et les niveaux de pression "Nitrates" et "matières en suspension (MES)" présentent les mêmes tendances entre groupes.

Le groupe 1 (n=18) se différencie des 2 autres du fait que l'assolement pratiqué est peu diversifié. Les exploitations sont très spécialisées dans la production de céréales et de colza. Les rotations sont courtes, bi- ou triennales. Parfois une seconde tête de rotation est introduite voire se substitue au colza ; il s'agit généralement du maïs grain mais le tournesol est cité. D'autre part, la gestion des résidus de culture n'est pas toujours optimale du fait d'exportations courantes pour vente. **Le groupe 2 (n=20)** est aussi peu diversifié et présente un autre facteur aggravant : l'introduction de cultures de printemps de manière plus marquée. Il s'agit généralement du maïs, fourrager, qui au cours de l'interculture puis de son cycle est plus favorable aux processus de ruissellement et d'érosion et de lixiviation des nitrates. Là encore les rotations restent très courtes bi-triennales selon la parcelle considérée. Enfin, **le groupe 3 (n=17)** est plus diversifié par l'introduction de céréales fourragères et de méteils, il présente des rotations sur 5 ans voire plus. Cependant, la présence d'élevages laitiers ou hors-sols, fait que le maïs prédomine et est régulièrement cultivé sur des zones hydromorphes drainées, très propices aux transferts de surface via le réseau de drainage de MES et nitrates.

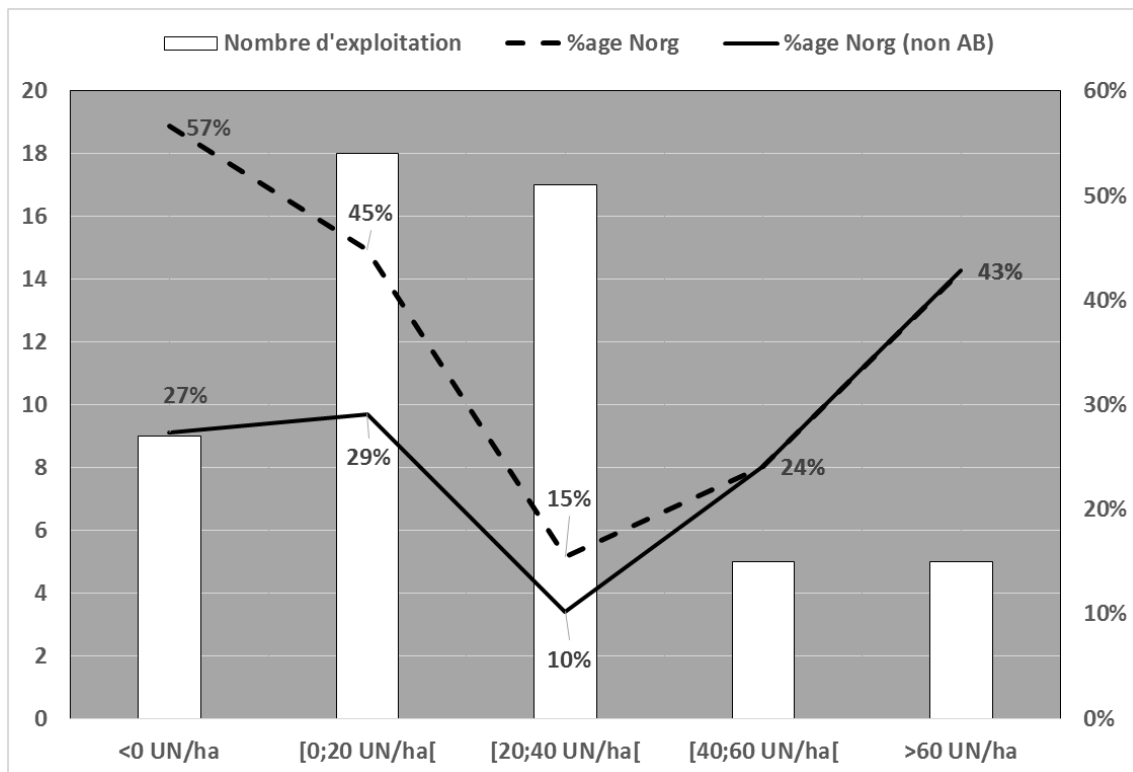


Figure 10: Histogramme des fréquences du bilan N (UN/ha) des exploitations et évolution de la part relative des amendements organiques au sein de la fertilisation azotée totale, toutes exploitations confondues, exploitations non AB seules

- Ateliers d'élevage :

Un travail équivalent concernant les exploitations avec ateliers d'élevage et surfaces prairiales a été réalisé ; bien entendu seules les exploitations ayant répondu aux parties correspondantes constituent l'échantillon (n=29). Les informations considérées concernent la part relative de surface toujours en herbe (STH) et le pourcentage de prairies temporaires dans la SAU ainsi que le niveau moyen de chargement (Tab. 2).

Le groupe A (n=14) est surtout caractérisé par des surfaces importantes en herbe, les troupeaux étant conduits à l'herbe. Cela est confirmé par la part restreinte des prairies temporaires. Il s'agit majoritairement d'élevages allaitants. Cependant, le chargement à l'hectare est assez élevé ce qui peut avoir pour conséquences de nombreux piétinements en bordure de cours d'eau et la nécessité d'une gestion efficace des effluents dont les volumes sont alors très importants. **Le groupe B (n=9)** correspond à des élevages laitiers, de taille modeste pour le secteur avec peu de prairies permanentes et un recours plus important au hors sol. La production de fourrages sur prairies temporaires est alors fréquent et réduirait le niveau estimé des pressions MES et Nitrates. A l'inverse, **le groupe C (n=6)** présente lui une concentration forte de troupeaux laitiers, sur peu de surface en herbe et ayant peu recours aux fourrages céréaliers et autre méteil. L'alimentation est constituée d'ensilage de maïs, pratique s'accompagnant possiblement de pressions MES forte et Nitrates non négligeable.

- Balance azotée globale :

Le dernier résultat concerne la balance azotée globale de la campagne culturale 2014-15, campagne antérieure au lancement de l'étude. Les balances calculées (UN/ha) sont regroupées par classes. Elles peuvent être – négatives (apports < exportations) ce qui implique des rendements adaptés au potentiel parcellaire et une gestion fine et efficace de la minéralisation de l'humus – positive (apports > exportations) dans le cas de fertilisation mal ou non raisonnée engendrant des pertes économiques et des risques importants de transferts de nitrates. La part (%) de la fertilisation azotée organique par classe, et par classe après exclusion des exploitants en AB est indiquée (Fig. 10).

On a tendance à considérer une balance azotée *bonne* dès lors que l'excédent ne dépasse pas 25-30 UN/ha. Ici, une bonne partie des exploitants semblent respecter cette limite puisqu'ils sont 50% à se trouver sous ce seuil. A l'inverse, ils sont une quinzaine à dépasser ce seuil et certains en atteignant des valeurs 2 à 3 fois supérieures. Les exploitations les mieux classées (<0UN/ha) ont recours aux amendements organiques car souvent en AB. A l'opposé, les balances excédentaires le sont souvent du fait de quantités élevées d'effluents organiques tout en ayant recours aux fertilisants minéraux. Il y a donc pour les cas extrêmes, possiblement, une surproduction d'effluents et l'impossibilité de les valoriser du fait d'une SAU insuffisante ? Absence d'échanges paille-fumier ? Non-recours aux outils d'aide à la décision (OAD) de calcul du bilan azoté ? Qualité du conseil agronomique ?

Si certaines des pratiques agricoles du territoire sont à incriminer, il s'agirait plus certainement (i) des **rotations simplifiées avec cultures d'hiver** dont la biomasse entrée hiver et hiver, aux périodes pluvieuses, ne permet pas toujours l'assimilation des nitrates en excès et la rétention des terres. Mais il pourrait aussi s'agir (ii) des risques inhérents aux parcelles où les cultures de printemps, le maïs pour l'essentiel, sont implantées. Sur **parcelles hydromorphes, drainées**, fréquemment du fait de rotations très courtes, ces risques sont alors élevés. Enfin, il apparaît que pour partie des exploitations, les exploitations allaitantes d'une part mais aussi laitières rencontreraient respectivement (iii) des problèmes de **surpâturage et/ou de chargement trop élevé** des pâtures dommageables aux prairies et aux cours d'eau quand accessibles, et (iv) **une valorisation des effluents d'élevage limitée** structurellement par la surface épandable ou organisationnellement (échanges paille/fumier) et/ou un raisonnement déficient, quand il n'est pas absent, de la fertilisation azotée menant à une surfertilisation organique + minérale.

	Lit mineur		Berges		Ripisylve		Synthèse	
	MES	PhytoE	MES	PhytoE	MES	PhytoE	Note globale	Etat général
Classe 1	-	--	++	++	+/-	+/-	1	Mauvais état
Classe 2	+	+/-	++	++	+/-	+/-	5	Etat moyen
Classe 3	+	+	-	-	+	+	2	Mauvais état
Classe 4	+	+	+	+	++	+	7	Bon état
Classe 5	+/-	-	+/-	+/-	+/-	+/-	-1	Etat dégradé
Classe 6	+/-	-	+	++	+	+	4	Etat moyen

Figure 11 : Description des groupes de tronçons humides en fonction de leurs notes MES et PHYTOE respectives obtenues par compartiment

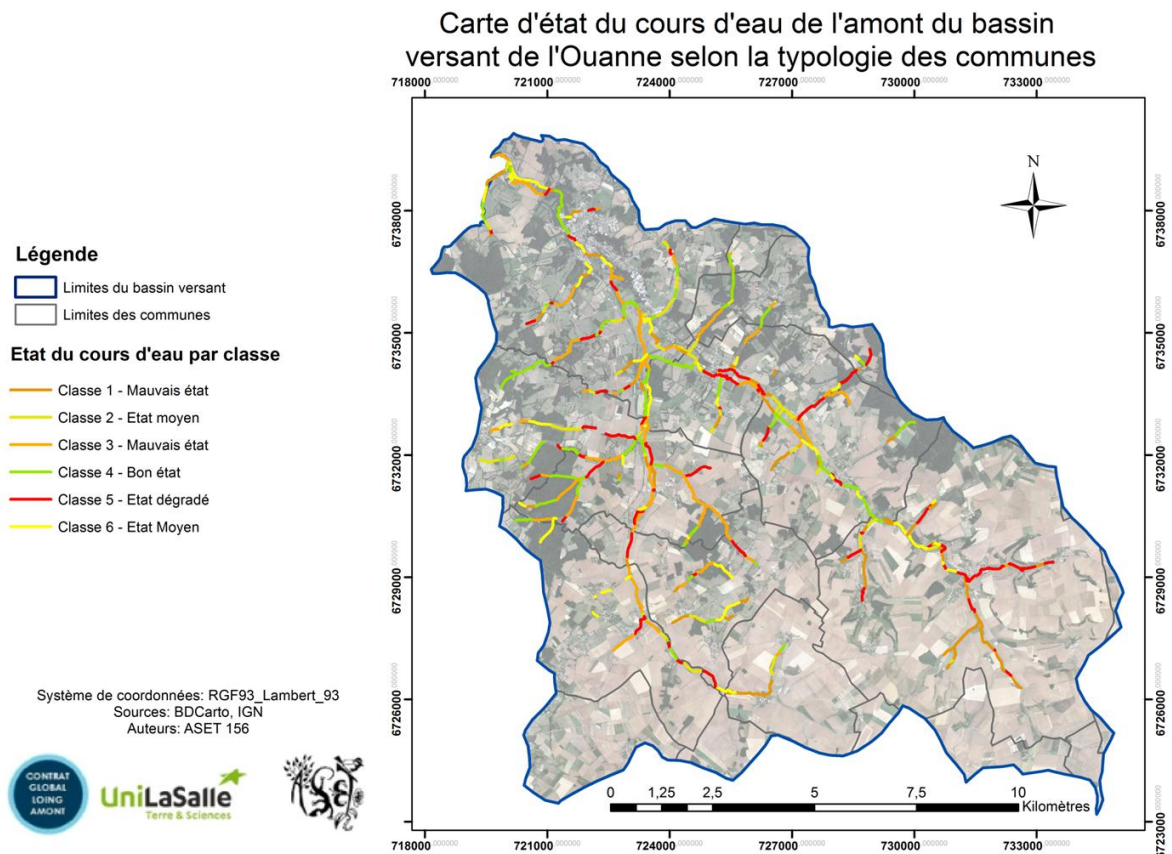


Figure 12 : Cartographie des tronçons humides et de leur appartenance à une des 6 classes de contribution MES et PhytoE

MES et Nitrates : quelles autres origines possibles ?

Les matières en suspension observées et quantifiées au sein des eaux superficielles peuvent avoir une origine parcellaire, les sols agricoles étant régulièrement arrachés lors d'incidents climatiques en conditions culturales facilitantes (sols nus, faible développement et/ou destruction précoce des intercultures, cultures de printemps ...). Mais elles peuvent tout autant être générées sur d'autres lieux, par d'autres processus que le ruissellement et l'érosion parcellaires.

Deux autres familles de processus ont été analysées lors de cette étude : (i) La contribution "intrinsèque" des rivières à la mise en suspension de particules de terres, par érosion des berges, absence et/ou mauvais état des ripisylves ou encore piétinement des berges par les animaux d'élevage et, (ii) la présence observée d'indices de colmatage au sein des cours d'eau.

Concernant **la contribution intrinsèque** telle que définie dans le cadre de cette étude, nous avons tour-à-tour cherché à analyser l'état du lit mineur, des berges et des ripisylves présentes de chacun des **tronçons humides** répertoriés sur la zone d'étude. On entend par tronçon humide, tous *les éléments linéaires (mares, étangs, lagunes exclus) constituant du réseau hydrographique, toujours en eau, quel que soit leur statut juridique et administratif.*

S'inspirant des méthodes QUALPHY (QUALité PHYSique des cours d'eau), CARHYCE (CARactérisation HYdromorphologique des Cours d'Eau) et d'une méthode employée par la FEPP (Douane M., 2016, communication personnelle), 23 critères d'évaluation de la qualité des différents compartiments d'un tronçon humide (lit mineur, berges et ripisylve) ont été calculés pour chaque tronçon humide répertorié. Cette évaluation considérait les 2 rives séparément et mène à la production **(i) d'une note relative à la contribution à la turbidité du tronçon appelée « MES » et, (ii) d'une note relative à la contribution à la phytoépuration des nitrates du tronçon, appelée « PhytoE » pour chaque compartiment retenu.**

Utilisant les notes MES et PhytoE obtenues par tronçon humide, 6 classes de tronçons présentant les mêmes caractéristiques ont été constituées (fig. 11) :

- Tous compartiments confondus, les tronçons humides de **la classe 5** présentent un état global **"dégradé"** du fait d'un lit mineur sans végétation et colmaté, de ripisylves restreintes, en mauvais état et de berges souvent abruptes. Ils sont essentiellement présents à Ouanne (bras venant du lavoir d'Usselot) mais à Fontenoy et Lalande. Le ru de l'Etang à Levis-Lalande comme le ru de Pichon à Leugny en sont également de bons exemples.
- Les tronçons des **classes 1 et 3** sont **"en mauvais état"** du fait du lit mineur pour la classe 1 et des berges pour la classe 3. Les tronçons concernés sont alors l'Ouanne amont sur sa branche venant de Pierrefite-le-bas pour la classe 1 et le Fontenoy dans sa quasi-totalité pour la classe 3.
- Les **classes 2 et 6** présentent toutes deux, un état global **"moyen"**. Si la cause est l'état de la ripisylve pour la classe 2, c'est le lit mineur qui pose problème dans le cas de la classe 6. Classes 2 et 6 confondues, les tronçons humides relevant de ces dernières sont présents essentiellement sur certains affluents en Puisaye du Fontenoy et de l'Ouanne (Ex. le ru des Vallées à Levis, le ru de la Blarderie à Moulins-sur-Ouanne ou encore le ru issu du lavoir à Fontaines).
- Finalement, une seule classe, **la classe 4** présente un état global jugé **"bon"** du fait de compartiments observés en bons états, complets et certainement fonctionnels. Les tronçons humides correspondant se situent en amont des affluents du Fontenoy comme de l'Ouanne. On citera entre autres l'amont des ruisseaux issus de la forêt du Sauvage à Lalande et Fontaines, et des zones boisées venant de Sauilly, de Diges comme c'est le cas de l'amont du ru de la Blarderie, du ru issu du lavoir de Sauilly ou encore du ru venant du hameau des Fontaines à Toucy.

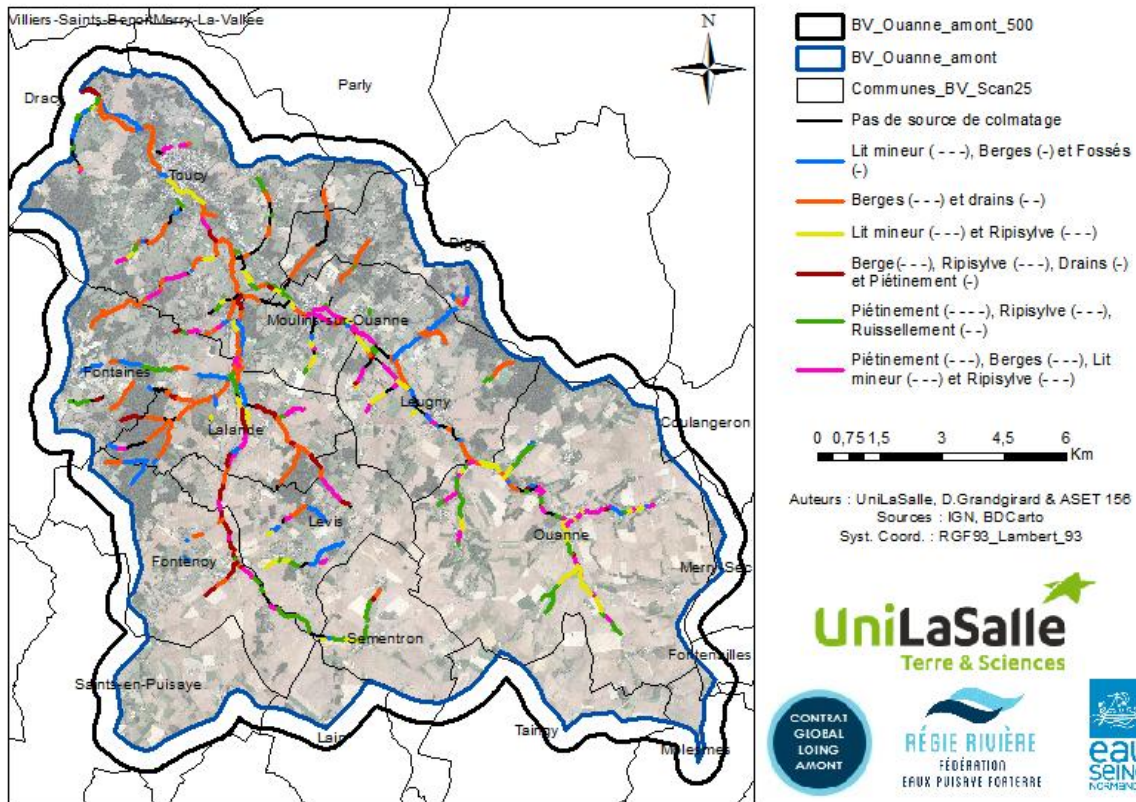


Figure 13 : Cartographie des zones de colmatage observées ainsi que des critères intrinsèques aux tronçons potentiellement à l'origine du colmatage

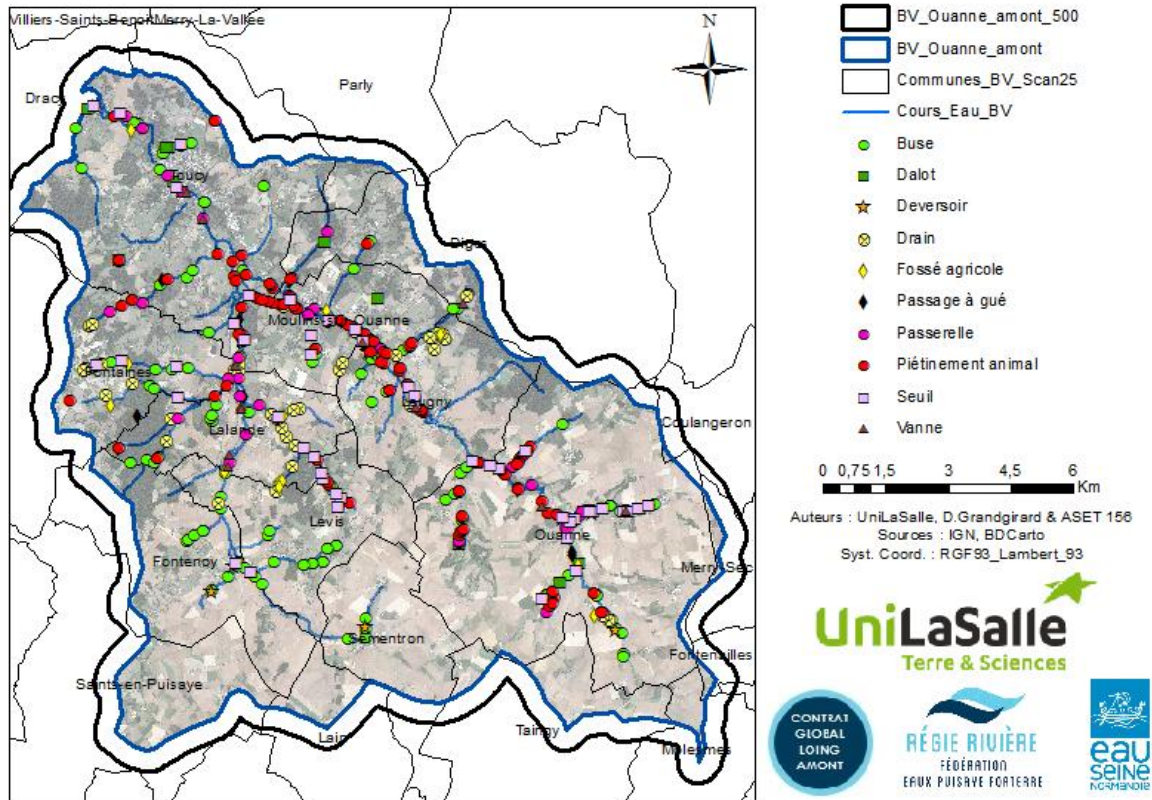


Figure 14 : Cartographie des zones de colmatage et des dysfonctionnements recensés pouvant être à l'origine du colmatage

Concernant **la présence d'indices de colmatage des cours d'eau**, elle a été déterminée à partir d'un ensemble d'observations réalisées sur les tronçons humides. Il est à noter ici que la méthode aurait nécessité des observations répétées, sur une année, avec mise en place sur chaque tronçon humide suspecté de colmatage d'un système de mesure – or les ressources pour ce faire étaient indisponibles et les investissements non initialement prévus. Les résultats décriront de fait une tendance et constitueront un premier repère qui pourra être enrichi le cas échéant.

Il s'agit dans un premier temps de géolocaliser les zones de colmatage présentes sur les tronçons humides ; consécutivement aux observations de terrain, une zone de colmatage est prononcée dès lors que l'épaisseur d'envasement et le taux de recouvrement du lit mineur par la vase atteignent un certain niveau (Rapport Phase 3, 2017). Les tronçons sont alors répartis au sein de 3 classes allant de "dégradé à bon".

Puis, d'autres critères d'état d'un tronçon humide tel la présence (i) d'exutoires de drains et/ou de collecteurs de drains, (ii) de zones de piétinement, (iii) de fossés connectés, (iv) de traces latérales de ruissellement mais aussi ses notes "MES" (précédemment exposées) pour le lit mineur, les berges et les ripisylves sont considérés. Toutes ces données sont mobilisées au sein d'une classification qui permet de regrouper les tronçons humides (berges droite et gauche rassemblées selon la règle : par critère, le tronçon prend la modalité la plus dégradée de ses berges) selon les notes obtenues.

Le réseau hydrographique présente diverses zones où **le colmatage** est important (Fig.13). Il s'agit pour l'essentiel de zones conséquentes de colmatage (plusieurs hectomètres voire kilomètres) sur le Fontenoy, apparaissant à partir de la commune de Lalande jusqu'à l'entrée de l'Ouanne dans Toucy intramuros. Concernant l'Ouanne, avant confluence avec le Fontenoy, les zones de colmatage existent et sont principalement comprises sur la commune de Moulins-sur-Ouanne. Mais on observe cependant sur des tronçons plus restreints des zones de colmatage tout au long de l'Ouanne sur sa partie amont jusqu'à Ouanne. Enfin, certains affluents tels le ru du lavoir de Fontaines et le ru des Fontaines à Levis (affluents du Fontenoy), ou encore les rus de la Blarderie et du Pichon sur l'Ouanne présentent aussi des zones de colmatage importantes.

L'origine de ces zones de colmatage semble différente selon que l'on se trouve en amont ou en aval des cours d'eau. **A l'amont, le piétinement**, du fait de surface prairiales rivulaires très restreintes, est avec l'absence de ripisylve le critère à incriminer. Cette tendance s'observe aussi au nord de Leugny et au sud de Moulins-sur-Ouanne. A l'inverse, dans sa partie médiane, **le Fontenoy semble colmaté du fait de berges trop abruptes et de l'arrivée de drains** et autres collecteurs. De Toucy jusqu'à Draçy le mauvais état structural et le faible degré de végétalisation des berges semblent à l'origine du colmatage.

Ces tendances sont d'autant plus perceptibles dès lors que l'on fait figurer sur une même carte les zones de colmatage, l'état des tronçons humides et les "éléments potentiellement à l'origine du colmatage" (fig.14).

D'après les derniers résultats apportés, une autre source de matières en suspension donc de turbidité, voire de nitrates dans les eaux superficielles est à prendre en compte.

Il s'agirait de la génération par la rivière elle-même de matières en suspension successivement à l'arrachage des terres en berges. L'origine de ces **processus d'incision des berges** n'est pas forcément inconnue ; on a pu en effet observer que les zones de colmatage semblent coïncider avec un **recalibrage et une chenalisation inadéquats** du Fontenoy (berges rectilignes et abruptes, vitesse accélérée) et **une ripisylve insuffisante** pour être efficace et retenir les terres en berges. Ces processus sont peut-être aujourd'hui propres aux cours d'eau, ils ont pour origine la satisfaction de besoins agricoles de confort.

D'autre part, la **densité de drains** et d'exutoires de drains arrivant au Fontenoy comme **l'intensité de pâturage** sur les prairies bordant l'Ouanne participeraient aussi des processus de destruction et d'érosion progressive des berges et de chargement en sédiments des eaux superficielles.

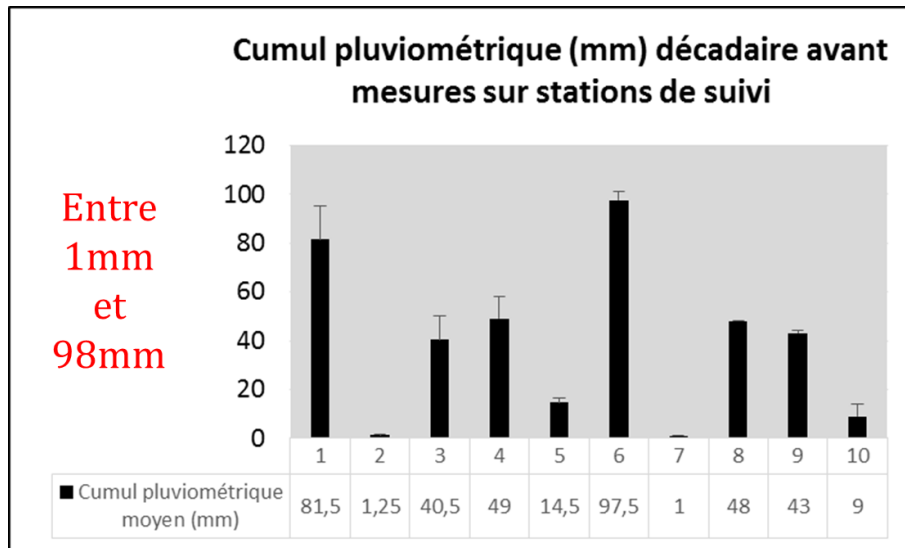


Figure 15 : Cumuls pluviométriques décadaires moyens (3 stations météorologiques) aux dates de suivi de la qualité des ESU

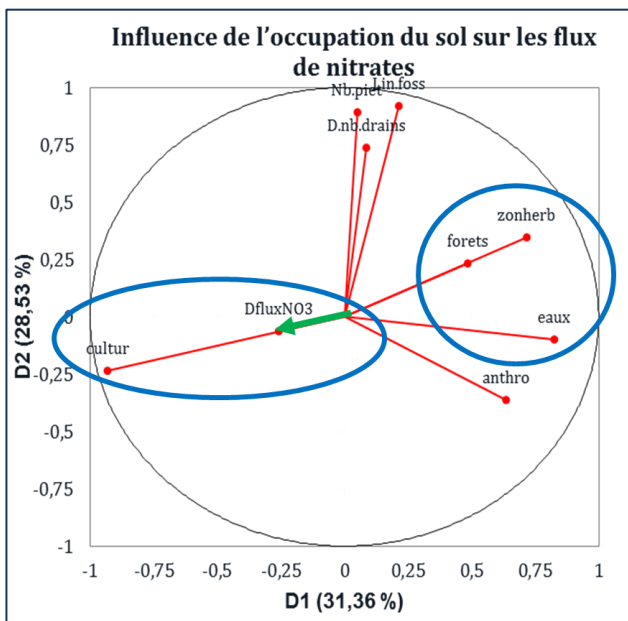


Figure 16 : Résultats de l'ACP concernant l'influence de l'occupation relative des sols sur la concentration en nitrates des ESU

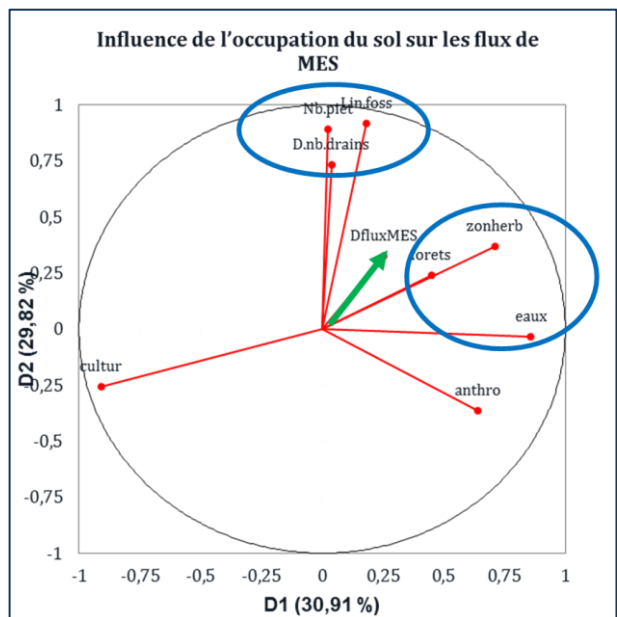


Figure 17 : Résultats de l'ACP concernant l'influence de l'occupation relative des sols sur la concentration en MES des ESU

(DfluxNO3 = différence de flux en nitrates à deux stations de suivi successives ; DfluxMES = différence de flux en MES à deux stations de suivi successives ; cultur = surfaces en cultures hors prairies ; anthro = surfaces de nature anthropique ; eaux = surface en eaux ; forets = surfaces boisées ; zonherb = surface en herbe ; D.nb.drains = densité de drains agricoles ; Nb.piet = nombre de zones de piétinement en berge ; Lin.foss = linéaire cumulé de fossés de drainage)

Conclusions partielles

Le travail conduit et les méthodes mobilisées ont permis de générer et d'intégrer un bon nombre d'informations jusqu'alors ignorées. Quelles aient été créées à partir d'observations, à partir des bases de données existantes ou créées pour l'occasion, elles permettent d'appréhender au mieux le territoire d'étude, ses réalités et de répondre aux objectifs assignés.

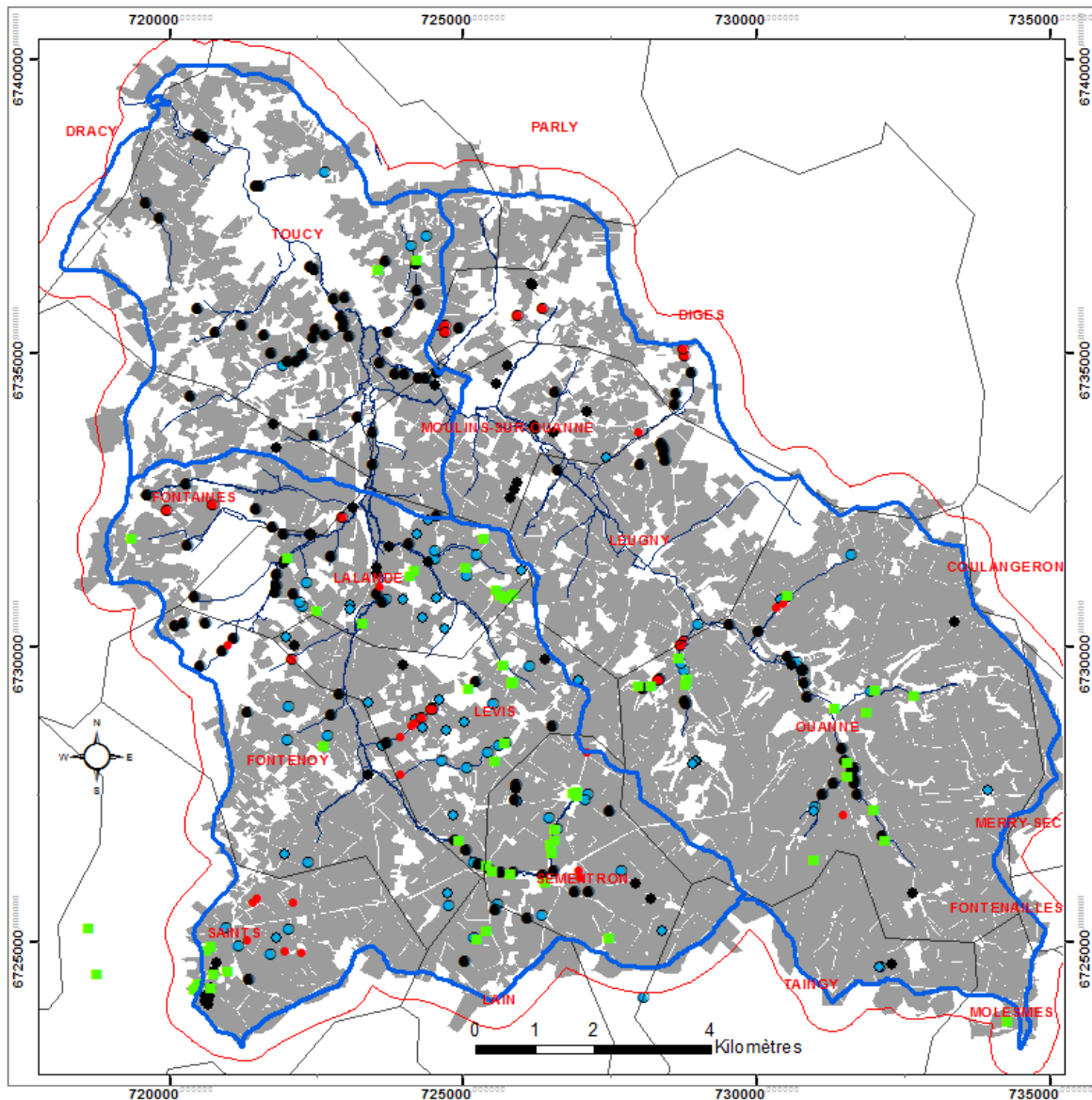
Objectif 1 : concernant le diagnostic de l'état des masses d'eau superficielle (rivières) et souterraines (aux sources) il a été démontré sur une année pluviométrique et dans une gamme de pluies optimale (figure 15) que la teneur en nitrates des eaux superficielles présente une dynamique particulière : dépassant le seuil de 50 mg/l aux sources, la concentration est régulièrement diluée par l'arrivée d'eaux moins chargées pour finir aux alentours de 35 mg/l à l'exutoire de la zone. Si cela est vrai pour l'Ouanne, cela ne s'observe cependant pas pour le Fontenoy dont la teneur est constante de ses sources à sa confluence avec l'Ouanne. Cela indique une arrivée continue en tous points de son bassin-versant d'eaux également chargées, potentiellement imputable à un processus plus anthropique que naturel. Hypothèse étayée par le fait que les matières en suspension sont plus importantes dans le Fontenoy que dans l'Ouanne, et que le Fontenoy concentre très majoritairement les zones hydromorphes et les réseaux de fossés et drainage agricole du territoire.

Il est aussi ici important de préciser que si les eaux superficielles sont chargées en nitrates et en matière en suspension (pour le Fontenoy surtout), certains affluents ou certains tronçons des cours d'eau bénéficient de conditions moins à risque. Ainsi, les données de la campagne de suivi ont permis de discriminer l'impact de certaines occupations des sols sur la qualité des eaux superficielles. Il apparaît que les flux de nitrates sont pour l'essentiel conséquences des zones de cultures (hors prairies ; fig.16), et que les matières en suspension résultent principalement des réseaux de drainage agricole (fig. 17). A contrario, la présence de pâtures ou forestières limiteraient les nitrates mais pourraient, certainement pour des raisons de piétinement, contribuer aux MES.

Objectif 2 : l'analyse cartographique de la vulnérabilité du territoire aux principaux processus à l'origine des transferts de nitrates et des matières en suspension (ruissellement, érosion, infiltrations) semble indiquer que les îlots agricoles les plus à même de participer aux processus de transfert sont localisés dans le piémont forterrain, en zone intermédiaire entre Puisaye et Forterre. En ce lieu, risques de ruissellement et d'érosion, mais aussi d'infiltration rapide au sein des bassins de dépression des bétouilles ont été soulignés. Cependant, la qualité des eaux aux sources, plus en amont du territoire ne doit pas faire oublier que les nitrates parviennent en grandes quantités dès les sources et ce, certainement après infiltration diffuse et rapide au sein du plateau forterrain.

Objectif 4 : l'analyse des pratiques agricoles du territoire indique que certains types de pratiques, voire certains systèmes de production pourraient participer aux transferts des nitrates et autres MES vers les eaux superficielles. Il s'agirait pour l'essentiel d'une trop grande simplification des systèmes de culture conduisant généralement au systématisme de fertilisation, à l'absence de plantes de services efficaces sur la période à risque et potentiellement à un accroissement des pressions associées à ces systèmes. Mais il a été aussi souligné que le chargement excessif des pâtures, la production d'ensilage de maïs sur des parcelles hydromorphes et drainées, comme une limitation du potentiel de valorisation des effluents d'élevage pourraient participer de ces transferts.

Objectif 1 : si certains systèmes de cultures et d'élevage et certaines exploitations atypiques peuvent être suspectés de contribuer aux transferts de nitrates et de MES, les cours d'eau eux-mêmes pourraient participer aux transferts observés. Incision de berges, éboulements, berges abruptes, ripisylves réduites... autant de raisons de considérer les cours d'eau, pour des raisons de confort agricole, comme contributifs à leur propre état qualitatif. Mais, restons prudents, car partie de ces phénomènes sont aussi à relier au drainage agricole, à la chenalisation défavorable des cours d'eau, à l'abreuvement en rivières, à la présence de seuils et autres vannages comme à l'abandon d'une gestion intégrée des niveaux d'eau en rivières, à la coupe des éléments topographiques telles les haies et ripisylves.



**Principaux dysfonctionnements directement imputables
aux processus de ruissellement, d'érosion ou d'infiltrations et
autres sources présentes au sein de parcelles agricoles**

- Communes_Zone_elargie
- BV_Ouanne_amont_500
- ssBV_masses d'eau
- Tronçons humides (TH)
- Cours d'eau (CE)
- Dysf_156_pt_SOURCE
- Dysf_155_pt_INFIL
- Dysf_156_pt_INFIL
- Dysf_155_pt_MOUILL
- Dysf_156_pt_MOUILL
- ◆ Dysf_155_pt_RUISSEL
- Dysf_156_pt_RUISSEL

Système de coordonnées : RGF93-Lambert93
Sources : ASP-2013 ; IGN-2015
Auteurs : D. GRANDGIRARD, 2017
UniLaSalle ASET 155 & 156



Figure 18 : Localisation et distinction des principaux indices de ruissellement (RUISSEL), d'infiltrations (INFIL) et d'eau persistantes temporairement (MOUILL) observés en 2015 (promotion 155) et 2016 (promotion 156)

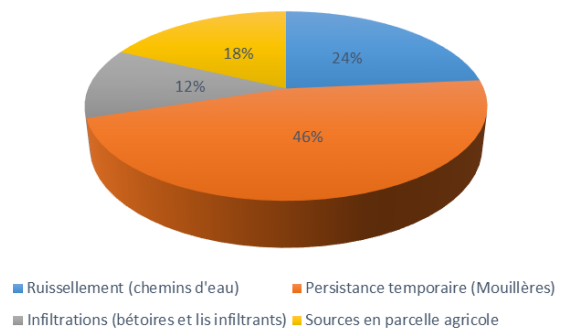
Dysfonctionnements et autres phénomènes de transfert à risque

Dès le début du projet, il a été clair et consensuel que le diagnostic cartographique et autre recensement par entretien auprès des exploitants ne permettraient pas de connaître précisément la nature et l'intensité des phénomènes de transferts existant sur la zone d'étude. Si ce travail cartographique permet de commencer à comprendre l'organisation territoriale, prioriser les processus ou les zones à parcourir, voire d'anticiper une stratégie de gestion dudit territoire, il doit être complété d'observations de terrain. C'est pour cette raison qu'il a été décidé de dédier une partie des ressources à l'exploration, si possible en conditions favorables, du territoire pour localiser et identifier **les dysfonctionnements existants**. On entend par dysfonctionnement tout indice et/ou phénomène indiquant que nous sommes ou avons été en présence de ruissellement de surface, subsurfacique, d'érosion, d'infiltration ponctuelle ou diffuse d'eaux superficielles. Il peut s'agir de griffures de surface, de zones d'atterrissement des particules, de lessivage amont des terres, de chemins d'eau tels des ravines, de zones en eau temporaires ou « mouillères », d'effondrements et/ou de disparitions ponctuelles de chemins d'eau. Lors des campagnes de terrain, d'autres éléments pouvant participer aux pollutions par les nitrates et les MES des eaux superficielles ont aussi fait l'objet de recensement : les exutoires et collecteurs de drains, l'hydromorphie parcellaire et les réseaux de drainage, les sources en parcelle, les fossés, seuils, fumières Mais tous ne seront pas commentés ici.

Les résultats inhérents à ces observations vous sont présentés ci-après.

Dysfonctionnements directs : un certain nombre de dysfonctionnements sont imputables directement aux processus de transferts. Parmi ceux-ci, 3 dysfonctionnements ont été majoritairement observés : **les zones de persistance en eau** (mouillères), **les chemins d'eau** (ruissellement constaté) et **les zones d'infiltration préférentielle** (bétoires, fossés infiltrants et vallées séchantes). Puis viennent **les sources** situées en parcelle agricole, il s'agit d'un dysfonctionnement indirect car aggravant.

Dysfonctionnements directs



Ces dysfonctionnements sont majoritairement localisés sur la masse d'eau du Fontenoy (fig. 18) et ils sont de nature différente – des sources, nombreuses à l'amont, du côté de Saints-en-Puisaye, de Sementron – des zones de ruissellement au sein du piémont du Fontenoy, sur les communes de Levis, Fontenoy et Lalande – puis des mouillères à Lalande. Sur l'amont de l'Ouanne, avant confluence avec le Fontenoy, ce sont surtout des sources que l'on trouve à Ouanne. Des zones de mouillères existent cependant à Ouanne et Moulins-sur-Ouanne. Puis à l'aval de la confluence, c'est la commune de Toucy qui présente une quantité importante de mouillères, généralement observées en 2016 sous conditions favorables.

Au sein du territoire, des bétoires et autres lits drainants, vallées sèches (n=43) ont été signalés ou observés ; tous ne sont donc pas potentiellement visibles pour l'heure. Parmi eux, les observations à Diges (ru du Pichon), Levis, Sementron, Lalande et Fontenoy ont été constatés. Quand celles de Saints-en-Puisaye, d'Ouanne et de Diges ouest n'ont pas pu l'être.

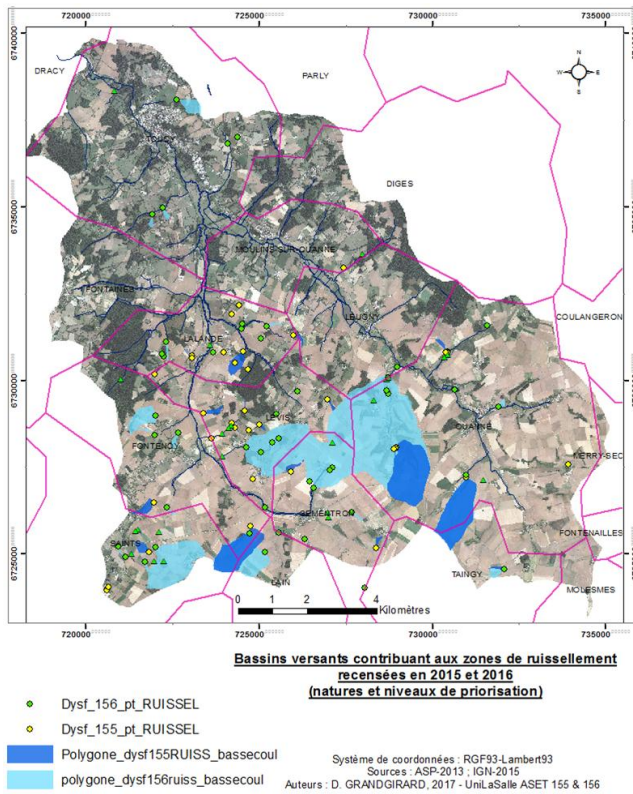


Figure 19 : localisation des bassins versants potentiellement contributeurs des dysfonctionnements imputables au ruissellement (RUISSEL)

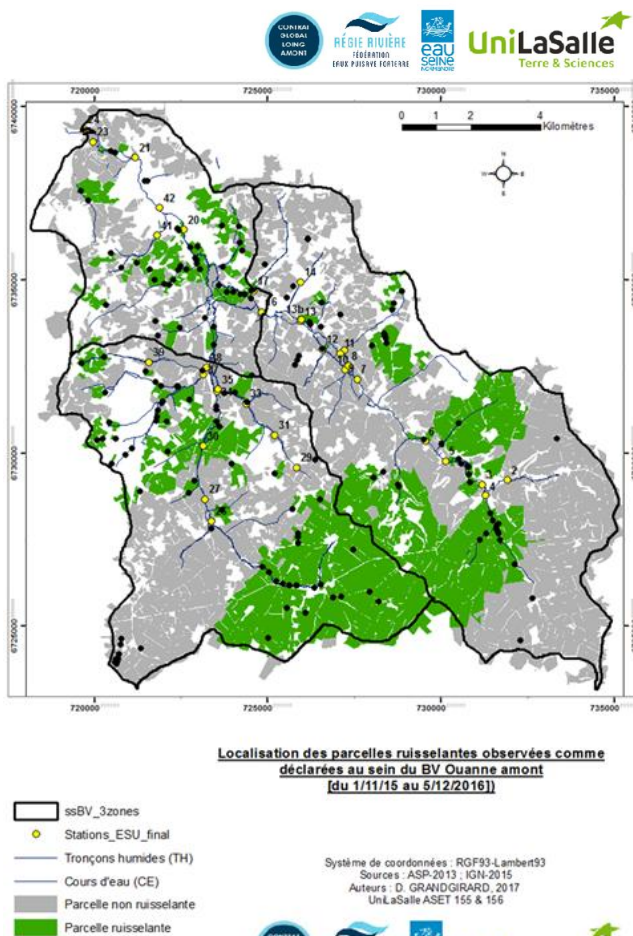


Figure 20 : localisation des bassins versants potentiellement contributeurs des dysfonctionnements imputables aux zones en eau persistante (MOUILL)

Considérant cependant les témoins enquêtés honnêtes, nous prendrons en compte l'ensemble des 43 dysfonctionnements observés par la suite. Ces zones d'infiltration préférentielle semblent organisées selon 3 linéaires allant de Sementron à Ouanne, de Saint-en-Puisaye à Diges et de Fontaines à Parly. Ces linéaires correspondent pour partie aux failles géologiques recensées localement par le BRGM (résultat non montré).

A partir des positions géographiques de chacun des dysfonctionnements recensés, nous avons calculé le territoire amont pouvant contribuer par ruissellement hortonien vers ces dysfonctionnements (en considérant que toutes les pluies s'y dirigent et ne s'infiltrent pas). Ce bassin s'appelle alors un **bassin de dépression** ; il permet d'identifier toutes les parcelles agricoles pouvant contribuer à alimenter le dysfonctionnement et que nous considérons dans un premier temps comme dysfonctionnantes. Pour illustration, les parcelles contributives au processus de *ruissellement – chemins d'eau* sont différenciées au sein de la figure 19. De même, les parcelles contributives au ruissellement – persistance temporaire d'eau sont présentées en figure 20.

Les zones contributives **aux chemins d'eau** seraient localisées sur les coteaux de Saints, Levis, Sementron et Ouanne. Quant aux zones contributives des **mouillères**, elles occupent la même zone aval mais sont aussi présentes sur les zones aval de la Puisaye à Lalande, au nord de Leugny et au sud de Toucy. De la même manière les parcelles contributives du bassin de dépression des **bétoires** et autres lits infiltrants ont été identifiées (résultat non montré). Puis les parcelles accueillant au moins une **source** au sein de ces limites ont été prises en compte.

Toutes ces parcelles sont alors considérées comme potentiellement contributives (fig. 21). C'est-à-dire que nous avons décidé, en l'absence de toute autre information ou donnée disponible, que les processus de ruissellements et d'érosion ou d'infiltration diffuse et ponctuelle s'opéraient sur ces parcelles là et nulle part ailleurs dans le territoire.

Nous savons cette décision être discutable :

- D'une part parce qu'il n'est pas prouvé que les eaux de pluies ruisselleront intégralement vers ces dysfonctionnements ; en effet, des sols et/ou des pratiques et des occupations de sols peuvent être favorables à l'infiltration des eaux ruisselées, comme des réseaux de drainage agricole de surface peuvent dévier les eaux de la direction topologique théorique vers d'autres surfaces en eau ou vers les cours d'eau.
- D'autre part, nous avons vu que l'amont du territoire apparaît infiltrant ; il est même connu pour cela. Autrement dit, il est fort possible que les eaux ne ruissellent pas mais s'infiltrent directement vers les masses d'eau souterraines et ne contribuent pas aux dysfonctionnements.
- Enfin, parce que des dysfonctionnements ont pu nous échapper ou à l'inverse être déclarés malgré une intensité et une ampleur très réduite. Et donc des parcelles peuvent être concernées mais non identifiées à ce jour, ou identifiées mais trop peu contributives pour nécessiter une éventuelle action correctrice.

En l'absence de toutes autres données qui nous permettraient d'affiner les éléments de notre diagnostic ou qui viendrait l'enrichir, nous avons décidé d'emprunter, en connaissance de causes, une **démarche conservatrice** et allons étudier plus précisément les caractéristiques et situations de toutes les parcelles, des quelques 1161 (62%) parcelles ou îlots potentiellement contributeurs afin de proposer pour chacun d'entre eux, et quand nécessaire, une solution adaptée et qui permettra d'atténuer les phénomènes observés localement, de réduire les risques globalement.

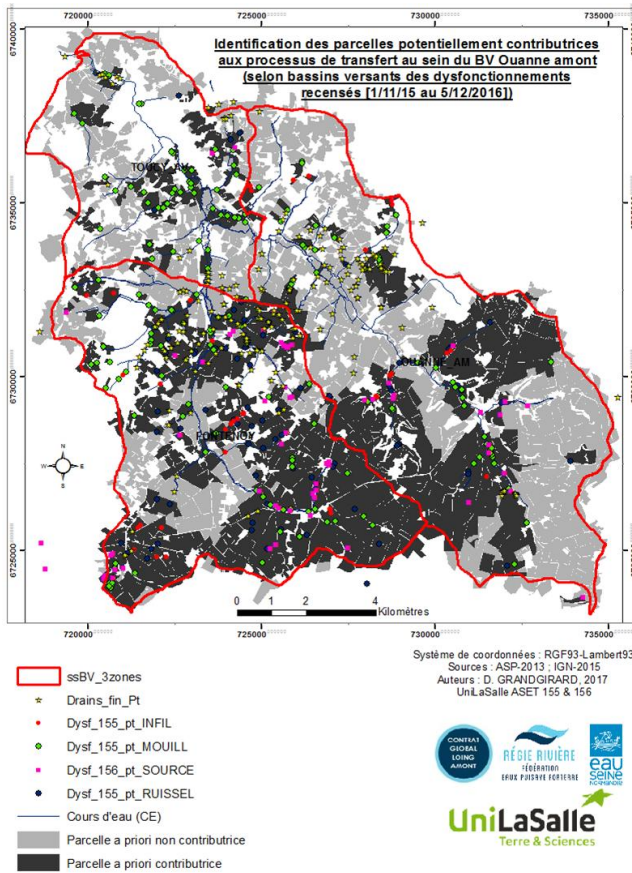


Figure 21 : localisation des bassins de dépression potentiellement contributeurs de l'ensemble des processus de transfert (RUISSEL, INFIL, MOUILL) et des parcelles accueillant au moins une source au sein de ses limites

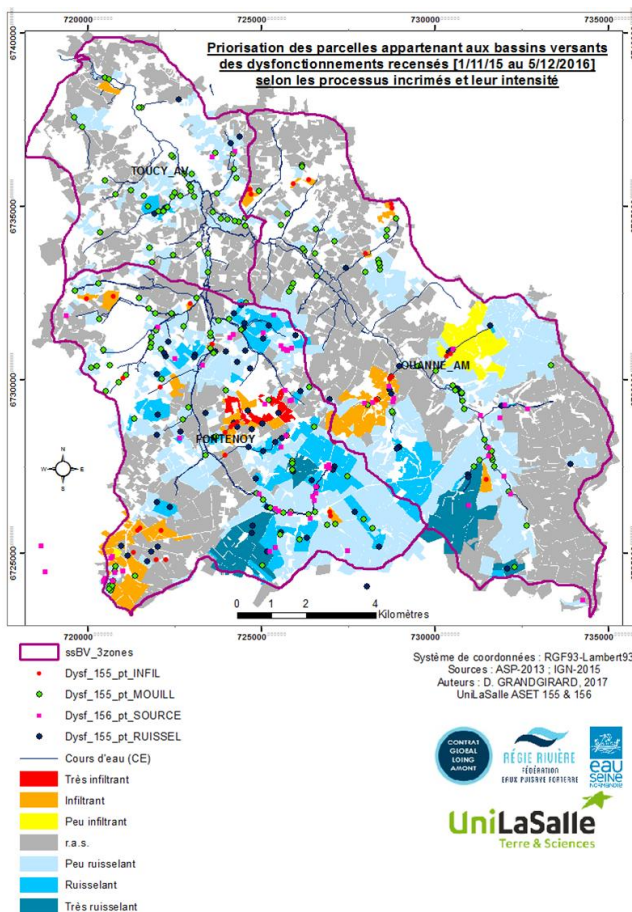


Figure 22 : identification (à partir des dysfonctionnements observés in situ), localisation des parcelles potentiellement contributrices et nature des processus de transfert en jeu

Parmi les 1161 parcelles potentiellement contributrices, 714 appartiendraient au bassin de dépression d'un seul processus (INFIL, RUISSEL ou MOUILL), soient 43%. Cependant, les 946 parcelles autres se situeraient dans le bassin de dépression d'au moins deux processus, trois pour 140 d'entre elles.

	Ruissellement (RUI)	Mouillère (MOU)	Infiltration (INF)
Ruissellement (RUI)	85		
Mouillère (MOU)	282	529	
Infiltration (INF)	247	188	100
RUI - MOU - INF	140		

Du fait de la pluralité des processus pouvant concerner une parcelle, les solutions d'aménagement à concéder lors de la construction d'un plan d'actions doivent intégrer cette complexité et hiérarchiser les problèmes afin de décider des solutions les plus adaptées, les plus efficaces. Pour simplifier et prioriser les processus au sein de chaque parcelle, nous avons décidé de pondérer chacun des processus présents au sein d'une parcelle inspiré de la méthode IDPR (Mardhel et al., 2006). Chaque type de processus a été déclaré *observé* (1) ou *non observé* (0) pour chaque année d'observation (2015 et 2016 séparément) et pour chaque parcelle ; de même, mais indépendamment de l'année, la présence d'une source dans une parcelle est notée 1 (0 en l'absence de source) ; soient 7 valeurs binaires par parcelle (RUISSEL 2015 et RUISSEL 2016, INFIL 2015 et INFIL 2016, MOUILL 2015 et MOUILL 2016, et SOURCE). Ensuite, un poids multiplicateur de "-5" pour l'infiltration, de "2" pour une mouillère, "3" pour une source et de "5" pour un chemin d'eau était appliqué à chacune des valeurs binaires et la somme par parcelle était établie. Le résultat est une note pouvant aller de -10 à +17, reclassée en 7 classes allant de très infiltrant [-10 ; -6] à très ruisselant [10-17] en passant par [0], parcelle sans dysfonctionnement. Il devient alors possible de distinguer les parcelles selon la nature et l'intensité des risques qu'elles hébergeraient (fig. 22). Cette méthode est basée sur l'hypothèse que la présence de MOUILLERE participerait moins au risques MES et Nitrates que la présence d'une SOURCE et encore moins qu'un chemin de RUISSELLEMENT. Elle considère aussi que les processus d'infiltration doivent être démarqués des processus de ruissellement ; cette dernière hypothèse est à considérer avec précaution car des chemins d'eau issus du ruissellement et se jetant ponctuellement en bas du bassin de dépression dans une béttoire ont été répertoriés (Levis par exemple).

Cependant, ainsi calculée la note permet d'observer la prépondérance

- **du risque RUISSELLEMENT** (MOUILLERE et SOURCE incluses) à Sementron au lieu-dit du Crot de l'Arène et de la vallée Vidale, zone des Aubues de Sementron ; à l'Est du lieu-dit le Deffand sur la commune de Saints-en-Puisaye ; au sud du lieu-dit Duenne sur la commune d'Ouane. Mais aussi à Lalande entre Chauminet et Les saisons, zone donnant naissance au ru de Bruijon, et à Toucy dans les environs du lieu-dit la Camionnerie, zone donnant naissance au ru des Vernes. On signalera aussi des zones plus restreintes mais cependant ruisselantes à Leugny entre les Gouffiers et l'étang des Preux, ou à Diges-Sauilly vers les Tremblaies et la Soumetterie.
- **du risque INFILTRATION** situé à Levis entre Les Grandes Pièces, Les Marécages et Villeneuve, du fait d'une série de béttoires et d'un fossé infiltrant localisés à l'ouest du Taillis Minard ou encore de fossés infiltrants à l'ouest des Dubourgs ; à Ouane – Cury entre les Chaumes de la Blaude et le Moulin Sichamp du fait de zones de béttoires et infiltrantes ; et sur la commune de Saints-en Puisaye entre Clange et Les Robineaux des Cueillis.

Conclusions partielles

L'observation de dysfonctionnements sur le terrain est un exercice incontournable. Il permet de recenser et positionner au plus juste les problèmes et autres indices localement, et pour certains dysfonctionnements, peut permettre d'en cerner l'origine. Les conditions climatiques rencontrées sur l'année hydrologique ont été, en 2015 puis 2016, favorables voire très favorables à l'avènement épisodique de ruissellements de toutes natures. La présence des observateurs, parce que discontinue, aura été à l'inverse la seule limite à un recensement complet et expliqué.

Malgré cette limite organisationnelle, les grands processus initialement suspectés tels le ruissellement par saturation, l'hydromorphie résiduelle ou encore l'infiltration ponctuelle ont pu être identifiés, localisés et pour certains caractérisés. Les dysfonctionnements les plus nombreux relèvent du processus de **ruissellement** et sont pour la plus part imputables à (i) une saturation des sols par rupture de perméabilité et un ruissellement en surface, (ii) une **hydromorphie** latente généralisée dans certains secteurs donnant lieu à des zones temporairement en eau (i.e. mouillères) et (iii) la résurgence d'eaux souterraines au sein des parcelles cultivées sous forme de « **sources** » pouvant sur une grande partie de l'année induire ruissellements voire érosion.

Parmi les dysfonctionnements attendus, le **ruissellement hortonien** imputable à des pentes et occupations de sols favorables et l'**infiltration diffuse** n'ont pas été fréquemment constatés. De là à dire que le territoire n'en souffre pas serait une erreur. En effet, les déclarations d'incidents de ruissellement hortonien existent et ont été cartographiés. D'autre part, si les surfaces infiltrantes de manière diffuse sont rarement répertoriées, le processus lui-même existe sur le territoire et les observations faites de l'évolution de la teneur en nitrates des eaux aux sources et en ligne de crête (résultats non présentés) en attestent.

Dans tous les cas, le recensement fait permet de prioriser les processus incriminés, comme il permettra **lors des phases à venir** de mieux cerner lieux, zones et types d'aménagement respectivement à animer et à concéder. Dans notre cas, nous empruntons ici une **approche conservatrice** dans le sens où nous avons identifié l'ensemble des parcelles situées à l'amont, au sein du bassin versant d'un dysfonctionnement, comme potentiellement contributrices au dysfonctionnement observé à l'aval. Même si discutable, cela permet de ne pas sous-estimer des situations parcelles possiblement contributrices, cela oblige à analyser le « chemin d'eau » sur l'ensemble de l'amont, et limite le risque d'exclure à tort des parcelles non remarquées mais pourtant contributrices.

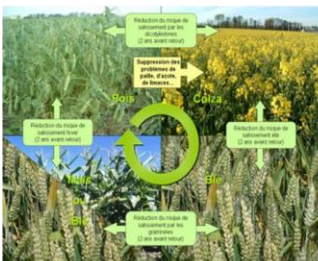
Ce sont ainsi **1160 parcelles** qui sont considérées potentiellement contributrices des transferts en nitrates et MES pour au moins un type de dysfonctionnement observé. Certaines pouvant contribuer à plusieurs dysfonctionnements, de nature opposée parfois (ruissellement et infiltration peuvent un effet opposé sur le ravinement d'eaux en surface et l'érosion de surface), nous avons jugé judicieux de différencier tant l'intensité que la nature des processus incriminés. Ceci a été fait au travers du calcul d'une **note parcellaire de risque** qui permet alors de prioriser, cartographiquement, les efforts d'animation et de négociation à concéder pour circonscrire les dysfonctionnements et les phénomènes à leur origine.

Enfin, malgré la démarche empruntée et la note générée, d'aucun devra garder en tête que d'autres parcelles parce que d'autres dysfonctionnements peuvent exister ailleurs sur la zone d'étude. Et que parmi les 1160 parcelles à ce stade considérées prioritaires, bon nombre peuvent n'avoir que peu ou pas d'incidence et ne pas mériter d'aménagements.

→ **Qu'est ce que c'est ?**

La rotation des cultures est une **succession** de cultures qui se répète dans le **temps** sur une même **parcelle**.

- **Dans quel but ?**
- Diversifier la production
 - Prévention des maladies (chrysomèle du maïs)
 - Apport d'azote en tête de rotation céréalière
 - Efficacité sur le long terme



→ **Comment ?**

- La rotation est à réfléchir à l'échelle de l'**exploitation**, elle doit tenir compte des **objectifs** personnels mais aussi du contexte **pédoclimatique** et des **particularités** de chaque espèce
- Les différentes cultures peuvent
 - Améliorer/dégrader la **structure** du sol
 - Enrichir/appauvrir le sol en **MO**
 - Enrichir/appauvrir le sol en **azote**
- Une bonne rotation permet d'**optimiser** les rendements et de **réduire** les risques de maladies et de ravageurs

Figure 23 : exemple de fiche descriptive des solutions agrotechniques et d'aménagement proposées pour l'analyse des préférences agriculteurs lors des entretiens individuels

→ **Comment choisir ?**

Avantages	Inconvénients
La diversité réduit les problèmes de maladies et de ravageurs	Connaissances techniques nécessaires pour une plus grande diversité
La diversité rompt le cycle des adventices	Débouchés pour d'autres cultures moins intéressants
Les légumineuses apportent de l'azote au système	Revenu à court terme peut être impacté

→ **Combien ça coûte ?**

- Sur le court terme, l'ajout d'une plante à marge moins importante peut réduire le revenu
- Sur le long terme, une rotation diversifiée permet de réduire les intrants et de préserver son sol
- L'ajout d'une culture fourragère peut éviter l'achat d'aliments pour les animaux

→ **Aides et subventions**

- Dans le cadre de l'**appel à projet** « Appel à projets de développement agricole et rural d'innovation et de partenariat » des subventions sont disponibles dans les zones de projet pour des pratiques **agroécologiques**
- La **PAC** propose des aides pour la production de **légumineuses** fourragères et de **protéagineux**

→ **Réglementation**

Il est obligatoire de couvrir son sol en hiver en zone vulnérable

→ **Références bibliographiques**

COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE
 Diversification des cultures dans l'agriculture française état des lieux et dispositifs d'accompagnement n° 67 Juillet 2012
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/E_D_67_diversification_des_cultures_16_07_2012.pdf

ARVALIS Lutte contre les adventices
 Valoriser les rotations et les périodes de semis 21 août 2014
<http://www.arvalis-infos.fr/valoriser-les-rotations-et-les-periodes-de-semis-@/view-11615-arvarticle.html>

→ **Fiche réalisée par...**

Promotion 155 ASET
 Octobre 2015
 Dans le cadre du Projet Ouanne Amont 2015-2017

Aménagements et préférences "agriculteurs"

Parce que nous disposons désormais de la localisation des zones potentiellement contributrices aux transferts de polluants d'origine agricole via les eaux de pluies vers les eaux superficielles et les eaux souterraines, et que nous sommes en mesure d'indiquer la nature voire l'intensité des processus incriminés, il devient possible de formuler les règles inhérentes à **la proposition d'un plan d'actions adaptées et efficaces**, voire **acceptées** des exploitants avec qui envisager la mise en place d'aménagements et l'adoption de solutions. Pour ce faire, trois tâches ont été entreprises :

- Recenser **les préférences des agriculteurs en terme d'acceptation** vis-à-vis de solutions couramment envisagées dans le cas de réaménagement de bassins versants ou d'aires d'alimentation de captages souffrant de phénomènes de ruissellement et d'érosion ou d'infiltration, et ce, indépendamment de leur efficacité vis-à-vis des processus à l'œuvre sur le territoire
- Construire **un jeu de règles expertes pour l'attribution de solutions adaptées et efficaces** en fonction de la nature et de l'intensité des processus en jeu et caractéristiques des parcelles, mais indépendamment de l'acceptation par les agriculteurs
- Enfin, proposer lors de réunions communales publiques, **une première concertation** avec les exploitants agricoles de sorte d'identifier les premières pistes possibles de conciliation et d'entente

Préférences agriculteurs

Deux familles de solutions ont été arrêtées et ont fait l'objet d'un diagnostic « agriculteur » lors de l'entretien individuel conduit auprès de 62 d'entre eux :

- Des **solutions agrotechniques** dans un premier temps (n=9) telles (1) l'allongement des rotations (légumineuses en plus), (2) la mise en place de cultures en association (céréales-protéagineux, colza-luzerne), (3) la culture de fourragères (prairies temporaires, trèfle, luzerne), (4) la remise en herbe, (5) le changement du sens de travail des sols, (6) le passage au TCSL (technique culturale sans labour), (7) le passage au SDSCV (semis direct sous couvert végétal), (8) la baisse des objectifs de rendement de 10% ou (9) l'arrêt de la fertilisation azotée des prairies.
- Des **solutions d'aménagement** dans un second temps (n=10) telles (1) la mise en place de bande/zone enherbée, (2) la mise en place de fascine vivante / mécanique, (3) la mise en place de haie, (4) de talus végétalisé, (5) de fossé végétalisé, (6) de redents au sein de fossés ou de noue à redents, (7) de reboisement partiel d'une parcelle, (8) la mise en place d'une mare tampon ou d'une lagune (ou ZTHA= zone temporaire humide artificielle), (9) la mise en place de ripisylves le long de leurs bandes rivulaires, (10) de mettre en place de manière associée plusieurs d'entre elles.

Présentées et expliquées sous forme de cartes à jouer (Fig.23), il était alors demandé à chaque exploitant enquêté de préciser si chaque alternative était d'ores-et-déjà déployée sur l'exploitation, pour quelles raisons. Puis, d'indiquer s'il accepterait la mise en place de ces alternatives à des fins de « protection des ressources en eau ». Et d'indiquer les raisons de son acceptation, de ses réticences.

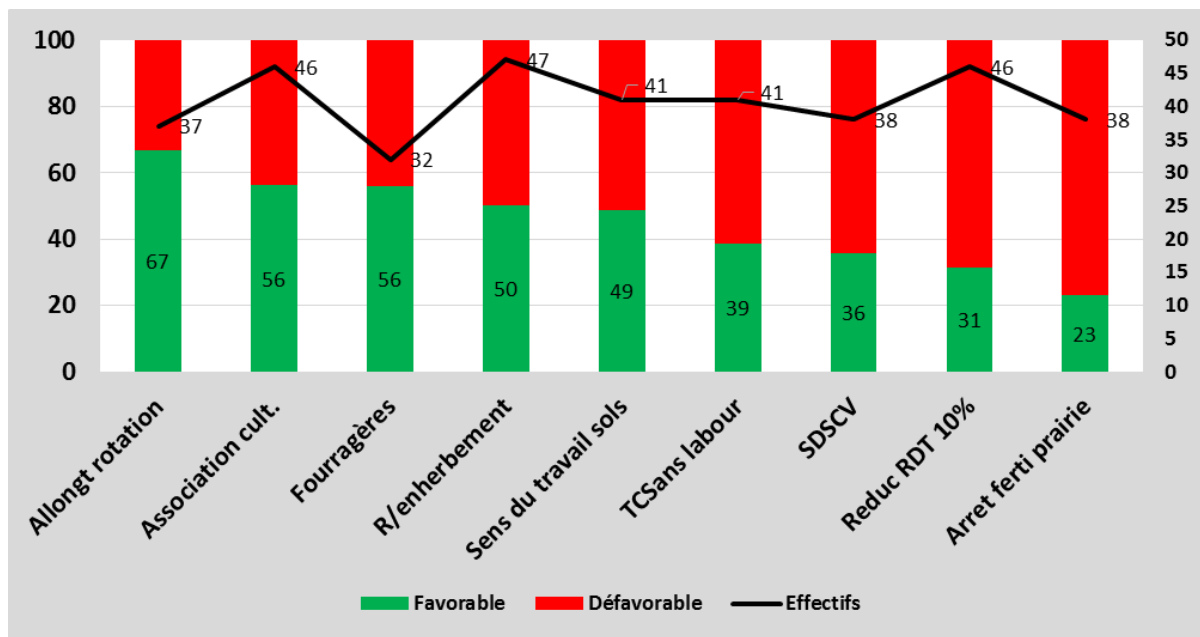


Figure 24 : fréquence de l'acceptation « agriculteur » des solutions agrotechniques proposées et nombre d'exploitants enquêtés ayant accepté d'évaluer les solutions agrotechniques

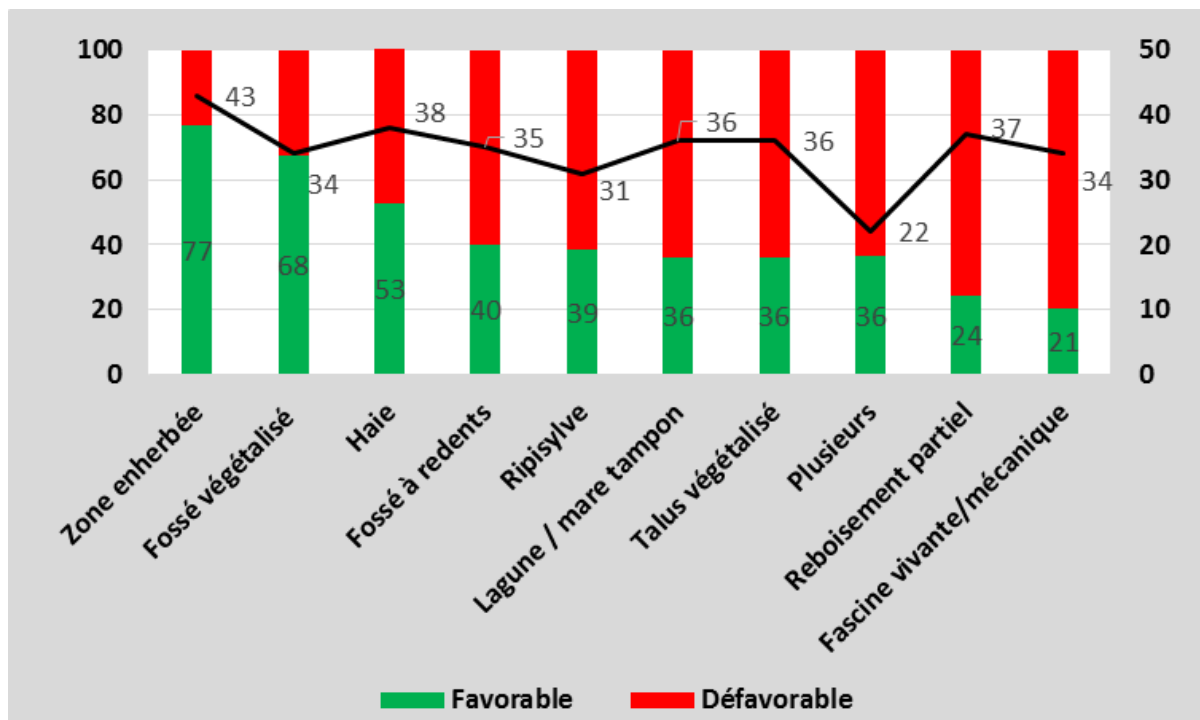


Figure 25 : fréquence de l'acceptation « agriculteur » des solutions d'aménagements proposées et nombre d'exploitants enquêtés ayant accepté d'évaluer les aménagements

Parmi les **solutions agrotechniques** proposées, celles obtenant la plus grande adhésion (jusqu'à 67%) des exploitants agricoles sont **(1) l'allongement des rotations, (2) l'association de cultures et (3) la mise en place de plantes fourragères** (fig.24). Ces solutions sont généralement plébiscitées du fait qu'elles représentent pour des éleveurs une possibilité d'accroître l'autonomie protéique de l'exploitation, des ateliers d'élevage et pour tous, une bonne façon de diversifier leurs productions et d'enrayer le cycle de certaines adventices inféodées aux rotations courtes et d'hiver (vulpin, ray-grass ... dans Colza-blé-orge d'hiver ou Maïs-blé hiver-orge d'hiver). Certains ont même suggérer que lorsque les sols sont limitants (argileux) et/ou trop froids dans la Puisaye, il pourrait être bon d'envisager la production de méteils et autres fourragères en Forterre en échange d'azote organique excédentaire venant de Puisaye. A l'opposé, les alternatives visant à restreindre la fertilisation azotée (**baisse de l'objectif de rendement de 10% ou non fertilisation des prairies**) sont peu tolérées (31% d'acceptation) et les raisons évoquées sont essentiellement d'ordre économique et reliées au fait que les sols sont d'ores-et-déjà considérés peu productifs (en Puisaye). L'avis défavorable majoritaire à l'adoption de technique culturale complexe (SDSCV) ou au recours moindre au labour démontre d'une certaine résistance à l'innovation (*ndla : nous ne discuterons pas ici le fait que ces avis soient justifiés ou pas*) et les raisons invoquées sont alors pour l'essentiel le niveau élevé de technicité demandé, l'investissement à concéder, la nécessité de recourir d'autant plus aux herbicides et pour le labour, la texture argileuse des sols.

Concernant les solutions d'aménagement (fig. 25), trois remportent l'adhésion du plus grand nombre (jusqu'à 77%) : il s'agit dans l'ordre (1) des **bandes tampon enherbées**, (2) des **fossés végétalisés** et (3) **des haies**. Du fait de l'exploration continue et précise du territoire, il est possible de comprendre pourquoi. En effet, ce sont d'ores-et-déjà des aménagements mis en place, existants. Qu'ils s'agissent de reliquats (haies) ou de systèmes nécessaires au drainage des terres. Plus inquiétant est le fait que des solutions très efficaces contre la turbidité des eaux (fossés à redents) ou propice à la phytoépuration des eaux (ripisylve et zone temporaire humide artificialisée i.e. lagune) ne semblent pas appréciées voire sont refusées. Dans le cas où de telles solutions s'avèreraient nécessaires, cela laisse présager de difficultés potentielles pour leur acceptation, leur mise en place.

Ainsi, globalement, les exploitations enquêtées ont fait montre d'une **acceptation très limitée** des alternatives proposées ; celles retenant l'attention semblent être celles déjà en place chez certains et nulle autre non pratiquée n'est sérieusement envisagée, en tous cas, pas avant d'avoir pu *voir et comprendre*. Cela est vrai pour les alternatives agrotechniques (accroissement de la rotation, association culturale, culture de fourragères) et encore plus pour les types d'aménagement retenus (bande enherbée, fossé, haie).

Cela présage de difficultés possibles dans le cas où des solutions efficaces mais moins habituelles s'avèreraient nécessaires (ZTHA, fossés à redents, ...). Cependant, pris individuellement, il existe sur le territoire des exploitants pionniers, ayant d'ores-et-déjà testé partie de ces alternatives, en ayant même adoptées certaines. S'appuyer sur leurs expériences et les aider à en mesurer les acquis serait une opportunité pour les autres exploitants et pour l'objectif d'amélioration de la qualité des eaux.

Toutefois, avec pédagogie, aide et assistances techniques, des solutions restent possibles. Par exemple, une première piste proposée par certains exploitants concernerait la production en commun, selon une **organisation gagnant-gagnant**, de fourrages/méteil et autres ensilages céréaliers en terrain fortterrain contre des fertilisants organiques sous diverses formes venant de Puisaye.

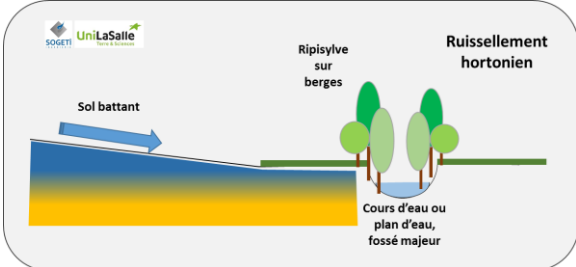
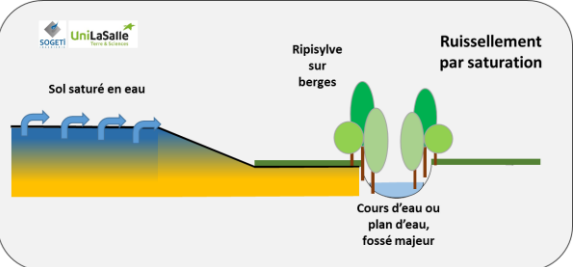
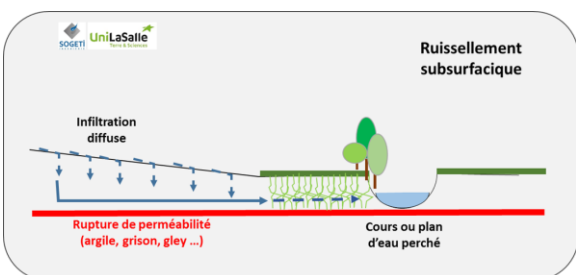
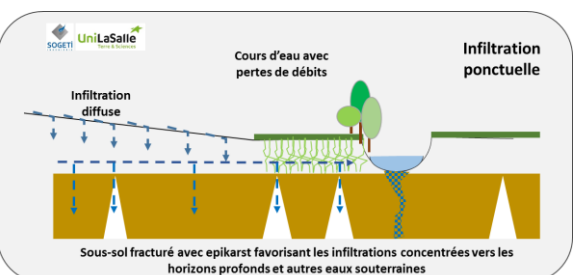
Ruissellement hortonien	Ruissellement par saturation
	
<p>Quand ?</p>	<p>Quand ?</p>
<p>Lorsque l'intensité des pluies est supérieure à la capacité d'infiltration instantanée des sols de surface ; pour des sols battants, l'infiltration devient très faible et l'excédent d'eau gravite en surface</p>	<p>Lorsque la capacité du sol à stocker ou contenir l'eau est dépassée : le sol « déborde ». Ce processus se produit dans les zones à nappes superficielles, ou à rupture d'infiltration. Elle est indépendante des pluies</p>
<p>Genèse et conditions aggravantes ?</p>	<p>Genèse et conditions aggravantes ?</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Une surface battante contributive à l'amont importante... une pente élevée ... une occupation des sols favorable ... un ruissellement concentré au sein d'un thalweg 	<ul style="list-style-type: none"> - Surtout sur sols hydromorphes ou drainés, en plateau ou rebords de plateaux mais jamais en coteau, en vallon en cas d'exfiltration de la nappe alluviale - Une surface contributive à l'amont importante... une occupation des sols favorable ... un ruissellement concentré au sein d'un thalweg
Infiltration diffuse et ruissellement subsurfacique	Infiltration ponctuelle
	
<p>Quand ?</p>	<p>Quand ?</p>
<p>L'infiltration diffuse est le passage de l'eau superficielle vers les horizons profonds en empruntant la porosité structurale des sols et dans des conditions non saturantes Dans cette étude, elle sera surtout synonyme d'infiltration diffuse puis de ruissellement subsurfacique causé par rupture de perméabilité</p>	<p>Correspond à une perte en eaux superficielles via les anfractuosités (lit filtrant) et autres effondrements (doline, bétoire) au sein des horizons sous-jacents aux sols</p>
<p>Genèse et conditions aggravantes ?</p>	<p>Genèse et conditions aggravantes ?</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Conditionnée par la nature des sols elle dépend fortement de la pente obligeant l'eau à ruisseler plus qu'à s'infiltrer quand celle-ci s'accroît - Une surface contributive à l'amont importante... une occupation des sols favorable ... un ruissellement concentré au sein d'un thalweg ... de la présence de tissus racinaires intercepteurs 	<p>L'ensemble du bassin de dépression d'une infiltration localisée préférentielle est scruté</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une surface contributive à l'amont importante... une occupation des sols favorable ... un ruissellement concentré au sein d'un thalweg ... de la distance à la plus proche bétoire ... de la présence de tissus racinaires intercepteurs

Figure 26 : illustrations des conditions requises et aggravantes propres à quatre situations territoriales recensées

Jeu de règles expertes pour l'attribution de solutions adaptées et efficaces

Préconiser est toujours un exercice difficile et redouté. Nous avons choisi dans cette partie de ne pas embrasser très exactement les rôles de diagnosticien et conseiller qui revient au commanditaire de ce travail ainsi qu'à d'autres organismes dont c'est le métier. Par contre nous tenions à proposer (et non à préconiser) les solutions connues pour être les plus efficaces en fonction des circonstances et caractéristiques connues des parcelles potentiellement contributives.

Nous avons donc dans un premier temps sollicité un **groupe d'experts** dont l'expertise se voulait correspondre aux problématiques du territoire et la position la plus neutre possible. Pour ces raisons nous avons privilégié un groupe avec 3 organismes publics ou de recherche (IRSTEA, AREAS, UniLaSalle) et 2 bureaux d'études (Sogeti et Agrosol) ne prenant pas part au projet. Ce groupe existe depuis 2014 et travaille à fournir une expertise consensuelle et adaptée aux transferts à la parcelle sur un territoire de fonctionnement relativement semblable au bassin-versant amont de l'Ouanne.

A partir des productions de ce groupe et après entretiens conduits auprès des experts, une « typologie » des aménagements à prioriser en fonction des conditions parcellaires rencontrées a été établie. Pour cela, nous avons cherché à identifier **les conditions requises** à un type de dysfonctionnement puis **les conditions aggravantes** de ces dysfonctionnements, d'une parcelle.

Cela permet alors de classer les parcelles selon le type de dysfonctionnement qu'elles hébergent ou auquel elle contribuerait puis d'indiquer l'existence (ex. : 0/1), l'intensité d'une condition donnée (expl : note de 1 à 5), qu'elle soit requise ou aggravante. Prenons l'exemple d'une parcelle appartenant à un bassin de dépression de béttoire (d'1 km de long), située en bordure de cours d'eau (non répertorié IGN/BCAE) et ne disposant pas de bande enherbée, de pente forte (7% en moyenne) et présentant un thalweg (ou zone de concentration des eaux si ruissellement). Il est alors possible de caractériser cette parcelle comme suit :

Caractéristiques connues	Codification	
SAU = 9,25 ha → Pente = 7% →	Moyenne = « 2 » Moyenne = « 3 »	
Contiguë cours d'eau ?	Oui = « 1 »	
Présence de thalweg ?	Oui = « 1 »	
Hydromorphe ? →	Non = « 0 »	
Drainée ? →	Non = « 0 »	
...	...	

A partir des caractéristiques contextuelles de la parcelle et du dysfonctionnement local, il nous est possible informatiquement de lister les situations les plus souvent rencontrées sur le territoire ; la figure 26 donnant une illustration de 4 situations types rencontrées. Puis nous avons au sein du groupe expert, déterminé quel aménagement conviendrait le mieux en parvenant à un avis consensuel. Nous obtenons alors **une liste de combinaisons « situation – aménagement »** qui constitue notre **référentiel technique pour proposition** à la parcelle de solutions adaptées au contexte et efficaces par type de dysfonctionnement. Ce référentiel a été par la suite utilisé informatiquement pour identifier une solution-type par parcelle nécessitant une action.

Cette proposition peut être alors considérée comme **la solution locale adaptée et efficace de référence** à partir de laquelle discuter localement de ce qu'il est possible de faire.

Table 3 : Variables parcellaires et contextuelles retenues pour l'attribution des solutions d'aménagement adaptées aux situations parcellaires rencontrées

	Variables	Type de variable	Indications
Conditions situationnelles "Processus"			
Dysfonctionnement type	<i>DYSF_TOT_1</i>	QL (9 classes)	9 classes telles INF ; INF_RUISS ; MOUILL ; RUISS_MOUILL ...
Note dysfonctionnement (comme IDPR)	<i>DYSF_TOTAL</i>	Q	Somme pondérée allant de -10 à +17
Coefficient culturel de limitation de l'érosion	<i>COEF_EROS</i>	Q	Coefficient multiplicateur de l'érosion potentielle allant de 0.6 à 1.46 selon la succession culturale
Note de contribution NO3-	<i>Dltabv_NO3</i>	Q	Résultat issu des calculs par sous-bassins versants des stations de suivi (-1000 à -100 = non estimé)
Note de contribution MES	<i>Dltabv_MES</i>	Q	Résultat issu des calculs par sous-bassins versants des stations de suivi (-1000 à -100 = non estimé)
Conditions situationnelles "Parcelle"			
SAU	<i>SAU_ilot</i>	Q (ha)	Surface du polygone sous SIG
Pente moyenne	<i>Pent_moy</i>	Q (%)	Moyenne des pixels du raster de pente de la parcelle venant du MNT 25m
Pente maximale	<i>Pent_max</i>	Q (%)	Valeur maximale des pixels du raster de pente de la parcelle venant du MNT 25m
Ocsol	<i>Ocsol</i>	QL (24 classes)	Voir carte d'occupation des sols produite à partir de la BD Ortho 0.5m
Succession culturale	<i>Succession culturale</i>	Q	Indice culturel de limitation de l'érosion à partir des RPG successifs 2006-2013
Sens de travail du sol	<i>AnglsensW_N</i>	Q (°)	Angle entre le sens de travail du sol (digitalisé) par parcelle et le nord
Parcelle drainée	<i>Drainsdecl ET RPStheoriq</i>	B (0/1)	Présence observée et/ou déclarée de drains mais aussi probabilité >0.5/1 d'avoir ruissellement par saturation (RPS) sur la parcelle
Hydromorphe	<i>Hydromorphe</i>	B (0/1)	Observée ou déclarée
Longueur de parcelle	<i>Pent_long</i>	Q (m)	Longueur estimée = 0.9*longueur ellipse*2
Largeur de parcelle	<i>Pent_court</i>	Q (m)	Largeur estimée = 0.9*largeur ellipse*2
Pente contributive	<i>Quelpent</i>	QL (5 classes)	Aucune ; CE grande ; Courte ; FO grande ; TH grande
Occupation des sols	<i>Prairi_COS</i>	QL (10 classes)	Occupation des sols des parcelles ; ex. : CULT = parcelle cultivée ; ZNHERBE = parcelle en herbe (friche) ; BOIS = parcelle boisée ; ...
Accumulation de flux amont	<i>ACFLu_moy OU ACFLu_max</i>	Q (ha)	Surface amont accumulée au sein d'une parcelle par ruissellement hortonien (valeur moyenne ou maximale)
Conditions situationnelles "Environnement de la parcelle"			
Thalweg	<i>Thalweg</i>	B (0/1)	Présence d'un thalweg en parcelle
Accumulation amont	<i>Accumulation amont</i>	Q (m)	Longueur du chemin d'eau à l'amont de la parcelle
Ecoulement	<i>Angldirf_N</i>	Q (°)	Angle moyen de l'écoulement par rapport au nord
Type d'écoulement	<i>Lgflu_majo</i>	QL (5 classes)	Intensité de l'écoulement au sein de la parcelle (0 = nul ; 1= faible ; 10 = moyen ; 100= fort ; 1000 = très fort)
BV de drainage	<i>DanBVDRAIN</i>	B (0/1)	La parcelle est-elle au sein d'un bassin versant contribuant à une parcelle drainée située à l'aval
Conditions situationnelles "position de la parcelle"			
Interception eau/travail du sol	<i>P_intercep</i>	Q (° ; [0-90])	Angle entre angle d'écoulement et sens de travail
Position en relief	<i>LFmaj_cod</i>	QL (4 classes)	Parcelle en C= coteau, P = plateau, RB = rebord de plateau, VV = vallée/vallon
Proximité cours d'eau	<i>InterCe50m</i>	B (0/1)	Parcelle proche (moins de 50m) d'un cours d'eau
Proximité tronçon humide	<i>InterTH50m</i>	B (0/1)	Parcelle proche (moins de 50m) d'un tronçon humide
Proximité fossé majeur	<i>InterFO10m</i>	B (0/1)	Parcelle proche (moins de 10m) d'un fossé majeur

Variables parcellaires et contextuelles retenues

Afin de parvenir à la proposition d'une solution considérée efficace vis-à-vis du processus en jeu et adaptée à la situation parcellaire et contextuelle, des règles de décision ont été établies. Elles ont cherché à répondre à chacun des cas types rencontrés, c'est-à-dire à une situation type des parcelles de la zone Ouanne amont. Ces règles de décision appartenant au groupe d'experts pour l'heure (car non intégralement publiée), et le travail (et des documents facilitateurs) ayant été présentés, communiqués au comité de pilotage du projet Ouanne amont, nous ne présenterons pas ici l'intégralité de ces règles.

Nous allons cependant ci-après illustrer nos propos en déroulant l'expertise **du cas type « Risque de dérive »** qui a été pris en compte aussi lors de notre étude alors qu'il est généralement pris en compte dans le cas de pollutions des eaux superficielles par les pesticides :

Condition sine qua none N°1 : il ne peut y avoir dérives que lorsque l'occupation des sols nécessite l'application d'engrais (et de pesticides) de manière régulière.

→ Seules les parcelles dont l'occupation des sols (Table 3) correspond à des sols cultivés ($Prairi_COS = CULT$; $n=1536$ parcelles) sont considérées

Condition sine qua none N°2 : il ne peut y avoir dérives que lorsque les conditions météorologiques ($vent > Beaufort 3$) et parcellaires sont réunies. Concernant la parcelle, il s'agit d'une application à une distance trop faible d'une surface en eau.

→ Sont considérées « surface en eau » tous types de surface en eau observées sur le terrain, qu'il s'agisse de cours d'eau BCAE/IGN, de tronçons humides ou de fossés majeurs, c'est-à-dire connectés à un cours d'eau ou un tronçon humide et observés en eau, puis une distance faible entre la parcelle et ces surfaces en eau ($Prairi_COS = CULT$ et ($InterCE = 1$ OU $Inter_TH = 1$ ou $Inter_FOmaj = 1$) ; $n=357$ parcelles)

→ Un second contrôle par photointerprétation de l'occupation des sols est fait du fait qu'au sein du RPG, l'occupation des sols n'est pas toujours explicite : 57 parcelles sont en prairie ou en friche ($Prairi_COS = CULT$ et ($InterCE = 1$ OU $Inter_TH = 1$ ou $Inter_FOmaj = 1$) et $COS \neq prairies$; $n=300$ parcelles)

Condition limitantes N°3 : la présence obligatoire ou non d'éléments topographiques (*bande enherbée, haie, ripisylve...*) contribue à limiter les risques de dérives.

→ Est alors observé s'il y a présence de bande enherbée, haie, ripisylve (par photointerprétation, parcelle par parcelle) et l'information est de la présence ou non de ce type d'élément est noté

Condition aggravantes N°4 : la présence d'un chemin d'eau à écoulement allant de fort à très fort au sein de la parcelle où l'application à lieu, représente le même risque de transfert de polluants vers la surface en eau malgré la distance les séparant ($> 5m$) voire la présence d'éléments topographiques (*bande enherbée, haie, ripisylve...*).

→ Est alors pris en compte le fait qu'un chemin d'eau potentiel est présent ($Thalweg = 1$) et son intensité ($Lgflu_majo \geq 100$)

L'ensemble des informations générées via SIG, ou cartographiées et celles issues des observations de terrain ou par photointerprétation sont alors intégrées et permettent de classer les parcelles selon les situations. Ce sont 9 classes qui permettent alors de distinguer les situations types « Dérive » rencontrées sur la zone. Et sous SIG, l'effectif de ces 9 classes est aisément disponible (fig. 27).

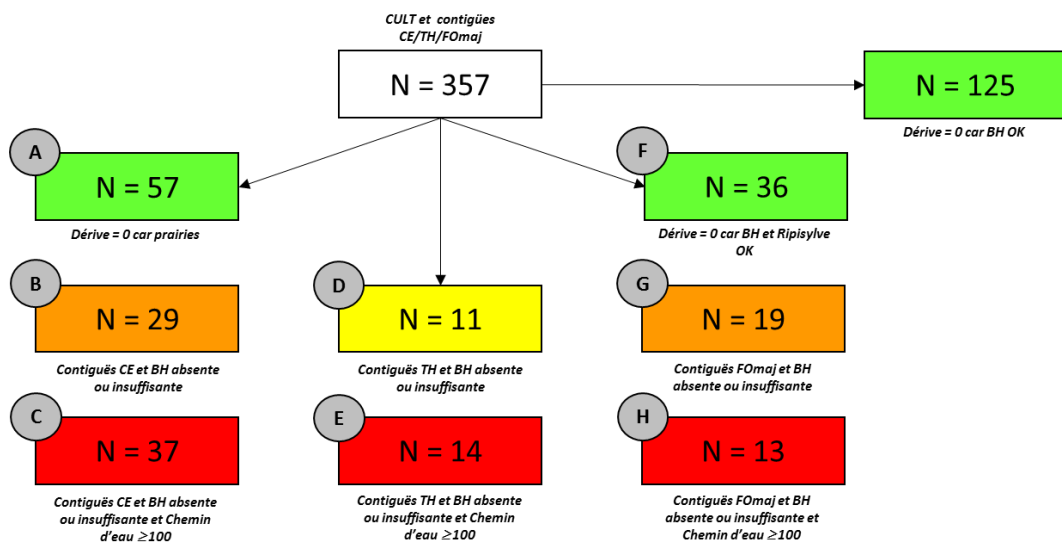


Figure 27 : effectifs des classes de situation relatives au risque « Dérive »
(BH = bande enherbée ; CE = cours d'eau ; TH = tronçon humide ; Fomaj = fossé majeur ; CULT = terres cultivées)

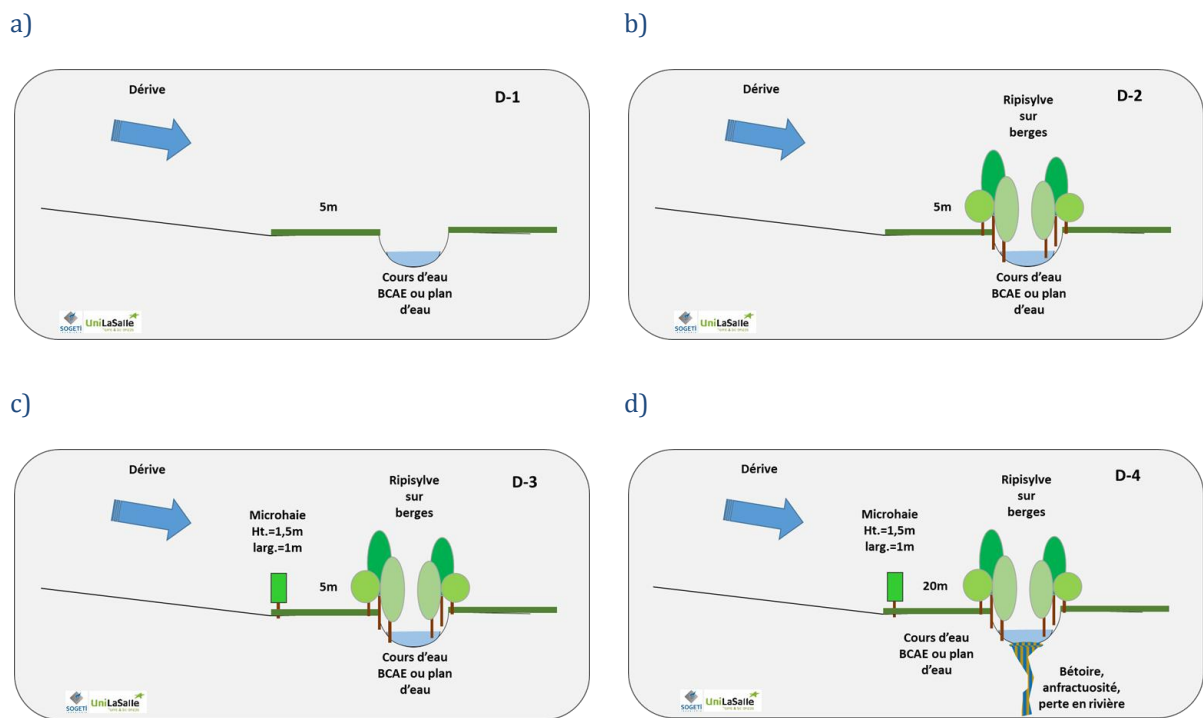


Figure 28 : Illustrations des solutions d'aménagement à envisager dans les cas de risque « Dérive »

Parallèlement à ce travail de distinction et typologie parcellaire, réalisé par famille de risque, un recueil des solutions d'aménagement à considérer a été dressé et permet d'envisager les aménagements les plus propices. Dans le cas du risque « Dérive », 6 solutions sont envisagées allant de la mise en place d'une simple bande enherbée de 5m en bordure de surface en eau (fig. 28-a), jusqu'à la mise en place d'une bande enherbée de 20m de large, d'une micro-haie à 5m de la surface en eau et d'une ripisylve arbustive interceptrice (fig. 28-d) de sorte d'adresser respectivement un risque de dérivation simple sur un fossé ou tronçon humide et un risque de dérivation en parcelle concentrante et pentue (thalweg), en bordure de cours d'eau hébergeant une bétouille en son lit, contiguë à la parcelle.

Premières concertations communales avec les exploitants agricoles

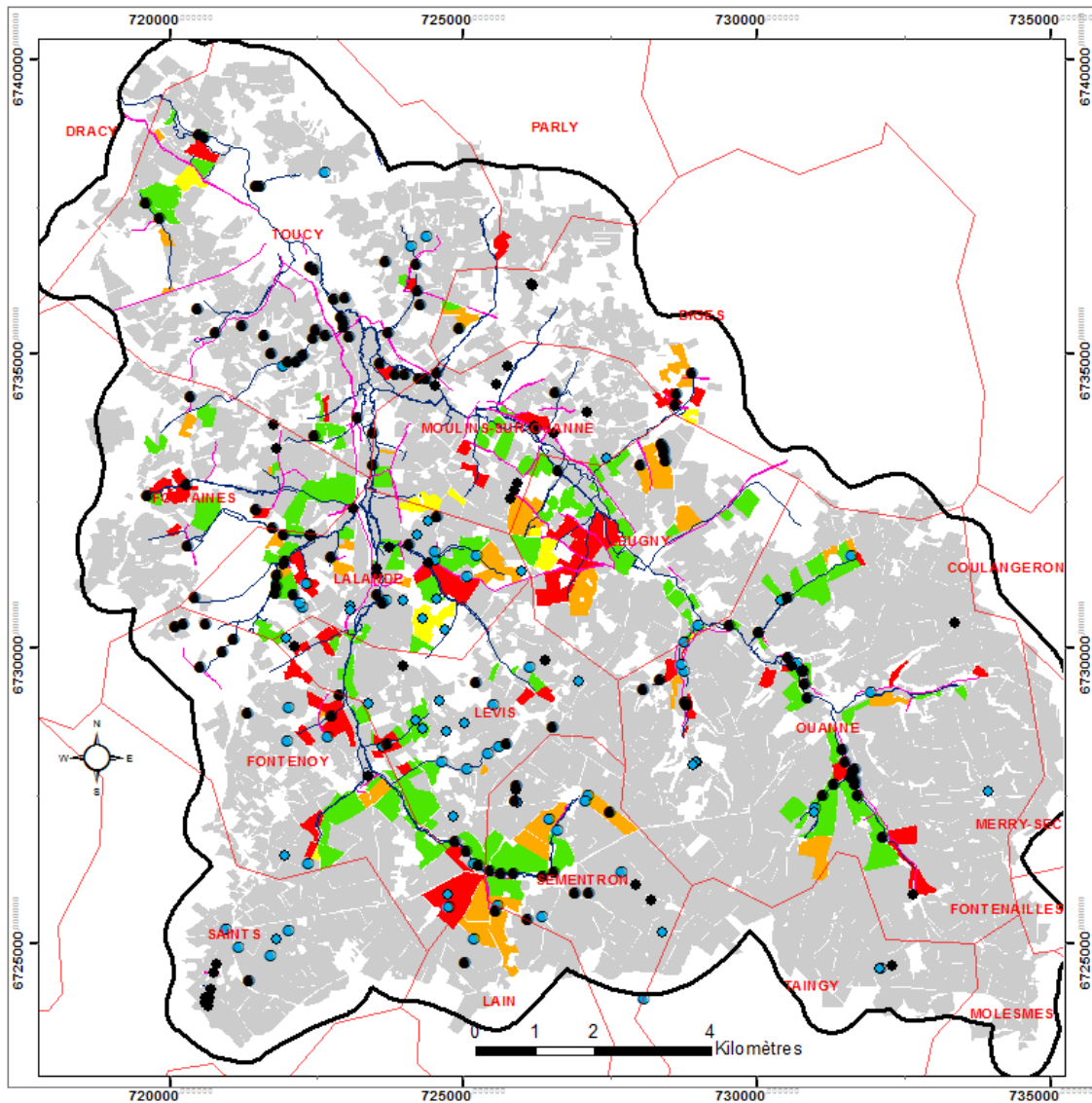
A partir des résultats de terrain, c'est-à-dire à partir des dysfonctionnements observés et/ou déclarés (digitalisés, géolocalisés et photographiés), des particularités parcellaires et des éléments de contexte renseignés (drains, hydromorphie, succession culturale, ...) nous avons proposé aux exploitants de la zone d'étude de nous rencontrer au sein des communes, à une période calme de l'année (Décembre). Les réunions étaient organisées par les maires et conseils municipaux, à l'initiative d'UniLaSalle, et sur la base du volontariat. Au total, **8 réunions** furent organisées avec plus ou moins de succès sur les communes de la zone ; elles étaient généralement intercommunales et concernaient 2 voire exceptionnellement 3 communes contiguës. Parfois, du fait des exploitants en présence, des ilots agricoles ou groupes d'ilots furent considérés, même lorsqu'éloignés, car d'intérêt pour les parties présentes.

Lors de ces réunions, **trois phases se succédaient** : (i) présenter les résultats relatifs à la qualité des eaux superficielles obtenus sur une année hydrologique, (ii) sur base de relevés SIG et de photographies, discuter des dysfonctionnements observés (fréquence, intensité, causes...) et (iii) envisager ensemble des solutions et autres aménagements OU indiquer les aménagements possibles et recenser les avis (ce dernier objectif présente une alternative selon que les personnes en présence se saisissent ou non de l'occasion et participent).

Commune(s)	Nb. Exploitants et d'élus	Mode d'animation
Fontaines	2 / 1	Collecte d'avis surtout
Fontenoy	4 / 1	Concertation collective
Lalande	3 / 1	Concertation collective
Levis	3 / 1	Concertation collective
Moulins-sur-Ouagne	2 / 1	Collecte d'avis surtout
Ouagne	7 / 2	Concertation collective
Sementron	2 / 1	Concertation collective
Toucy	3 / 0	Collecte d'avis surtout

Si la majeure partie (n=5) des réunions ont permis des échanges relativement constructifs autour des dysfonctionnements, des propositions d'aménagements et surtout une argumentation/contre-argumentation autour des aménagements envisagés était plus rare. Aussi, nous allons illustrer **ce qu'un échange prospectif et concerté peut permettre** en prenant le cas de Lalande ; cependant les citations et/ou informations sont rendues anonymes de sorte de ne pas porter préjudice aux personnes concernées.

Si nous reprenons le cas précédent du risque « Dérive », les types de situation « Dérive » sont cartographiés au sein de la figure 29 pour l'ensemble de la zone d'étude. On observe qu'à Lalande, une zone parcellaire sans bande enherbée et avec ruissellement fort à très fort a été observée ; ce qui correspond à une zone à risque fort du fait de la proximité au ru de l'Etang, un cours d'eau (CE).



- BV_Ouanne_amont_500
- Tronçons humides (TH)
- Cours d'eau (CE)

Type de risque "Dérive"

- Non concernée
- CE sans BH ou insuffisante
- TH sans BH ou insuffisante
- BH OK
- BH + Ripisylve OK
- FO sans BH ou insuffisante
- CE sans BH et chemin d'eau >=100
- TH sans BH et chemin d'eau >=100
- FO sans BH et chemin d'eau >=100

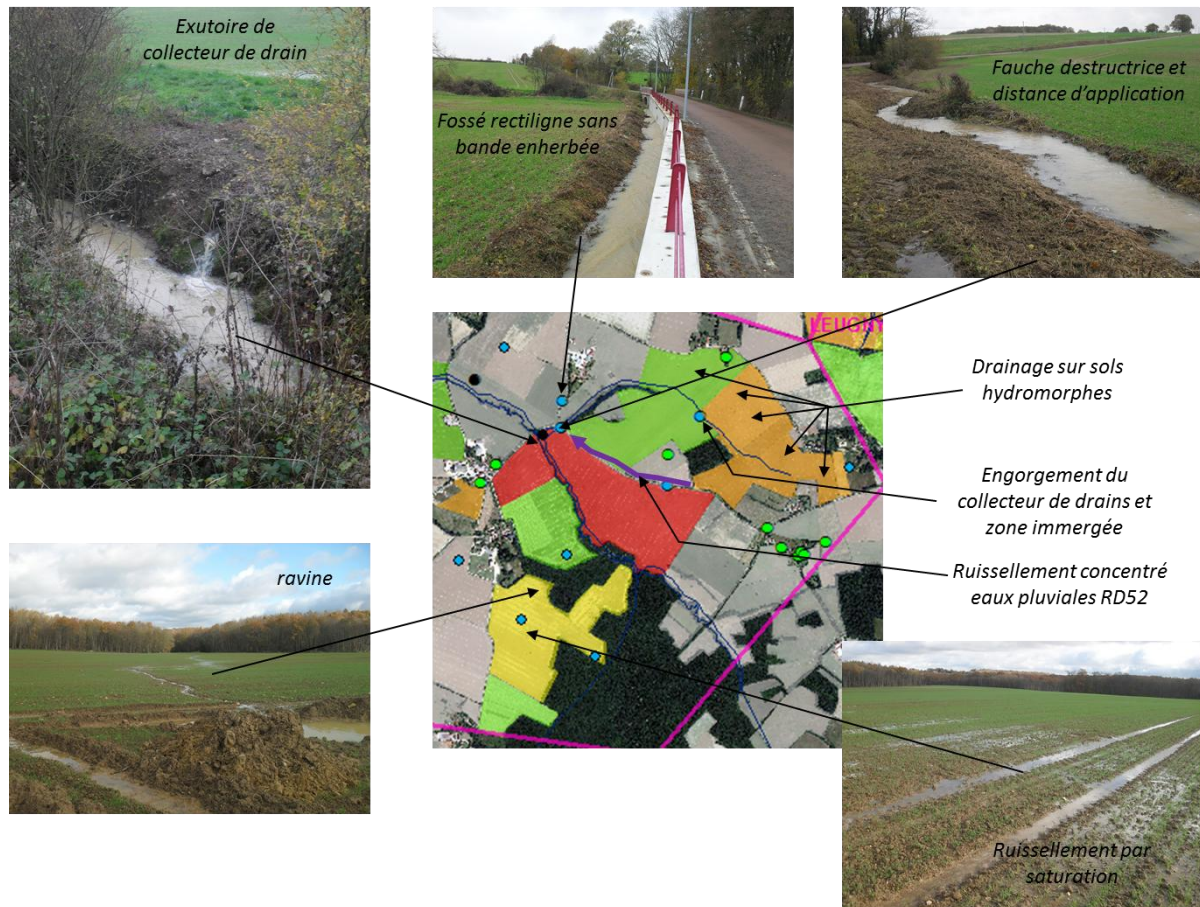
Classes de risque "Dérive" obtenues par arbre de décisions à partir des observations terrain, par photointerprétation, et diagnostics contextuels des parcelles

Système de coordonnées : RGF93-Lambert93
 Sources : ASP-2013 ; IGN-2015
 Auteurs : D. GRANDGIRARD, 2017
 UniLaSalle ASET 155 & 156



Figure 29 : cartographie à l'échelle de l'ilot agricole des 9 classes de risque « Dérive » identifiées (les dysfonctionnements sont positionnés pour rappel, mais non légendés)

Cette zone autour de Lalande présente certes un risque de dérive, mais divers autres dysfonctionnements, au sein des mêmes parcelles, sur leur bordure ou au sein du sous-bassin versant auquel elles appartiennent, existent et ont été observés.



De fait, dans le cas du risque « Dérive », il apparaît clairement qu'une bande enherbée le long du fossé est nécessaire de sorte d'éloigner la zone recevant potentiellement azote et pesticides et travaillée. Parce que ce fossé reçoit les eaux de la RD52 mais aussi les eaux de drainage amont, la largeur de la bande enherbée ne peut être limitée à 5m (fig.28-a) ; 10m devraient être envisagés ou alors 5m avec ripisylve et micro-haie (fig. 28-c).

Cependant, pour que les eaux chargées en nitrates, matières en suspension ... soient traitées, ces eaux ne doivent parvenir directement au ru de l'Etang et être si possible graduellement retenues et traitées. Et c'est ce que suggèrent les autres arbres de décision relatifs au « Ruissellement par saturation » (résultat non montré ici). En effet, les volumes arrivant sont trop importants pour ce simple fossé déployé au pied de la RD52. Les eaux devraient dès lors être stockées au cœur de la zone drainée au sein d'une ZTHA (zone temporaire humide artificialisée) puis conduit via le ru du Bruijon par un fossé à redents. D'autre part, des méandres devraient être recréés au sein du fossé de la RD52 ; une végétation arbustive et herbacée renforcées. Concernant les exutoires de drains, ils devraient être réaménagés au sein d'un élargissement en forme de delta ralentissant les eaux drainées et favorisant l'installation d'une végétation freinante, filtrante. Un pierrier à l'aplomb de l'exutoire du collecteur peut être envisagé, peut-être au cœur du delta. Ensuite un plan de gestion intégrée des abords de route doit impérativement être arrêté et mis en œuvre. Et les eaux pluviales de la RD52 traitées, si possible dès l'amont au sein de lagunes en cascade.

Il est à noter que si l'ensemble des propositions ont été comprises, celles relevant de la propriété ou du fermage et gérées par les exploitants ont plutôt été bien accueillies car parfois déjà imaginées par ces derniers. Cependant, selon les avis des agriculteurs, tous les acteurs concernés doivent participer de l'effort à consentir, et les coûts engagés devront être partagés.

Conclusions finales

Les tâches entreprises au cours du projet pédagogique de recherche appliquée "Ouanne Amont - 2015-17" ont permis de comprendre de manière assez complète le fonctionnement hydrographique des eaux de surface et l'évolution de la qualité des eaux superficielles du territoire. Ainsi, il a été démontré que le fonctionnement hydrographique des deux cours d'eau majeurs de l'Ouanne amont était différent du fait de leur nature même, comme du fait de leur niveau d'artificialisation. L'Ouanne, issue de sources, peut être considérée comme une rivière et est traitée comme telle. Son faciès est moins contrôlé, les terres la bordant sont encore en pâture ou forestières. Alors que le Ru du Fontenoy a été depuis longtemps chenalisé, recalibré et qu'il est désormais surtout bordé de zones cultivées, souvent hydromorphes et drainées, dont les collecteurs de drainage viennent grossir le débit. Il a été aussi démontré que si les matières en suspension sont surtout le fait du drainage voire du piétinement, la présence de nitrates à des concentrations dépassant les limites fixées à l'amont de l'Ouanne, et ce, sur toute une année hydrologique, serait conséquence de surfaces cultivées majoritaires couplées au caractère infiltrant de la Forterre.

Si les activités agricoles peuvent être incriminées concernant la présence de nitrates dans les eaux superficielles, elles ne sont pas seules à porter la responsabilité de la présence de matières en suspension dans celles-ci. En effet, tel que pour les réseaux de drainage, il a toujours été recherché au sein du territoire, et surtout en Puisaye, de transférer au plus vite les eaux excédentaires, où qu'elles soient. Alors, réseaux de fossés, collecte et acheminement des eaux pluviales, busage et enterrement des cours d'eau ... sont courants et mènent ensemble à des résultats contreproductifs : l'accélération des transferts, l'incision permanente des cours d'eau recalibrés dépourvus de ripisylve fonctionnelle, la réduction des capacités de stockage et de phytoépuration/décantation des eaux. Associés à la réduction des infrastructures agroécologiques (ripisylve, haies, zones en herbe, prairies, talus, mares ...) tout ceci ne permet plus, sous régime pluviométrique important, une bonne gestion des eaux superficielles et une limitation des transferts de nitrates et matières en suspension, remettant en cause temporairement la qualité des eaux superficielles.

Cependant, ce travail aura aussi permis de démontrer que des solutions existent, tant en termes d'aménagements qui restent et de loin les plus efficaces ici, dès lors qu'ils sont adaptés localement et concertés, qu'en termes de pratiques agrotechniques novatrices quand il s'agit d'associations culturales, de réintroduction de légumineuses, de considérer les couverts comme des plantes de service et non plus comme des couverts réglementaires. Certes les propriétés des sols agricoles peuvent localement limiter le nombre d'alternatives, mais certains exploitants ont d'ores-et-déjà démontré qu'il est possible de limiter le labour et de passer d'une agriculture très spécialisée à une agriculture diversifiée, techniquement comme des cultures et rotations conduites. Certains proposent même de revenir à des pratiques moins impactantes telles la remise en herbe et les techniques de conservation des sols, si tant est qu'aides, accompagnements et reconnaissances sont proposés. D'autres vont jusqu'à imaginer des contrats gagnant-gagnant entre cultivateurs de Forterre et éleveurs de Puisaye !

Ce que les exploitants ont déclaré pouvoir accepter, préférer comme aménagements et solutions agrotechniques pourraient ne pas permettre de résoudre chacun des dysfonctionnements observés, chacune des zones et chacun des transferts à prioriser. Mais aujourd'hui, la Fédération des Eaux Puisaye-Forterre, le territoire et ses acteurs, au premier rang desquels les exploitants, disposent d'une base de données conséquente, alliant réalités de terrain et estimations théoriques, expertises actualisées et états de l'art divers. Fort de cela et d'une présence continue, elle peut dès lors travailler à une concertation locale approfondie, en ciblant très directement les processus et zones d'intérêt. Désormais, dans la majeure partie des cas, la qualité des eaux superficielles ne repose plus que sur la bonne volonté de chacun, la mise à disposition des moyens et expertises nécessaires au réaménagement des dysfonctionnements parcellaires, des cours d'eau et au changement de certaines pratiques encore trop à risques.

Liste des références bibliographiques

- Agence de l'Eau Seine-Normandie** « La lutte contre le piétinement du bétail » 2010 – Date de consultation : 21 novembre 2016. Disponible en ligne sur : http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Expert/Guide_Juridique/Version2010/fiche_7.pdf
- Agreste**, 2008. Résultats économiques de l'agriculture [pdf en ligne]. Date de consultation : 3/01/2017. Disponible sur : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Gaf08p054-057.pdf>
- Agriculture et Agroalimentaire Canada** « Diagnostic et solutions de problèmes d'érosion au champ et de drainage de surface » Date de modification : 2014-07-17 - Date de consultation : 21 Novembre 2016. Disponible en ligne sur : <http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/sol-et-terre/gestion-des-sols/diagnostic-et-solutions-de-problemes-d-erosion-au-champ-et-de-drainage-de-surface/?id=1294678601507>
- Agrifaune 76** « Fiches érosion AREAS » Programme Agrifaune SEINE-MARITIME. Date de consultation : 19 Novembre 2016 – Disponible en ligne sur : <http://www.agrifaune76.com/index.php/boite-a-outil/fiches-erosion>
- ALLIER D., ARCHAMBAULT A., BERANGER S., BLANCHARD F.**, 2006. Utilisation des Outils d'Aide à la Décision dans la gestion des Mégasites. Rapport BRGM/RP-55223-FR. 116p.
- ANTONI V., LE BISSONNAIS Y., THORETTE J., ZAIDI N., LA ROCHE B., BARTHES S., DAROUSSIN J., ARROUAYS D.**, 2006. Modélisation de l'aléa érosif des sols en contexte méditerranéen à l'aide d'un Référentiel Régional Pédologique au 1/250 000 et confrontation aux enjeux locaux. *Étude et Gestion des Sols*, 13 (3). pp. 201-222.
- BACHEVILLERS Y., GRANDGIRARD D., LIAGRE F., MARIN A.** (2012) Projet expérimental de développement de l'agroforesterie sur les aires d'alimentations des captages de la vallée de la Vanne. 209 pages.
- BAIZE D.**, 1993. Petites régions naturelles et "paysages pédologiques" de l'Yonne. Carte à 1/200 000. Orléans : INRA. 191 p.
- BAIZE D., JABIOL B.**, 1995. Guide pour la description des sols. INRA Editions. 376 p.
- BANSEPT, A.**, 2013. Eau et forêt. Deuxième partie : L'influence des arbres sur la qualité des eaux. Date de consultation : 06/01/2017. Disponible sur : «<http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/51850>»
- BEAUCHAMP J.**, 2000. La lutte contre l'érosion des sols des sols dans les régions de grandes cultures – Date de consultation : 21 Novembre 2016. Disponible en ligne sur : https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/Erosion_sol/Erosion-sol.htm
- BERNARD G., BESSON M.L.**, 1971. Douze méthodes d'analyse multicritère. *Revue française d'automatique, d'informatique et de recherche opérationnelle. Recherche Opérationnelle*, 5 (3). pp. 19-64.
- BRGM** « Aménagement des bétaires en Haute-Normandie État de l'art et préconisations » Rapport RP-58795-FR 23 novembre 2011 – Date de consultation : 21 Novembre 2016. Disponible en ligne sur : <http://infoterre.brgm.fr/search/search.htm;jsessionid=6D70BBC6D4A9EDDA626EC1632F9F3255>
- Bulletin pédologique de la FAO 70** « Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES) » Chapitre 5 : L'érosion en nappe ou le stade initial de l'érosion hydrique. 1994 - Eric Roose (Directeur de recherche en pédologie) Date de consultation : 21 novembre 2016. Disponible en ligne sur : <http://www.fao.org/docrep/t1765f/t1765f0i.htm>

Chambre d'Agriculture des Landes « L'abreuvement au pâturage » février 2012
Date de consultation : 22 novembre 2016 - Disponible en ligne sur :
http://www.landes.chambagri.fr/fileadmin/documents_CA40/Internet/elevage/Bovin_viande/abreuvement.pdf

Chambre d'Agriculture des Landes « Réglementation stockage des effluents » décembre 2014 – Date de consultation : 22 novembre 2016. Disponible en ligne sur :
http://www.landes.chambagri.fr/fileadmin/documents_CA40/Internet/environnement/elevage-environnement/plaquette_reglementation_stockageEffluents2014.pdf

Chambre d'agriculture Vienne, 2011. Rappel de la réglementation Directives Nitrates [PDF en ligne]

CONRUYT-ROGEON G., HOUARD X., MERLET F., SORDELLO R., TOUROULT J. (2013) Synthèse bibliographique sur les traits de vie de 39 espèces proposées pour la cohérence nationale de la Trame verte et bleue relatifs à leurs déplacements et besoins de continuité écologique. 448 pages.

Conseil d'Architecture, d'Urbanisme, d'Environnement de la Seine-Maritime « Les Albums du C.A.U.E : Les mares » juin 2006. Date de consultation : 21 Novembre 2016. Disponible en ligne sur :http://www.caue76.org/IMG/pdf_Les_Mares_BD.pdf

Conservatoire d'espaces naturels – Pôle - relais Zones Humides « Fiche milieu naturel n°3 : Les mares » 2010 – Date de consultation : 21 Novembre 2016. Disponible sur : http://www.pole-tourbieres.org/IMG/pdf/fiche_milieus_3.pdf

CURIE, F., DUCHARNE, A., BENDJOUDI, H., ET VIENNOT, P. Rétention des nitrates par tronçon de cours d'eau dans le bassin de la Seine. Date de consultation : 06/01/2017. Disponible sur : http://florence.curie.free.fr/pdf/rapport_piren_2008_corJMM.pdf

Data.gouv, 2011 ;2012 ;2013. Registre Parcellaire Graphique 2011: contours des îlots culturaux et leur groupe de cultures majoritaire des exploitations. Date de consultation :8/12/2016. Disponible sur :

Delahaye, D. 2003. Du ruissellement érosif à la crue turbide en domaine de grande culture : analyse spatiale d'un phénomène complexe (From concentrated runoff to flash flood in silty loamy plateaux : spatial analysis of a complex phenomena). Bulletin de l'Association de géographes français, volume 80, n° 3. p. 287-301

DÖRFLIGER N., JAUFFRET D., LOUBIER S., 2004. Cartographie de la Vulnérabilité des aquifères karstiques en Franche-Comté. Rapport BRGM/RP-53576-FR. 121p.

DÖRFLIGER N., VERNOUX J.F., WUILLEUMIER A., 2007. Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Rapport BRGM/RP-55874-FR. 73 p.

EAU DE PARIS, 2011. Captages de Bourron-Villerson-Villemer : Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque. AH2D-Environnement, Telosia. 31p.

Eau de Paris, 2016. - Fiches Aménagement – Date de consultation : 19 Novembre 2016
Disponible en ligne sur :

FDEPF, 2014. Contrat global Loing Amont 2015-2018. Fédération des eaux Puisaye-Forterre (version octobre 2014). 49p

FDEPF, 2015. Convention : Projet pédagogique de recherche appliquée « Ouanne Amont 2015-2017 ». A. Annexe technique. 33p.

GABRIELS D., GHEKIERE G., SHIETECATTE W., ROTTIERS I., Novembre 2003, Assessment of USLE cover-management C-factors for 40 crop rotation systems on arable farms in the Kemmelbeek watershed, Belgium. Soil and Tillage Research pp47-53

GAUTIER C. 2008. Atlas de paysages de l'Yonne. DIREN de la Bourgogne et DDE de l'Yonne. 170p.

Haies et talus : une réponse aux enjeux de préservation des sols et de l'eau « Fiches pratiques : les fonctions des haies et talus » 2006 – Date de consultation : 21 Novembre 2016. Disponible en ligne sur : http://www.paysans-creativ-bzh.org/imgbd_panierequal/File/public/Bois-Energie/Haies-et-eau.pdf

<http://www.eaudeparis.fr/lespace-culture/mediatheque/publications/page/1/categorie/environnement/>

<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/registre-parcellaire-graphique-2011-contours-des-ilots-cultureaux-et-leur-groupe-de-cultures-majorita/>

Institut de l'Élevage, 2014. PAC 2015, impacts et voies d'adaptation à la réforme. Date de consultation : 06/01/2017. Disponible sur : « http://www.agri49.fr/V4/bibliotheque_pdf/Conseils/20150422_2015_brochure_PAC_impacts_voies_adaptation_bovins_viande.pdf »

JAUFFRET D., DESPRATS J.F., MARTELAT A., GARNIER J.N., JOANNON G., GRENIER S., PAPUT M.C., CREUZOT G., VIPREY F. 2011. Cartographie préliminaire à la mise en place du réseau de suivi des produits phytosanitaires dans les eaux en région Bourgogne. Rapport BRGM/RP-50571- FR. 123p.

JOURDE P. (2008) - Le Hérisson d'Europe. Description, comportement, vie sociale, mythologie, observation. Delachaux et Niestlé, Paris, 207 p.

LAGACHERIE P., ARROUAYS D. ET WALTER C., 2013. Cartographie numérique des sols : principe, mise en œuvre et potentialités. Étude et Gestion des Sols, Volume 20 (1) 2013.pp. 83-98.

MARDHEL V., 2006. Carte de vulnérabilité intrinsèque simplifiée des eaux souterraines de la région Aquitaine. Décembre 2006. Rapport BRGM/RP-55311-FR

ONEMA « Guide technique à l'implantation des zones tampons humides artificielles (ZTHA) pour réduire les transferts de nitrates et de pesticides dans les eaux de drainage » Version 3. Julien TOURNEBIZE – IRSTEA - janvier 2015.

Date de consultation : 22 novembre 2016 – Disponible en ligne sur :

http://zonestampons.onema.fr/system/files/tournebize_et_al_2015.pdf

Parc Naturel régional du Morvan « Les systèmes d'abreuvement du bétail » Guide technique 2011 – Date de consultation : 22 Novembre 2016. Disponible en ligne sur : http://www.parcumorvan.org/fic_bdd/pdf_fr_fichier/1321355118_Les_systemes_d_abreuvement_du_betail.pdf

Préfet de la région bourgogne, 2015. Annexes à l'arrêté établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région BOURGOGNE au 1^{er} février 2015. p 6-45. [PDF en ligne]

Préfet de la région bourgogne, 2012. Rapport technique sur le référentiel de calcul de la dose prévisionnelle d'azote – Groupe d'expertise nitrates – Bourgogne- juillet 2012. [PDF en ligne]

PURSE B.V., THOMPSON D. J. (2009) Oviposition site selection by Coenagrion mercuriale. International Journal of Odonatology, volume 12-Issue 2. Pages 257-273

SAINT GIRONS M. C. (1955) Notes sur l'écologie des petits mammifères du bocage Atlantique. Société nationale de protection de la nature et d'acclimatation de France, Paris (FRA). La Terre et la vie – 1955 N°1

SRCE PICARDIE, (2013) Méthodologie retenue pour l'identification des composants de la Trame verte et Bleue du SRCE de Picardie.

TURPIN, N., VERNIER, F., ET JONCOUR, F. 1997. Transferts de nutriments des sols vers les eaux - Influence des pratiques agricoles - Synthèse bibliographique. Ingénieries-EAT, n° 11. p. p-3

World Meteorological Organization, 1994. Guide des pratiques hydrologiques: acquisition et traitement des données, analyses, prévision et autres applications. Genève : Organisation météorologique mondiale, ISBN 9263251681 9789263251688.

Résumé

Forts du constat établi des conséquences de potentiels transferts de nitrates et matières en suspension vers les eaux superficielles (à des taux dépassant localement mais continuellement les seuils

Mots-clefs :

Summary

Forts du constat établi des conséquences de potentiels transferts de nitrates et matières en suspension vers les eaux superficielles (à des taux dépassant localement mais continuellement les seuils

Keywords
