



HAL
open science

Projet expérimental de développement de l'agroforesterie sur les aires d'alimentation des captages de la Vallée de la Vanne (départements 89 et 10)

David Grandgirard, Fabien Liagre, Yves Bachevilliers, Manon Zakeossian,
Marguerite-Marie Larroque

► To cite this version:

David Grandgirard, Fabien Liagre, Yves Bachevilliers, Manon Zakeossian, Marguerite-Marie Larroque. Projet expérimental de développement de l'agroforesterie sur les aires d'alimentation des captages de la Vallée de la Vanne (départements 89 et 10). Unilasalle Beauvais, rue Pierre Waguet, 60000 Beauvais; Eau de Paris, 198 Bis rue La Fayette 75010 Paris; Agrooof-développement, 9 plan de Brie, 30140 Anduze. 2013, pp.169. hal-04420641

HAL Id: hal-04420641

<https://hal.science/hal-04420641>

Submitted on 26 Jan 2024

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.

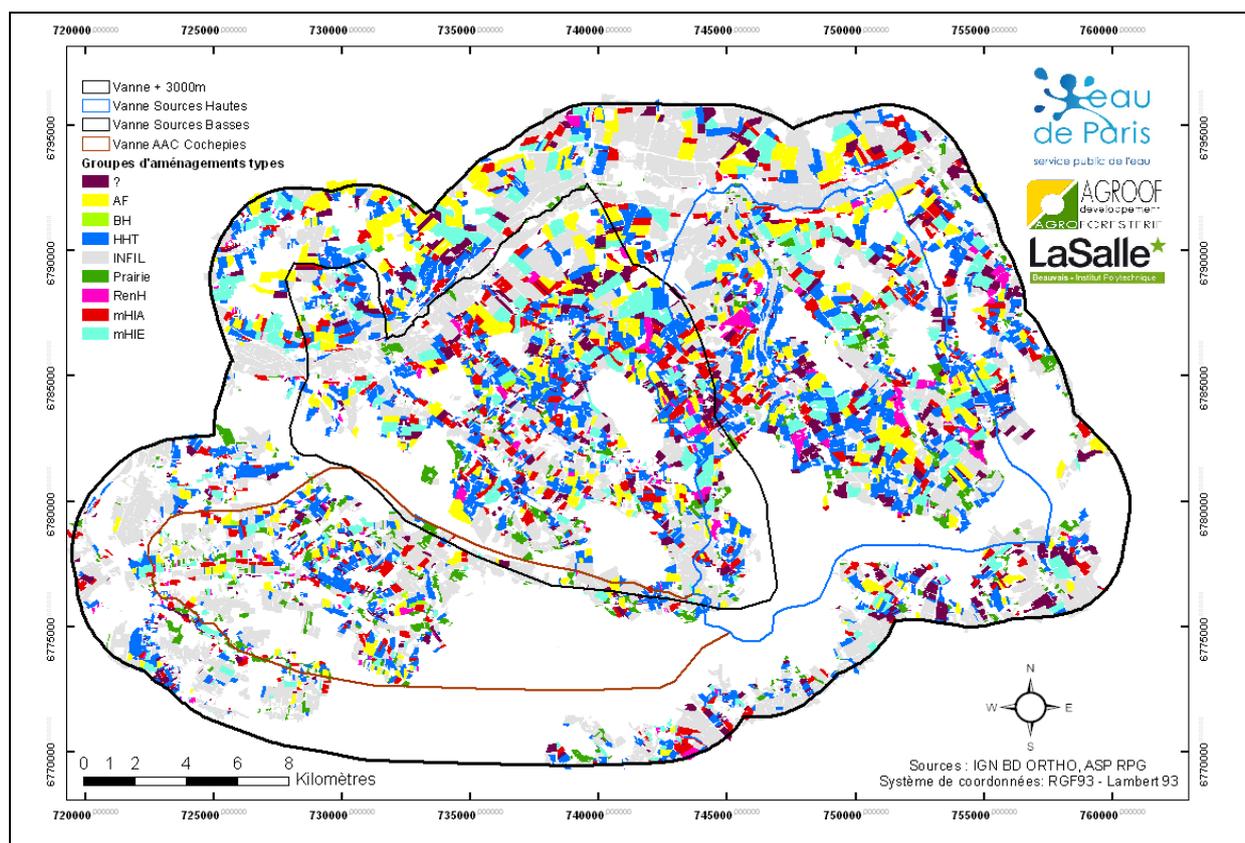


Distributed under a Creative Commons Attribution - NoDerivatives 4.0 International License

**PROJET EXPERIMENTAL DE DEVELOPPEMENT DE L'AGROFORESTERIE
SUR LES AIRES D'ALIMENTATION DES CAPTAGES DE LA VALLEE DE
LA VANNE (DEPARTEMENTS 89 ET 10)**

COMMANDE N° 32451200740 / F15861 / DES

RAPPORT TECHNIQUE – PHASE 2



Auteurs :

David GRANDGIRARD (LaSalle Beauvais)
Fabien LIAGRE (SCOP AGROOF)
Yves BACHEVILLIERS, Antoine MARIN (SCOP AGROOF)
Collectif DA ASET promotion 152 (LaSalle Beauvais)

Coordination Eau de Paris :

Manon ZAKEOSSIAN
Marguerite-Marie LARROQUE

Juillet 2012

RESUME

Le projet expérimental de développement de l'agroforesterie sur les aires d'alimentation des captages de la Vanne (dpt. 10 et 89) commandité par Eau de Paris s'est fixé comme objectif d'identifier les parcelles agricoles les plus vulnérables aux processus de ruissellement et d'érosion, zones potentielles de transferts directs et indirects de fertilisants azotés et molécules phytosanitaires vers les sources captées, sur lesquelles co-concevoir et implanter avec les producteurs et propriétaires fonciers, des systèmes agroforestiers efficaces, adaptés et acceptés.

En conduisant un diagnostic des sensibilités des parcelles agricoles à (i) l'érosion, (ii) au ruissellement, (iii) à l'infiltration et (iv) en tenant compte des besoins en connectivité écologiques parcellaires, une note globale de vulnérabilité des parcelles a été obtenue après agrégation pondérée des diverses sensibilités. Parmi les 9853 parcelles comprises au sein des AAC de la Vanne, 48% ont été identifiées comme majoritairement concernées le ruissellement, l'érosion alors que les parcelles restantes sont majoritairement infiltrantes ou non vulnérables. En tenant compte dans un second temps, des caractéristiques morphologiques et de positionnement spatial des parcelles comme des particularités de leur environnement proche, une gamme d'aménagements agroforestiers adaptés a été définie et distribuée à chacune des parcelles à aménager prioritairement. Deux grands types d'aménagement agroforestier sont ici proposés : intraparcellaire comprenant des lignes d'arbres avec culture intercalée, interparcellaire pouvant correspondre à des systèmes haies. Ils ont alors été déclinés en sous types selon la nature des strates arborées à leur concéder, mais aussi selon la nécessité de renforcer ces aménagements du fait de la présence de zones d'infiltration ponctuelles préférentielles (bêtoires ou vallées sèches). Enfin, la contiguïté d'aménagements du même type a été prise en compte au sein de bassins de dépression pour envisager non plus individuellement, mais collectivement certains aménagements localisés.

Parallèlement à l'obtention d'un référentiel cartographique des parcelles prioritaires et des aménagements types adaptés, un diagnostic à l'échelle de l'exploitation agricole a été conduit de sorte de différencier les systèmes d'exploitation en présence sur le territoire, d'évaluer les pressions exercées sur la ressource eau, de recenser et adapter les modes et formats d'animation territoriale à envisager lors des phases postérieures du projet et d'évaluer le potentiel local d'acceptation de l'agroforesterie. Globalement, les classes de systèmes d'exploitation comme les classes de pressions exercées sont très différentes selon le potentiel agropédologique local des exploitations. Parce qu'ils reflètent les choix stratégiques des exploitations, les systèmes de culture dépendent pour une bonne part de ce potentiel et les itinéraires techniques conduits sont alors régulièrement excédentaires tant en azote qu'en produit phytosanitaires, démontrant de l'importance de quelques cultures de rente (oléagineuses essentiellement) qu'il n'est pas envisageable de conduire à risques. Ainsi, les pratiques sont-elles conséquences du potentiel local de rendement et de la situation économique des exploitations. Ces deux mêmes facteurs conditionnent aussi fortement l'acceptation initiale de l'agroforesterie. En complément, les producteurs ayant d'ores et déjà pris en compte la dimension territoriale de leur activité, conscients des enjeux agroenvironnementaux de l'agriculture locale et s'inscrivant sur le long terme tendent à être favorables à l'agroforesterie; tout comme les exploitants convertis à l'agriculture de conservation et biologique. Parmi ceux-ci, il est cependant possible de distinguer deux sous-catégories : les éleveurs et/ou maïsiculteurs favorables aux agroforesteries inter-parcellaires

(fonction brise vent, obstacle visuel) et les colzéculteurs généralement plus favorables à une agroforesterie intra-parcellaire. Ces tendances, même si observées, restent cependant ténues ($r^2 = 0.36$) et nécessite un effort d'échantillonnage supplémentaire et un travail d'enquête spécifique au décryptage des conditions de l'adoption et des préférences des systèmes agroforestiers.

Mots clefs : eau, pollutions diffuses, ruissellement, diagnostics, enquête, aménagement, AAC, exploitations, parcelle agricole, agroforesteries

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons remercier toutes les personnes qui ont apporté leur contribution à la bonne réalisation de ce projet.

En premier lieu desquels, l'ensemble des producteurs agricoles et des élus locaux qui ont accepté de nous partager beaucoup de leur temps et nous ont permis de parcourir, de comprendre leurs exploitations, leurs communes. Nous les remercions vivement pour leur confiance et pour les moments privilégiés partagés.

En second lieu, nous souhaitons remercier les différentes organisations professionnelles agricoles telles les chambres d'agriculture de l'Aube et de l'Yonne, les coopératives agricoles et autres organismes de négoce, le SEDARB pour les différents temps d'expertise croisée qu'ils nous ont accordés.

Par ailleurs, nous tenons à remercier l'ensemble des interlocuteurs scientifiques nous ayant partagé ingénieries et expériences, dans divers domaines techniques très utiles quand intégrés au sein d'un projet transversal comme celui-ci. Merci tout particulièrement à Laurent CHALUMEAU (URCA, géomorphologie), Daniele ORI (AGROOF Développement), Freddy REY (IRSTEA, Génie végétal), Ghislain HUYGUES (BIOTEC, génie végétal), Benoît REAL (Arvalis Institut du végétal, diagnostic phytosanitaire), Carine BIOT (Droit de l'eau), Aurélien LETOURNEAU (CNRS, continuité écologique), Romain SORDELLO (MNHN, trames verte et bleue)

Merci aussi à Olivier SCHEURER, Anne COMBAUD, Romain ARMAND, Anne-Maïmiti DULAURENT, Jean-Didier CLEMENT pour les diverses aides qu'ils nous fournirent tout au long de ces quatre mois de travail.

Enfin, merci à Eau de Paris, et plus particulièrement à Manon ZAKEOSSIAN et Marguerite-Marie LARROQUE pour nous avoir confié ce travail, pour leur inégalé sens commun et leur œil averti.

TABLE DES MATIERES

Résumé	p. 3
Remerciements	p. 5
Table des matières	p. 6
Table des illustrations	p. 8
Table des tableaux	p. 10
Liste des abréviations	p. 12
Préambule	p. 13
I. Objectifs du projet	p. 15
II. Analyse contextuelle et particularités opérationnelles	p. 17
1. Localisation géographique	p. 17
2. Caractéristiques hydrologiques et emprise spatiale d'étude	p. 17
3. Caractéristiques pédologiques et agricoles de la zone d'étude	p. 21
31. De l'agriculture sur la zone d'étude	p. 21
32. Conditions pédologiques et potentiels cultureux	p. 24
4. Etat de la ressource en eau	p. 30
III. Objectifs expérimentaux et méthodologie générale proposée	p. 31
1. Algorithme global de l'analyse territoriale des vulnérabilités	p. 32
2. Génération de la répartition spatiotemporelle des cultures	p. 34
3. Génération du fichier des parcelles arables	p. 39
4. Génération de la carte d'occupation des sols	p. 41
5. Génération de la carte des textures des sols agricoles au 1/25000ème	p. 44
IV. Diagnostic territorial des vulnérabilités	p. 49
1. Vulnérabilité parcellaire à l'érosion des sols agricoles	p. 49
2. Vulnérabilité parcellaire au ruissellement des sols agricoles	p. 57
21. Les classes de pente	p. 58
22. L'occupation des sols	p. 59
23. La lithologie	p. 60
24. La densité de drainage	p. 60
25. Production de la carte d'aptitude au ruissellement finale	p. 61
3. Délimitation des parcelles potentiellement drainées par les effondrements de surface	p. 63
31. Obtention et localisation des vallées sèches	p. 64
32. Calcul de l'IDPR ASET	p. 65
33. Validation des vallées sèches et distinction de leur niveau d'infiltration selon l'IDPR BRGM	p. 67
34. Données supplémentaires d'accumulation et de longueur de flux à la parcelle	p. 70
35. Obtention et localisation des bassins de dépression des bétoures	p. 72
4. Vulnérabilité écologique de la zone d'étude	p. 75
Le principe de la méthodologie des coûts de déplacement	p. 75
V. Identification sélective des parcelles agricoles à aménager	p. 81
1. Méthodologie de priorisation des parcelles : analyse multicritère	p. 81
2. NGVi et première localisation des parcelles, des communes susceptibles d'être aménagées	p. 84
3. Discrimination et priorisation des parcelles à aménager	p. 88
31. Critères parcellaires de différenciation	p. 88
32. Aménagements parcellaires agroforestiers individuels ou collectifs?	p. 94
33. Première typologie parcellaire pour le choix du type d'aménagement à la parcelle	p. 96

CAH des parcelles selon les notes discrètes de vulnérabilité	p. 97
34. Arbre de décision multicritère pour le choix des aménagements types potentiels à la parcelle	p. 106
35. Arbre de décision multicritère pour le choix des aménagements types conseillés à la parcelle	p. 113
4. Conclusions intermédiaires du diagnostic territorial et de la proposition d'aménagements types à la parcelle	p. 119
VI. Diagnostic des exploitations agricoles pour le recensement des pratiques et l'identification des préférences	p. 121
1. Mode de recueil des informations du diagnostic d'exploitation	p. 122
11. Méthode de recueil de l'information : l'enquête	p. 122
12. Contenu de l'enquête	p. 122
13. Informations complémentaires à l'enquête	p. 124
14. Détails organisationnels de l'enquête	p. 130
2. Echantillonnage, échantillon et représentativité de l'échantillon constitué	p. 131
3. Analyse thématique descriptive de l'échantillon d'exploitations enquêtées	p. 132
31. Du système d'exploitation	p. 132
32. des caractéristiques du parcellaire des exploitations	p. 138
33. De l'état des sols et de ses conséquences sur l'exploitation	p. 143
34. Des productions faites sur l'exploitation	p. 147
35. Des pressions exercées sur la ressource Eau	p. 153
36. De la priorisation des enjeux et de la stratégie de gestion des exploitations	p. 162
37. De la place de l'arbre et des aménagements agroforestiers, du potentiel d'adoption des agroforesteries	p. 167
4. Identification des profils d'exploitations et des conditions d'acceptation de l'agroforesterie	p. 177
41. Profils d'exploitations agricoles sur le territoire de la Vanne	p. 177
42. De l'acceptation des agroforesteries	p. 181
5. Conclusions intermédiaires du diagnostic d'exploitations et de l'analyse de l'acceptation des agroforesteries	p. 184
VII. Conclusions générales	p. 185
Références	p. 187
Annexes	p. 189

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Diagnostic territorial

Figure 1 : Localisation géographique du territoire d'étude de la Vanne – identification des 3 aires d'alimentation et de captage composant le territoire d'étude P.

Figure 2 : Localisation des effondrements recensés au sein des AAC de la Vanne (ouverts ou bouchés en date de l'étude)

Figure 3 : Identification des parcellaires agricoles disposant d'au moins une parcelle comprise au sein de la zone d'étude (en rouge) et validation de la taille du buffer de 3000m autour de cette zone d'étude pour le diagnostic territorial

Figure 4 : Répartition départementale (%) des superficies utiles agricoles (hors vignes et fruits) des principaux groupes culturaux et cultures

Figure 5 : Répartition cantonale des superficies utiles agricoles et arables moyennes et de la taille moyenne des cheptels

Figure 6 : Superficie relative communale moyenne (%) des soles des principales cultures présentes au sein des communes constituant la zone d'étude

Figure 7 : Superficie relative communale moyenne (%) des soles des principales cultures présentes au sein des communes constituant la zone d'étude

Figure 8 : Cartographie de l'occupation des sols et modèle numérique de terrain au sein de la zone d'étude dite "AAC + 3000m"

Figure 9 : Cartes des sols disponibles pour la zone d'étude AAC + 3000m

Figure 10 : Algorithmes méthodologiques génériques de l'analyse de chacun des besoins et vulnérabilités considérés lors du diagnostic territorial

Figure 11 : Méthodologie de constitution des couches annuelles "îlots PAC"

Figure 12 : Règle d'attribution à l'échelle parcellaire des rotations culturales types – les parcelles composant l'îlot sont affublées de la rotation de l'îlot même si annuellement, elles n'hébergent pas la même culture

Figure 13 : Carte d'occupation des sols de la zone Vanne + 3000m

Figure 14 : Référentiel ou triangle du GEPPA et ses 16 classes de texture

Figure 15 : Classes de sensibilité à la battance et à l'érodibilité des textures du sol

Figure 16 : Carte de la sensibilité à l'érosion au sein de la zone Vanne + 3000m

Figure 17 : Carte de la sensibilité à l'érosion corrigée par les coefficients culturaux moyens sur la rotation au sein de la zone Vanne + 3000m

Figure 18 : Carte des écarts de la sensibilité à l'érosion corrigée par les coefficients culturaux moins la sensibilité à l'érosion au sein de la zone Vanne + 3000m

Figure 19 : Carte de l'aptitude au ruissellement finale au sein de la zone Vanne + 3000m

Figure 20 : Carte du réseau potentiel hydrographique

Figure 21 : Cartes des classes de valeur de l'IDPR_{ASET} et de l'IDPR_{BRGM}

Figure 22 : Confrontation des réseaux hydrographiques potentiels (IDPR_{ASET}) aux axes majeurs de ruissellement (SOGETI)

Figure 23 : Distinction des vallées sèches infiltrantes à très infiltrantes des axes de ruissellement selon l'IDPR_{BRGM}

Figure 24 : Distinction des parcelles agricoles selon qu'elles contiennent un axe ruisselant, une vallée sèche ou aucun axe

Figure 25 : Cartographies (a) des longueurs de flux amont contribuant au ruissellement et (b) de l'accumulation maximale au sein d'une parcelle donnée

Figure 26 : Localisation des effondrements de la zone d'étude et valeur d'IDPR

Figure 27 : Localisation des bassins de dépression relatifs aux 121 bétaires présentes sur la zone d'étude

Figure 28 : Variabilité des besoins moyens plurispécifiques en connectivité écologique au sein de la zone d'étude

Figure 29 : Variabilité des besoins moyens plurispécifiques en connectivité écologique à la parcelle au sein de la zone d'étude

Figure 30 : Variabilité spatiale de la note globale de vulnérabilité parcellaire (NGVi) au sein de la zone d'étude

Figure 31 : Variabilité spatiale de la NGVi moyenne communale brute et corrigée

Figure 32 : Distinction à la parcelle du potentiel agroforestier selon l'orientation des parcelles

Figure 33 : Alternative N°1 de distinction du potentiel agroforestier selon l'orientation des parcelles et la superficie

Figure 34 : Distinction des parcelles agricoles selon leur superficie

Figure 35 : Distinction des parcelles agricoles parcourues par un réseau électrique

Figure 36 : Distinction des zones préférentielles d'aménagement agroforestier collectif pour les petites parcelles vulnérables à très vulnérables

Figure 37 : potentiel d'interception des flux ruisselant intra-parcellaire par des aménagements agroforestiers en ligne au sein ou en bordure de parcelle

Figure 38 : Cartographie des classes de vulnérabilité parcellaires issues de la CAH

Figure 39 : Cartographie des parcelles contenant des bétouilles

Figure 40 : Cartographie des parcelles comprises au sein des bassins de dépression

Figure 41 : Cartographie des parcelles contenant des vallées sèches et valeurs parcellaire d'IDPR

Figure 42 : Cartographie de la longueur de flux maximale à la parcelle

Figure 43 : Cartographie des aménagements types potentiels au sein de la zone d'étude Vanne+3000m

Figure 44 : Cartographie des aménagements types proposés au sein de la zone d'étude Vanne+3000m

Figure 45 : Regroupement facilitant la visualisation des aménagements types proposés à la parcelle

Diagnostic exploitations agricoles

Figure 46 : Cartographie de la moyenne à l'exploitation de la valeur de la longueur de flux ruisselant

Figure 47 : Cartographie de la moyenne à l'exploitation de la sensibilité à l'érosion

Figure 48 : Cartographie de la moyenne à l'exploitation de la sensibilité au ruissellement

Figure 49 : Cartographie de la moyenne à l'exploitation des besoins en connectivité écologique

Figure 50 : Cartographie de la moyenne à l'exploitation de la sensibilité à l'infiltration

Figure 51 : Cartographie de la note globale de vulnérabilité (NGVi) moyenne à l'exploitation

Figure 52 : Cartographie des classes de vulnérabilité à l'exploitation

Figure 53 : Cartographie des 5 classes des « systèmes d'exploitation » identifiées

Figure 54 : Cartographie des 5 classes de « parcellaire » identifiées

Figure 55 : Cartographie des 5 classes de « potentiel agro-pédologique » identifiées

Figure 56 : Cartographie des 4 classes du « système de cultures » identifiées

Figure 57 : Cartographie des 5 classes de « R-IFT » identifiées

Figure 58 : Cartographie des 4 classes des combinaisons « BN - GI » identifiées

Figure 59 : Cartographie des 6 classes de la « enjeux et stratégie » identifiées

Figure 60 : Cartographie des 8 classes à effectifs non nuls de « perception et acceptation des agroforesteries » des exploitations enquêtées

Figure 61 : Arbre de partitionnement des conditions de l'acceptation des agroforesteries

TABLE DES TABLEAUX

Diagnostic territorial

Tableau 1 : Cartes des sols disponibles pour la zone d'étude AAC + 3000m

Tableau 2 : Nombres annuels du nombre de groupes de culture RPG déclarés par îlot et pourcentages moyens pluriannuels

Tableau 3 : Illustration du mode de discrimination et d'attribution des suites culturales observées à partir des codes "groupes de culture RPG" annuels

Tableau 4 : Particularités des six espèces repères retenues pour le diagnostic de la connectivité

Tableau 5 : Codification des différentes classes d'occupation du sol distinguées au sein de la carte d'occupation des sols sur le territoire d'étude

Tableau 6 : Attribution des coefficients de pondération

Tableau 7 : Répartition des notes d'aptitude au ruissellement en fonction des pentes

Tableau 8 : Classe d'aptitude au ruissellement en fonction de l'occupation du sol

Tableau 9 : Attribution des notes d'aptitude au ruissellement selon les COS

Tableau 10 : Notation pour l'aptitude au ruissellement selon la lithologie

Tableau 11 : Attribution des notes d'aptitude au ruissellement selon la densité de drainage

Tableau 12 : Les différentes notes de connectivité attribuées aux classes d'occupation des sols (COS)

Tableau 13 : Les notes de connectivité prêtées à chaque COS pour chacune des espèces repères retenues

Tableau 14 : Les notes de perméabilité prêtées à chaque COS pour chacune des espèces repères retenues

Tableau 15 : Classement et pondération associés à chaque espèce repère retenue

Tableau 16 : Poids accordé à chacun des critères de vulnérabilité considéré au sein de l'analyse multicritère totale conduite pour priorisation des parcelles à aménager

Tableau 17 : Tableaux des corrélations des notes discrètes de vulnérabilité et de la NGVi

Tableau 18 : Valeurs médianes de NdVi et NGVi, type majoritaire de vulnérabilité et priorisation d'intervention de chacune des 11 classes issues de la CAH

Tableau 19 : Fréquences des aménagements types potentiels envisagés à la parcelle

Tableau 20 : Fréquences et nature des codes existant au sein de la population de parcelles ruisselantes, et types d'aménagements potentiels à la parcelle

Tableau 21 : Nature, composition et fréquence des aménagements types proposés à la parcelle issus de l'arbre de décision

Diagnostic exploitations agricoles

Tableau 22 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de vulnérabilité

Tableau 23 : Table des classes de vulnérabilités

Tableau 24 : Valeurs moyennes (et écart types), maximum et minimum de variables descriptives des exploitations enquêtées

Tableau 25 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de système d'exploitation

Tableau 26 : Table des classes de système d'exploitation

Tableau 27 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de parcellaire

Tableau 28 : Table des classes de parcellaire

Tableau 29 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de potentiel agropédologique

Tableau 30 : Table des classes de potentiel agropédologique

Tableau 31 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de système de culture

Tableau 32 : Table des classes de système de culture

Tableau 33 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe d'IFT

Tableau 34 : Table des classes d'IFT

Tableau 35 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de balance azotée et de gestion des intercultures (BN-GI)

Tableau 36 : Table des classes BN – GI

Tableau 37 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe d'enjeux et stratégie

Tableau 38 : Table des classes enjeux et stratégie

Tableau 39 : Arguments et familles d'arguments favorables et défavorables vis-à-vis de l'agroforesterie et des haies avancés par les enquêtés

Tableau 40 : Table des effectifs enquêtés selon leur niveau d'acceptation des agroforesteries

Tableau 41 : Table des avantages et inconvénients par niveau d'acceptation des agroforesteries

Tableau 42 : synthèse des tableaux de contingence thématiques pour chacun des 5 profils d'exploitation agricole identifiés

Tableau 43 : Effectifs d'acceptation des agroforesteries selon les 5 profils d'exploitation identifiés

Tableau 42 : synthèse des tableaux de contingence thématiques pour chacun des 5 profils d'exploitation agricole identifiés

LISTE DES ABREVIATIONS

AAC : Aire d'alimentation de captage	IFT : Indice de Fréquence de Traitement (R-IFT : Ration IFT observé sur IFT de référence)
AB : Agriculture Biologique	INFIL : Infiltration (indice d')
ACP : Analyse en Composantes Principales	INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
ADD : Arbre De Décision	INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
AFD : Analyse Factorielle Discriminante	IRD : Institut de Recherche pour le Développement
AMA : Analyse Multi Attributs	MES : Matières en Suspension
AMC : Analyse MultiCritère	MNA : Modèle Numérique d'Altitude
AMM : Autorisation Mise sur le Marché	MNT : Modèle Numérique de Terrain
AR : Agriculture Raisonnée	NdVi : Note Discrète de Vulnérabilité de la parcelle i
ASET : Agroécologie Sols, Eau et Territoires	NFU : Formazine Nephelometric Unit
ASP : Agence de Services de Paiement	NGVi : Note Globale de Vulnérabilité de la parcelle i
BDAT : Base de Données pour Aménagement du Territoire	OAD : Outil d'Aide à la Décision
BN : Balance azotée (N)	OCSOL : (carte de l') Occupation des SOLs
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières	PAC : Politique Agricole Commune
CA : Chiffre d'Affaire (€)	PAC : Politique Agricole Commune.
CAH : Classification Ascendante Hiérarchique	PESERA : Pan-European Soil Erosion Risk Assessment.
CCI : Chambre de Commerce et d'Industrie	RGA : Recensement Général Agricole
CLC : Corine Land Cover	RPG : Registre Parcellaire Graphique
CONNECT : Besoin en connectivité écologique	RSLT : Ruissellement (indice du)
CORPEN : Comité d'Orientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'Environnement	SAU : Surface Agricole Utile
COS : Classe d'Occupation des Sols	SCOP : Surfaces en Céréales et OléoProtéagineux
DCE : Directive Cadre sur l'Eau	SDSCV : Semis Direct Sous Couvert Végétal (SD : Semis Direct)
DDT : Direction Départementale du Territoire	SEDARB : Service d'Ecodéveloppement Agrobiologique et Rural de Bourgogne
EROS : Erosion (indice d')	SFP : Surface Fourragère Permanente
FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture	SIG : Système d'Informations Géographiques.
FRAC = Fractal Dimension index	STH : Surface Toujours en Herbe
GEPPA : Groupe d'Etudes des Problèmes Pédologiques Appliqués	TCSL : Technique Culturelle Sans Labour (TCS : Technique Culturelle Simplifiée)
GI : Gestion des intercultures	UGB : Unité Gros Bovins
IDPR : Indice de Développement et de Persistance des Réseaux	USLE : Universal Soil Loss Equation
IFEN : Institut Français de l'Environnement	UTH : Unité Temps de travail Homme

PREAMBULE

La déclinaison nationale de la Directive Cadre sur l'Eau européenne (DCE) implique pour les Etats Membres de la Communauté européenne de parvenir, à l'orée 2015, à un état physico-chimique et écologique des masses d'eau superficielles et souterraines satisfaisant. La France, territoire agricole majeur en Europe est cependant régulièrement citée du fait de niveaux de pollutions diffuses par, entre autres des molécules d'origine agricole, dépassant régulièrement et localement les seuils réglementaires fixés.

Les territoires agricoles, leurs acteurs en premier lieu desquels les producteurs agricoles, conscients des efforts à consentir, testent et déploient depuis plusieurs décades diverses mesures agroenvironnementales visant à limiter l'impact de l'agriculture sur la qualité des eaux. Récemment mis en place, le plan ECOPHYTO 2018, est destiné à évaluer la faisabilité et les risques inhérents à une réduction de moitié des quantités de produits phytosanitaires utilisés. Ce plan est l'occasion de tester et déployer sur les territoires agricoles de nombreuses alternatives agrotechniques comme organisationnelles favorables à une agriculture moins impactante mais tout aussi productive. Souvent inspirées de l'agroécologie, de nombreuses solutions telles l'allongement des rotations, la réintroduction de cultures pérennes, la conversion en agriculture biologique, le désherbage mécanique, le semis direct sous couvert végétal ou encore la mise en place d'infrastructures agroécologiques permanentes sont alors proposées aux agriculteurs pour répondre en tout ou partie des attentes propres à la qualité de l'eau. Souvent méconnues, ces alternatives ne rencontrent cependant pas toujours le succès escompté et les objectifs programmés d'état satisfaisant des eaux en sont, de fait, d'autant retardés.

C'est dans ce contexte qu'Eau de Paris, établissement public à caractère industriel et commercial de la Ville de Paris ayant pour objet de gérer le service public de l'eau à Paris, de la production jusqu'à sa distribution, a décidé de conduire un projet expérimental favorable à l'amélioration de la qualité des eaux de surface et souterraines, sur l'un des sites de captage et de production d'eau dont il a la charge: la Vallées de la Vanne. L'idée est de proposer aux entrepreneurs agricoles locaux, outre les outils et mesures déjà existants sur le territoire, de découvrir, adopter et déployer sur leurs exploitations, au sein des parcelles les plus vulnérables, diverses formes d'agroforesterie. Consciente de la diversité des conditions locales des exploitations, comme des préférences agriculteurs parfois marquées, la gamme des agroforesteries proposée par Eau de Paris va de l'agroforesterie intercalaire intraparcellaire aux agroforesteries d'alignement en bord de parcelle (lignes d'arbres, haies, bocages...), et ce, en supplément des mesures de conversion à l'agriculture biologique et de réenherbement qu'elle subventionne d'ores et déjà depuis plusieurs années.

Ce projet a été confié ; il invite de fait à (i) sensibiliser les producteurs agricoles à l'agroforesterie comme aux diverses menaces pesant sur l'eau comme sur les sols, (ii) conduire un diagnostic localisé du niveau de vulnérabilité du territoire comme un diagnostic des pressions d'origine agricoles qui s'y appliquent, (iii) favoriser le montage de projets individuels comme collectifs d'implantation d'agroforesteries, et (iv) de mettre en place et suivre à moyen terme ses projets agroforestiers. Chacune de ces actions, successives sur les cinq années que dure le projet, correspond à une phase particulière; les quatre différentes phases ont été confiées à la SCOP AGROOF, bureau d'étude spécialisé en agroforesterie et à la cellule Agroécologie de l'Institut Polytechnique LaSalle Beauvais, institut d'enseignement supérieur et de recherche.

Ce document correspond au livrable finalisé de la Phase 2: "Diagnostics agricoles territoriaux" pour l'un des deux territoires tels que proposés à l'étude au sein du marché public de prestations intellectuelles N° 12339 émis en 2012, en l'occurrence le territoire Vanne sur lequel Eau de Paris exploite trois différentes aires d'alimentation de captages (AAC) : Vanne sources hautes, Vanne sources basses et l'aire d'alimentation de captages de Cochepies.

I. OBJECTIFS DU PROJET

Le marché public de prestations intellectuelles N°12339 émis par la régie Eau de Paris est un projet expérimental visant à développer sur le territoire de la Vanne, zone de production d'eau pour le sud parisien donc de gestion de l'eau et de sa qualité, l'agroforesterie pour une limitation et une maîtrise accrue des risques de pollution diffuse d'origine agricole des sources exploitées.

Conformément au CCTP – MAPA N° 12339 en date du 04/06/2012, l'objectif général du projet est le renforcement des actions agricoles déjà engagées sur les AAC de la Vanne pour diminuer les risques de contamination des captages par le déploiement de solutions agroforestières sur les zones agricoles de ce territoire. Par agroforesterie, Eau de Paris entend *la mise en place sur une même parcelle d'une production agricole annuelle (cultures, pâtures), et d'une production différée à long terme par les plantations (agroforestières). Les projets en agroforesterie peuvent être développés sur culture ou en aménagement parcellaire.*

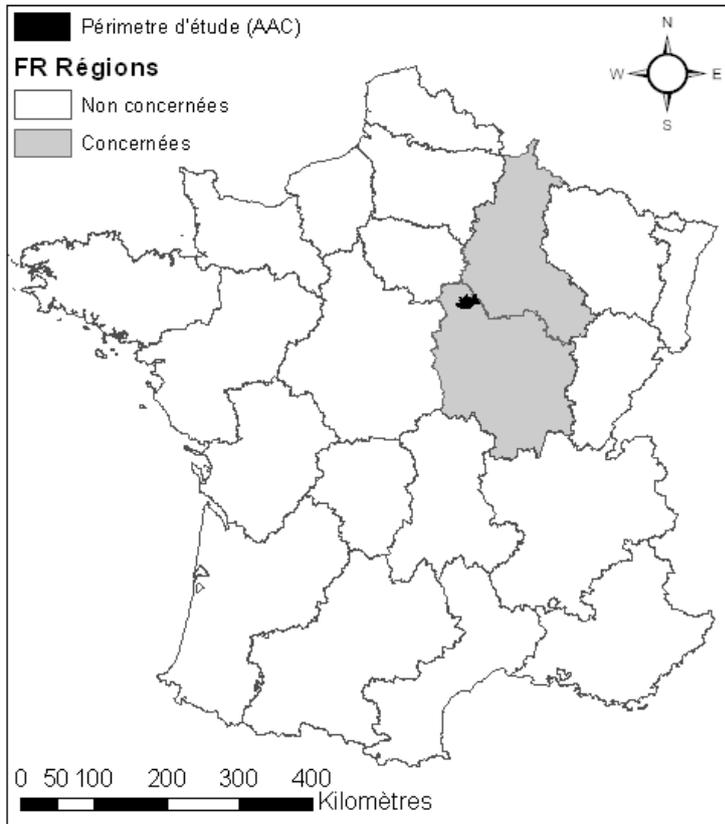
Au terme de l'étude, les diverses actions susmentionnées permettront :

- D'expertiser les possibilités de développement de l'agroforesterie pour protéger la qualité de l'eau des captages
- de développer des animations adéquates pour engager des agriculteurs dans des projets d'agroforesterie

Pour ce faire, il est attendu de cette étude :

- Une analyse spatialisée de la vulnérabilité contextuelle du territoire; on s'efforcera à déterminer en continu sur l'ensemble du territoire, la vulnérabilité des parcelles agricoles à l'érosion, au ruissellement et à l'infiltration. En outre, le potentiel pédologique est aussi à prendre en compte pour un choix adapté des essences agroforestières à planter,
- Le diagnostic des exploitations agricoles pour proposer pour chaque système d'exploitation et agriculteur des projets agroforestiers adaptés,
- L'identification des zones vulnérables prioritaires pour la proposition de projets les plus pertinents pour la protection de la ressource (ici l'eau captée),
- Enfin, la concrétisation de ces projets avec des agriculteurs.

Le présent document de synthèse concerne les trois premiers objectifs de l'étude: à savoir les diagnostics de vulnérabilité du territoire et agro-stratégique des exploitations agricoles pour l'identification et la localisation des sites prioritaires de déploiement des agroforesteries d'intérêt. Il correspond à la phase 2 du marché public de prestations intellectuelles N°12339 relatif à la Vanne; il a été confié à l'Institut Polytechnique LaSalle Beauvais et plus particulièrement au corps enseignant et de recherche ASET (Agroécologie, sols, eau et territoires) et aux élèves ingénieurs en agriculture correspondant.



Localisation des Aires d'Alimentation et de Captages (AAC) de la Vanne



Sources : Eau de Paris, 2010
 Europa NUTS2, 2008
 Système de coordonnées: RGF93 - Lambert 93

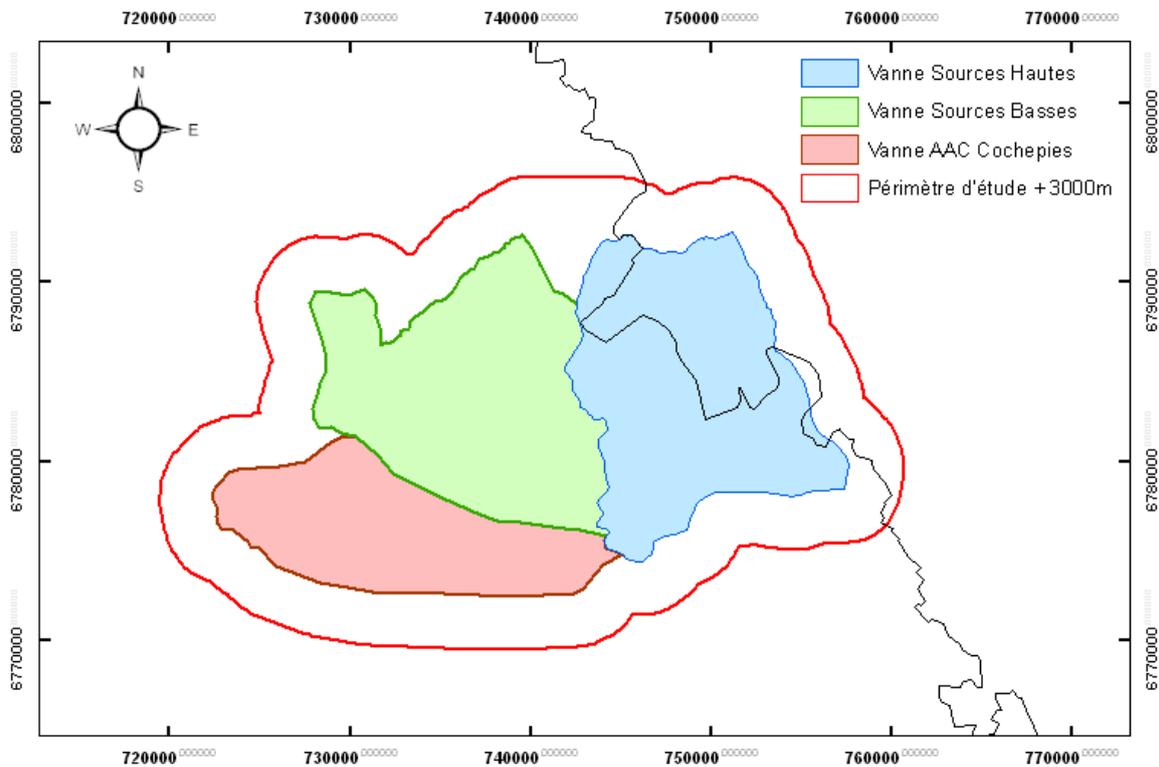


Figure 1 : Localisation géographique du territoire d'étude de la Vanne – identification des 3 aires d'alimentation et de captage composant le territoire d'étude

II. ANALYSE CONTEXTUELLE ET PARTICULARITES OPERATIONNELLES

1. Localisation géographique

Le territoire d'étude de la Vanne voit son emprise chevaucher deux départements contigus : l'Aube (dpt.10) et l'Yonne (dpt.89); à ce titre, la gestion territoriale de l'espace et des activités socio-économiques au sein de la Vanne a pu être, est peut être, sous l'influence de deux politiques régionales distinctes et pourrait de fait, influencer le choix des méthodologies d'analyse plus avant dans cette étude.

Le territoire d'étude recouvre à l'origine l'ensemble des surfaces incluses au sein des trois différentes aires d'alimentation et de captage (AAC) dernièrement délimitées (SOGETI, 2007; Eau de Paris, 2009) :

- L'AAC des sources hautes de la Vanne s'étendant à l'est du territoire d'étude, seule AAC comprise au sein des deux départements concernés; elle accueille les sources de la Bouillarde, d'Armentières et de Cérilly, mais aussi les drains de Flacy et la source de Gaudin (capacité totale journalière de production d'environ 63 000m³)
- L'AAC des sources basses de la Vanne au nord ouest de la zone d'étude; elle comprend les sources des Pâtures, du Maroi, de Saint-Philibert, de Theil et de Noé (capacité totale journalière de production d'environ 47 000m³)
- Et l'AAC de Cochepies au sud est de la zone d'étude. Plusieurs sources dites de Cochepies y sont captées; la capacité totale journalière de production est d'environ 32 000m³.

Ensembles, ces AAC accueillent 24 sources dont les eaux, captées, sont acheminées par l'aqueduc de la Vanne jusqu'au réservoir de Montsouris et délivre ainsi chaque jour approximativement 140 000m³ d'eau à Paris.

L'ensemble des 24 sources captées et exploitées participant indifféremment à l'approvisionnement en eau de Paris, c'est la superficie totale regroupant les trois AAC qui est étudiée au sein du projet. L'emprise totale avoisine alors les 490 km² (119, 197 et 176 km² respectivement pour les AAC de Cochepies, sources basses et hautes de la Vanne).

2. Caractéristiques hydrologiques et emprise spatiale d'étude

Les éléments du diagnostic territorial (i.e. de la vulnérabilité du territoire) comme du diagnostic agricole (i.e. des exploitations agricoles et de leurs pratiques culturales) pour la localisation des zones prioritaires de déploiement des agroforesteries, nécessitent de s'interroger sur la pertinence d'une emprise réduite aux seules AAC.

D'un point de vue purement hydrologique, le zonage des AAC a été établi en considérant les mouvements d'eau de surface et souterrains, les courbes isochrones issues des campagnes de marquage (Eau de Paris, 2009). Couplés aux suivis piézométriques et aux études géomorphologiques conduits sur le territoire, elles ont permis de déterminer la nature des sources de la Vanne. Celles-ci sont approvisionnées par *des galeries captantes ou drains correspondant à des émergences de la nappe de craie. Ces émergences peuvent alors se faire au sein des alluvions sus-jacents aux formations crayeuses et entrer en contact avec les eaux superficielles des rus ou des retenues d'eau. L'alimentation de la nappe est en outre assurée par la percolation des eaux météoriques à travers les formations*

superficielles (elles rejoignent ensuite le réseau de diaclases de la craie), mais surtout par l'intermédiaire des pertes situées le long des vallées, conférant aux rus perpendiculaires à la

Géolocalisation des effondrements (bétoires) au sein des Aires d'Alimentation des Captages de la Vanne



- Effondrements**
- Vanne Sources Hautes
- Vanne Sources Basses
- Vanne AAC Cochepies
- Périmètre d'étude +3000m

Sources : Jacques Den Dekker, Eau de Paris, 2012
 Système de coordonnées: RGF93 - Lambert 93

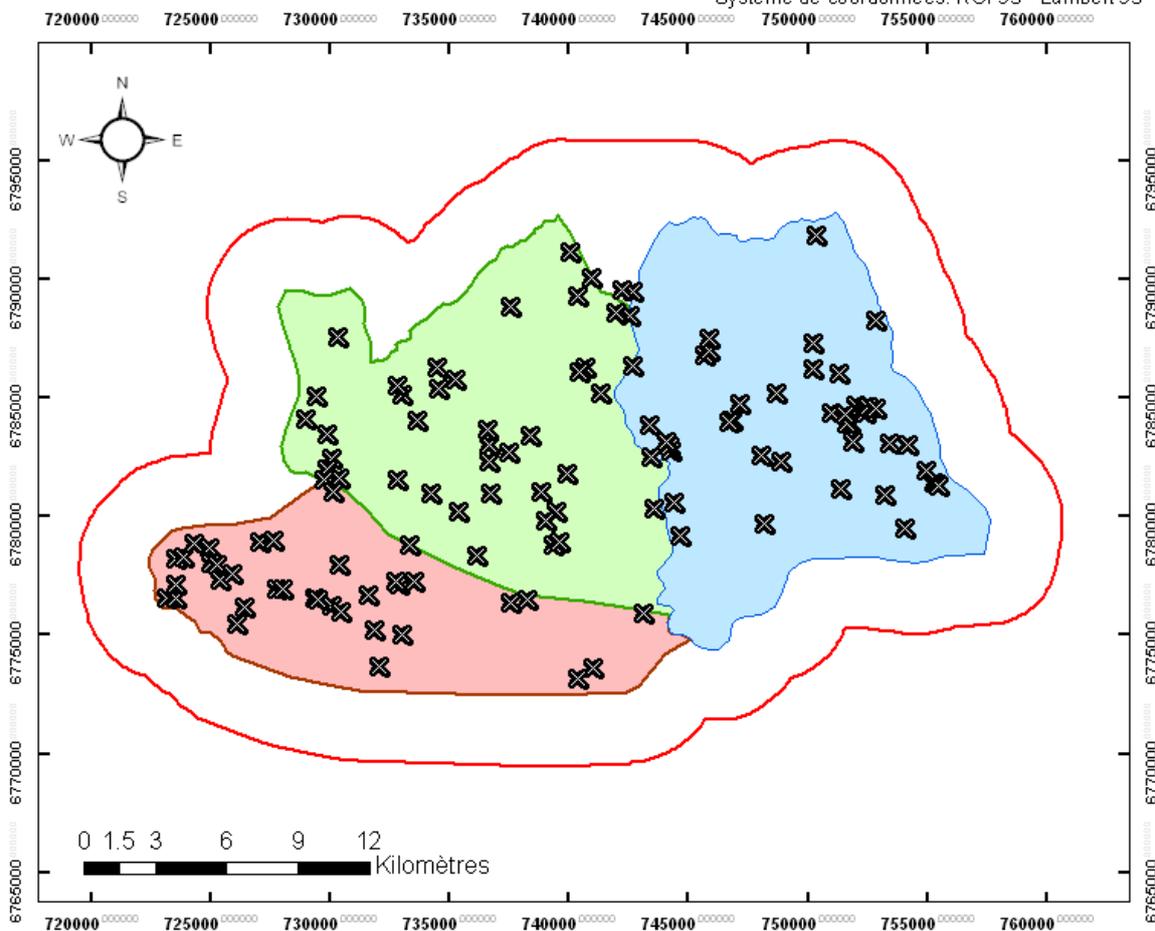


Figure 2 : Localisation des effondrements recensés au sein des AAC de la Vanne (ouverts ou bouchés en date de l'étude)

Vanne un écoulement discontinu et saisonnier en amont de leur cours (Eau de Paris, 2009). Ces rus saisonniers, appelés aussi "vallées sèches" sont donc, du fait d'un réseau karstique développé dont l'existence est mis en évidence par les nombreuses bétoires ($n > 100$) apparentes et/ou connues dans la zone d'étude (Figure 2), des sites d'échanges privilégiés entre eaux de surface ruisselantes / infiltrantes et la nappe. En conséquence de quoi la délimitation des AAC reflète donc bien l'emprise spatiale d'intérêt.

Cependant, l'objectif étant, consécutivement au diagnostic territorial de vulnérabilité d'imaginer avec les producteurs agricoles le déploiement d'alternatives agroforestières au sein de leur exploitation, cette emprise doit pouvoir intégrer l'unité spatiale agricole de référence sur laquelle imaginer ces projets : l'îlot et/ou la parcelle agricoles mais aussi l'échelle "exploitation agricole" car la conversion agroforestière d'une ou plusieurs parcelles ne peut être entreprise sans une réflexion menée à cette échelle avec l'agriculteur concerné, voire avec plusieurs ayant des parcelles ou îlots contigus lors de projets collectifs d'agroforesterie. Il est d'ailleurs important de rappeler ici que le marché public de prestations intellectuelles N°12339 appelait aux changements d'échelles (parcelle \leftrightarrow îlot \leftrightarrow exploitation \leftrightarrow commune) et que la méthodologie du projet retenu est intégralement basée sur ce principe, proposant de passer de la parcelle agricole à la zone d'étude de la Vanne.

Ainsi, c'est le parcellaire complet des agriculteurs pour lesquels au moins une parcelle agricole se situe au sein des AAC qui devrait être considéré. Cependant, cela impliquerait parfois de considérer des parcellaires (i.e. des exploitations) dont toutes les parcelles sauf une se trouvent à plusieurs kilomètres voire dizaines de kilomètres des AAC (on prendra pour illustrer le cas d'une parcelle isolée sur l'AAC, propriété de X ayant son siège et parcellaire très éloignés, mais laissée à disposition d'un producteur local Y pour éviter des surcoûts de déplacement). Pour répondre à la nécessité de considérer les sièges d'exploitations périphériques sans être obligé de conserver des exploitations bien trop éloignées, ce sont toutes les parcelles dans une zone correspondant aux AAC plus un buffer de 3000m autour des AAC (appelée ci après "AAC + 3000m", voir figure 1) qui ont été conservées et exposées au diagnostic territorial. Une taille de buffer de 3000m a été retenue parce qu'elle correspondait à la distance moyenne permettant de considérer la plus grande partie du parcellaire des exploitations agricoles périphériques ayant au moins une parcelle située dans la zone (combinée) des 3 AAC (Figure 3).

Certes, la conséquence de cette décision est un accroissement de près de 40% de la surface à diagnostiquer (798 km² au lieu des 490km² initiaux) et donc potentiellement des coûts du diagnostic territorial à y mener. Cependant, cette solution permet une identification très complète de l'ensemble des exploitants produisant au moins pour partie, sur la zone des AAC; sans préjuger de la participation des exploitants à cette étude, elle permettrait donc à terme de disposer de résultats représentatifs. Elle permet en outre d'entreprendre, au sein du diagnostic territorial, le "diagnostic réaliste de l'état de la connectivité et des corridors écologiques" au sein des AAC de la Vanne du fait qu'elle envisage ces corridors écologiques connectés avec les structures écologiques périphériques à la zone d'étude. Elle permet donc de s'affranchir des potentiels effets de bordure qui à terme, pourraient ne considérer la connectivité écologique que comme n'existant qu'au cœur de la zone d'étude.

Ségrégation des parcellaires agricoles appartenant en tout ou partie (1 parcelle au moins) aux Aires d'Alimentation des Captages de la Vanne



- AAC combinées + 3000m
- AAC combinées
- Parcelles non inclus
- Parcelles inclus

Sources : ASP - RPG, 2010
Système de coordonnées: RGF93 - Lambert 93

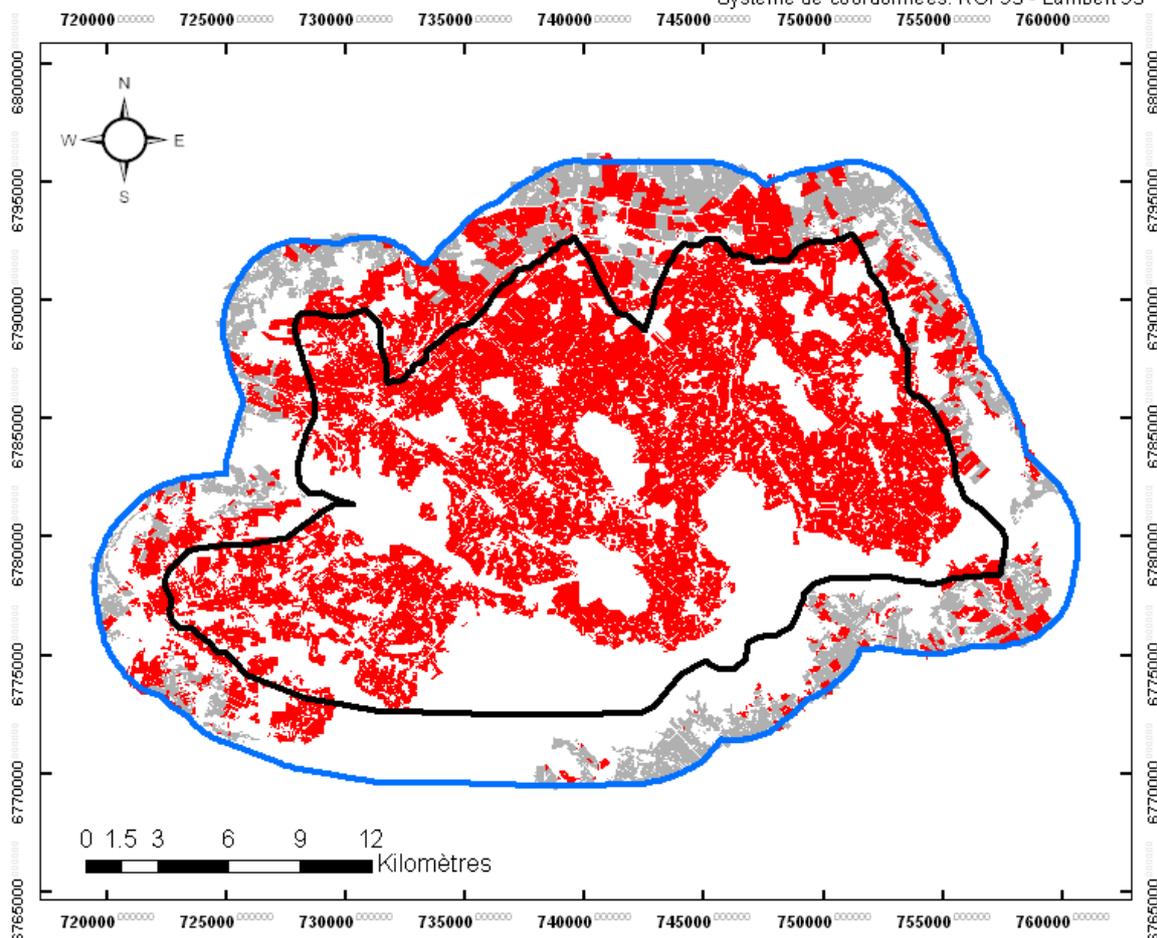


Figure 3 : Identification des parcellaires agricoles disposant d'au moins une parcelle comprise au sein de la zone d'étude (en rouge) et validation de la taille du buffer de 3000m autour de cette zone d'étude pour le diagnostic territorial

3. Caractéristiques pédologiques et agricoles de la zone d'étude

3.1. De l'agriculture sur la zone d'étude

Considérée à l'échelle départementale, l'agriculture locale est relativement similaire et représentative des processus de simplification et d'intensification couramment rencontrés au sein des bassins de production du Centre et du Nord-est français. La mise en place de rotations courtes (de 2 à 5 ans) avec une dominance de cultures dites SCOP (céréales et oléoprotéagineux) résume sans grande différence les agricultures conduites dans l'Aube comme dans l'Yonne (AGRESTE - DISAR, année culturale 2011).

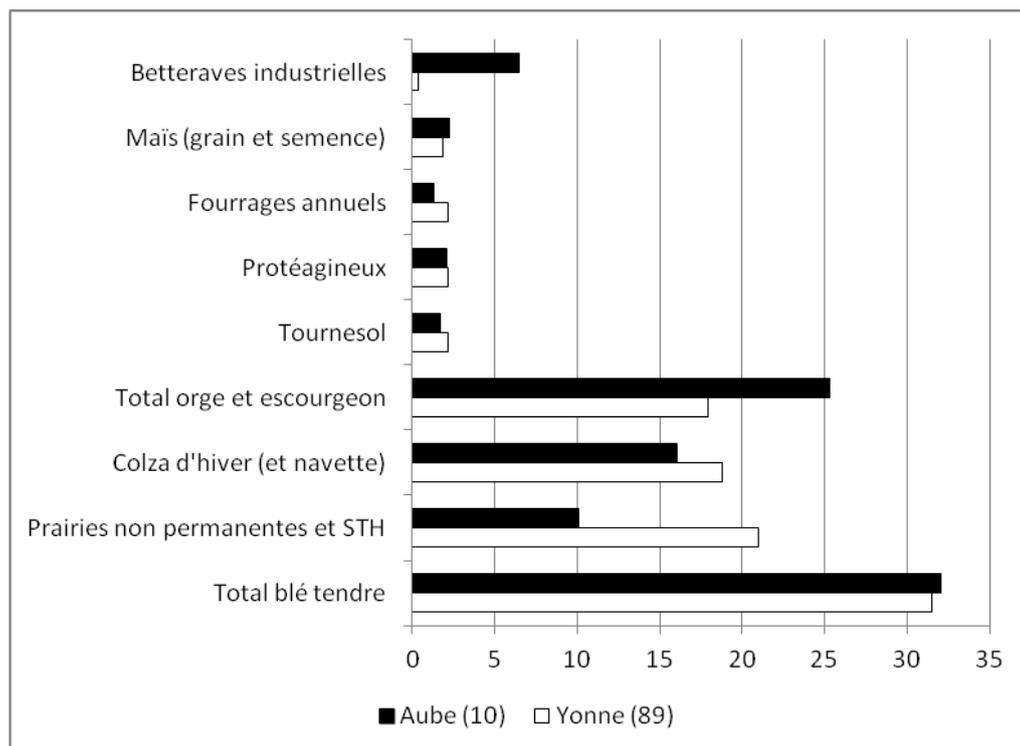


Figure 4 : Répartition départementale (%) des superficies utiles agricoles (hors vignes et fruits) des principaux groupes culturaux et cultures (Sources: AGRESTE-DISAR 2011)

Ainsi, la surface agricole utile de chacun des deux départements (412 000 et 347 000 ha hors vignes et fruits pour l'Yonne et l'Aube respectivement) est distribuée majoritairement entre le blé tendre (blé d'hiver à plus de 99%), d'orge et de colza (Figure 4). Vient alors la culture de la betterave (surtout pour l'Aube où elle représente près de 6% de la SAU hors vignes et fruits) et les protéagineux (essentiellement le pois protéagineux) et les plantes annuelles fourragères parmi lesquelles le maïs fourrager est la plus importante.

Les principales différences entre ces deux départements résident dans le fait que l'Aube présente une surface prairiale (prairies non permanentes et surface toujours en herbe -STH) moindre que l'Yonne (env. 10% pour l'Aube contre env. 22% pour l'Yonne) qui a pu être "attribuée" aux cultures d'orges et de betteraves. Ainsi, à première vue, en partant de données départementales récentes, il se pourrait que les agricultures conduites sur la zone d'étude soient relativement simples et peu diversifiées, emblavant les surfaces essentiellement à base des trois cultures annuelles suivantes "blé d'hiver, colza d'hiver et orges (hiver ou printemps)", avec possibilité d'y trouver aussi, de la betterave (culture

industrielle), du maïs (fourrager et/ou grain) et des cultures fourragères annuelles ou pérennes (luzerne essentiellement). Enfin un tissu plus ou moins important de parcelles en herbe selon le maintien local ou non d'activités d'élevage (bovins lait et bovins viande principalement).

Ces grandes tendances sont cependant à considérer avec précaution du fait d'une possible spécialisation intra-départementale; force est de constater que selon le contexte et les conditions locales de production, l'agriculture peut encore se différencier. Ainsi, le Pays d'Othe, petite région naturelle constitutive de la zone d'étude, se différencie du reste de l'Aube (et surtout de la Brie et du Barrois) du fait de sols argilo-marneux voire crayeux humides (comme la Champagne Humide et la Champagne Crayeuse) alors que le reste du département repose sur des sols argilo-calcaires secs et pierreux. La conséquence majeure de cette différenciation par les sols est le maintien en zone à plus faible potentiel (la Brie et le Barrois) d'activités de polyculture, d'élevages et de viticulture alors que le Pays d'Othe présente surtout des grandes cultures, à savoir des cultures SCOP et à tubercules telles la betterave ou les pommes de terre (Agreste, 2011a).

Concernant l'Yonne, si l'élevage bovin y est plus présent que dans l'Aube, les tendances observées pour l'Aube restent valables, surtout en ce qui concerne les productions végétales. Ainsi la spécialisation des exploitations a conduit à la prédominance des cultures céréalières et oléagineuses avec respectivement 218 000 ha de céréales, 87 300 ha d'oléagineux et 9 500 ha de protéagineux (chiffres 2010, Agreste, 2011b). On compte encore près de 47 000ha de surface toujours en herbe et près de 23 000ha de cultures fourragères et près de 20 000ha de jachères. Ces chiffres suggérant que les cultures présentes dans l'Aube telles la betterave et la pomme de terre sont quasi inexistantes dans ce département, restreignant d'autant le choix et la longueur des rotations culturales possibles. Ceci du fait de la nature des sols argilo calcaires dominant dans l'Yonne.

Analysée à l'échelle cantonale cette fois-ci, l'agriculture au sein de la zone d'étude, c'est-à-dire au sein des cinq cantons bourguignons (Cerisiers, Sens Nord-Est, Sens Sud-Est, Villeneuve l'Archevêque et Villeneuve sur Yonne) et du canton aubois concerné (Aix-en-Othe), l'agriculture locale est très spécialisée puisque ce sont presque exclusivement des systèmes de "grandes cultures" et des systèmes "polyculture élevage" qui sont présents (RGA, 2010). A l'exception des alentours de Sens (canton de Sens Sud-Est), les superficies agricoles sont en général presque exclusivement destinées aux productions de rente puisque qu'au minimum 95% de la SAU (Surface Agricole Utile) est déclarée arable et ne porte donc pas de culture permanente (en premier lieu desquelles les prairies permanentes). Ainsi si production animale il y a, elle est très certainement intensive du fait que les aliments du bétail produits sont essentiellement annuels (maïs fourrager, ensilage herbacé, protéagineux fourragers) et ne laisse que peu de place à la mise à l'herbe des cheptels élevés.

La taille moyenne des cheptels est d'ailleurs très différente entre cantons: si elle est comprise entre 20-40 eq.UGB à Aix-en-Othe, Cerisiers ou Villeneuve l'Archevêque, elle est quasiment nulle voire nulle dans les trois autres cantons restants (Figure 5).

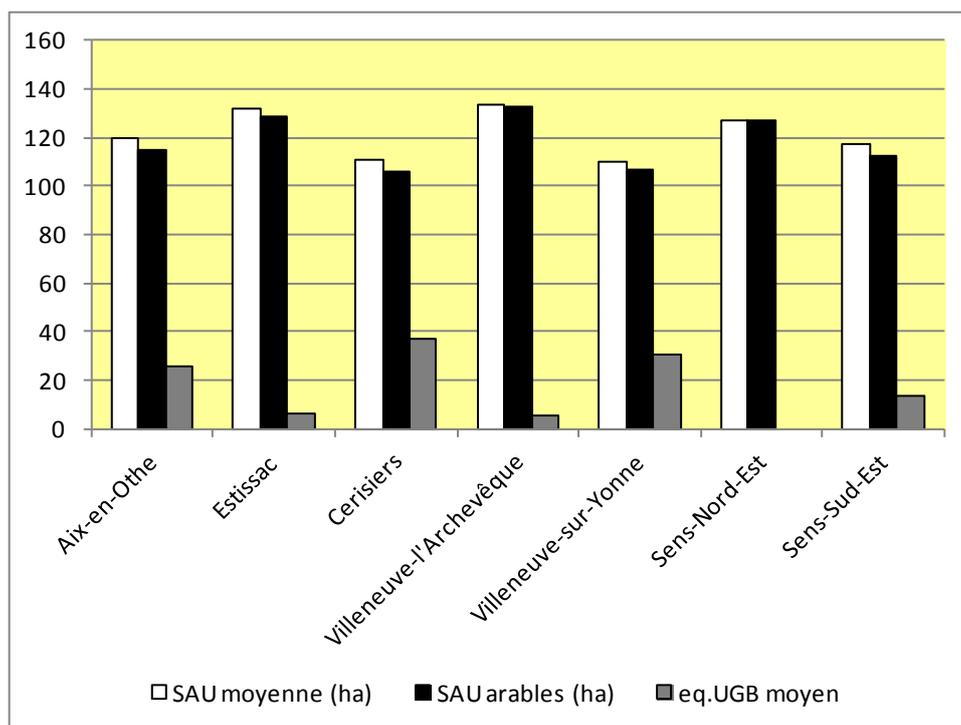


Figure 5 : Répartition cantonale des superficies utiles agricoles et arables moyennes et de la taille moyenne des cheptels (Sources: RGA 2010)

A l'échelle communale, à partir des données disponibles au sein du Recensement Général Agricole (RGA 2010), la simplification des systèmes de culture est vérifiée. Les superficies relatives de chacune des grandes cultures cultivées dans les communes situées dans la zone d'étude¹ est donnée au sein de la figure 6; la somme de ces superficie relative moyenne représentant entre 80 et 90% de la SAU communale totale.

L'assolement est constitué localement de céréales (blé tendre d'hiver - orges de printemps comme d'hiver et du maïs, grain ou fourrager), puis d'oléagineux (colza d'hiver et tournesol) enfin de cultures fourragères (luzerne et ray-grass) et de protéagineux (pois protéagineux essentiellement). D'autres cultures sont bien entendu présentes sur le territoire comme nous le verrons plus loin dans ce document. Cela souvent du fait de filière et marché niche (chanvre fibre, oignons, fleurs...) ou d'aide à la reconversion en agriculture biologique qui appelle à l'allongement des rotations et à l'introduction de cultures diversifiées (seigle, triticale ...). Cependant les surfaces correspondantes restent pour l'heure minimales.

De fait, il est a priori aisé d'imaginer les types de rotation culturale existant sur le territoire. Des rotations biennales (possible à base de maïs grain et de blé tendre) comme triennales (colza-blé-orge), mais aussi certainement des rotations de 4 à 6 ans couplant le colza, le tournesol ou encore le pois protéagineux comme têtes de rotation. Cela n'empêche pas cependant l'existence de rotations plus longues dès lors que des productions fourragères sont introduites dans ces premières rotations : luzerne, ray-grass, prairies temporaires etc.

¹ Il s'agit des communes de : Bérulle, Paisy-Cosdon, Rigny-le-Ferron, Saint-Benoist sur Vanne, Arces-Dilo, Boeurs en Othe, Les Bordes, Cérilly, Coulours, Dixmont, Flacy, Foissy sur Vanne, Fournaudin, Malay le Grand, Malay le Petit, Molinons, Pont sur Vanne, Les Sièges, Theil sur Vanne, Vareilles, Vaudeurs, Vaumort, Villechétive, Villeneuve l'Archevêque, Villeneuve sur Yonne, Villiers-Louis

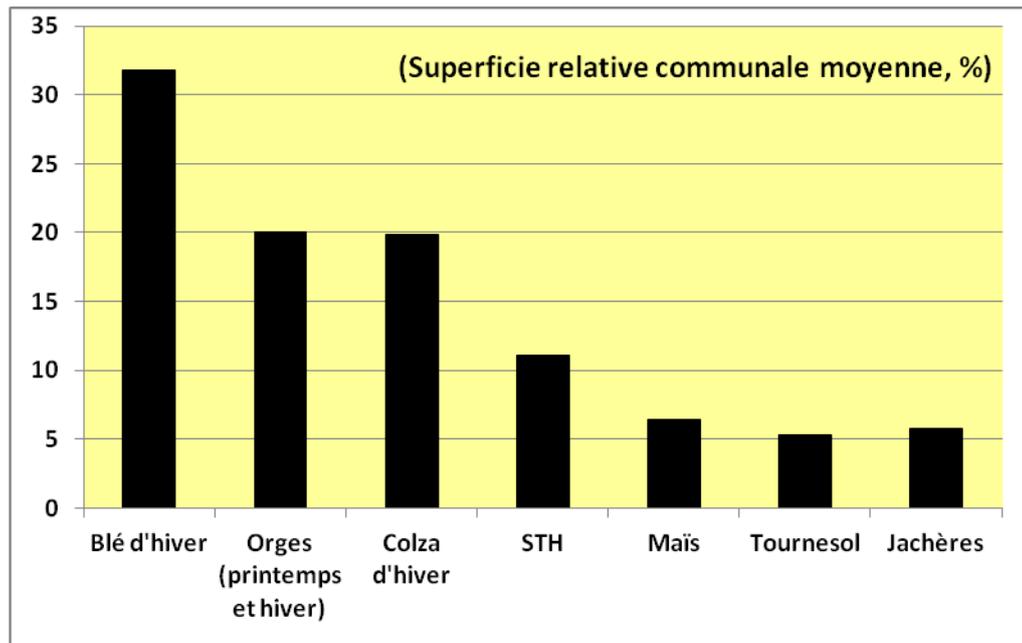


Figure 6 : Superficie relative communale moyenne (%) des soles des principales cultures présentes au sein des communes constituant la zone d'étude (Sources: RGA 2010)

3.2. Conditions pédologiques et potentiels cultureux

Résultant en partie des choix stratégiques et de gestion des exploitations agricoles (temps de travail vs. UTH disponibles, opportunités de marchés, prix de production vs. prix de vente...), le choix des cultures comme des rotations culturales est généralement en premier lieu conséquence du potentiel des sols agricoles dont dispose l'exploitant.

Du fait de sols argilo-calcaires séchant et pierreux plus présents dans l'Yonne que dans l'Aube, les rendements départementaux moyens y sont généralement plus faibles. A titre d'exemple, le rendement moyen du blé en Bourgogne est de l'ordre de 65 q.ha⁻¹ alors qu'il est de 79 q.ha⁻¹ en Champagne Ardenne (son maximum étant de 82 q.ha⁻¹ en Picardie) (AGRESTE, 2006). Pour les diverses cultures majeures présentes sur le territoire (Figure 7), les rendements moyens départementaux respectent une fois encore cette tendance : ainsi, les rendements moyens sont-ils plus faibles dans l'Yonne que dans l'Aube. Cette diminution du potentiel est généralement de l'ordre de 10%, mais elle peut atteindre 25% dans le cas de l'orge. On notera cependant la tendance inverse en ce qui concerne la productivité des prairies temporaires pour lesquelles les sols argilo-calcaires peuvent être un avantage pour les espèces fourragères composant ces prairies temporaires (c'est le cas pour la luzerne ou le trèfle violet).

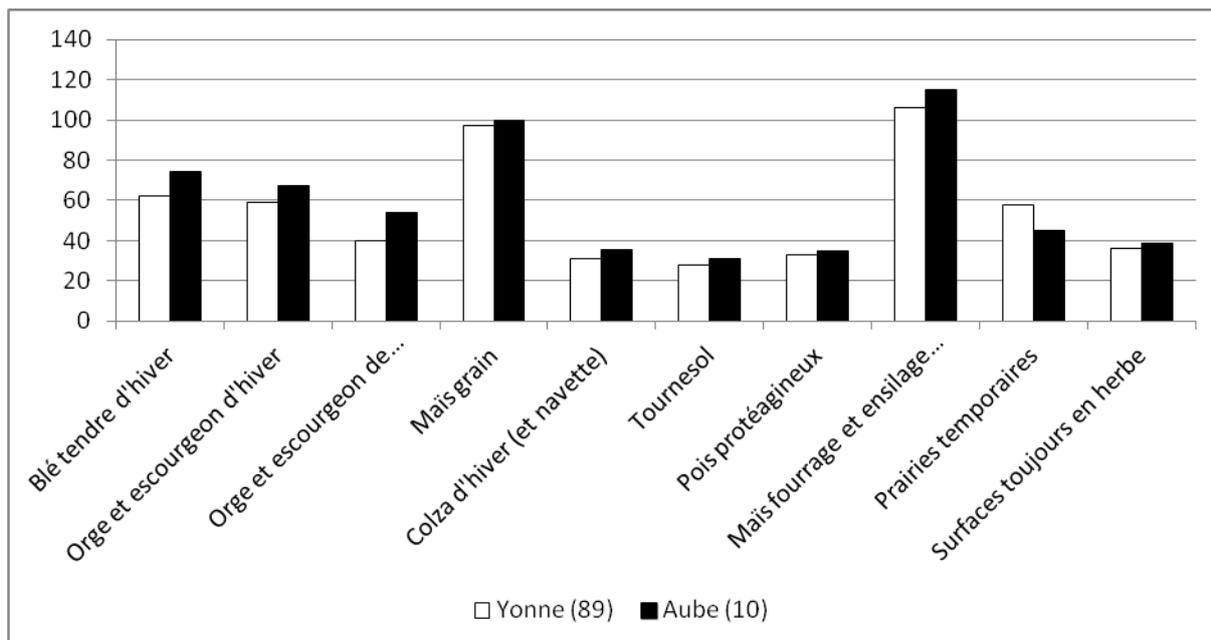
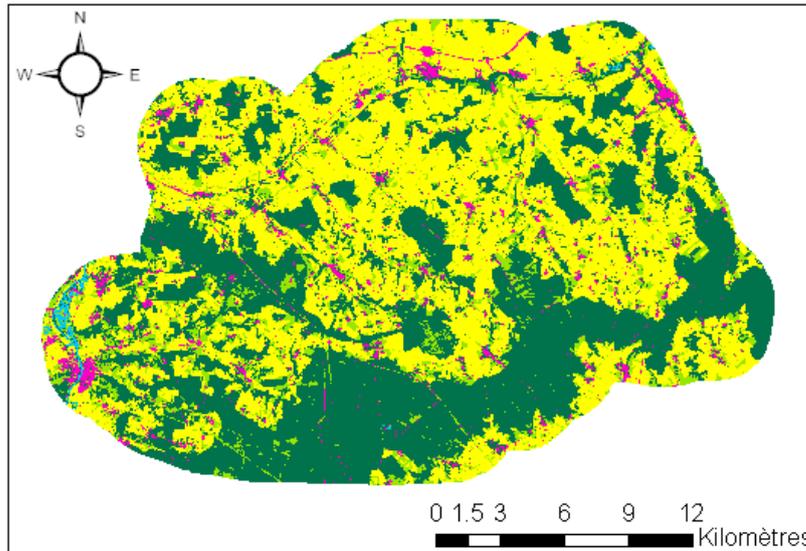


Figure 7 : Superficie relative communale moyenne (%) des soles des principales cultures présentes au sein des communes constituant la zone d'étude (Sources: RGA 2010)

Cet écart départemental avéré pourrait ne plus être valable à l'échelle de notre zone d'étude. D'abord parce que la zone d'étude est vaste (pour rappel, 690 km²) et très diversifiée en termes de géomorphologie comme d'occupation des sols. Ensuite, parce qu'au sein de la zone il existe, du fait d'une vallée alluviale empruntée par la rivière Vannes, un continuum pédologique relativement constant de Troyes vers Sens caractérisé par des sols alluviaux tourbeux. Enfin, toute la zone présente une géomorphologie constante selon un axe Sud-Nord, partant de plateaux argilo-limoneux boisés au sud-est vers des plaines limono-argileuses à argilo-tourbeuses vers le nord-ouest (Figure 8). En conséquence de quoi, certaines zones sénonaises pourraient être tout autant voire plus productives que des zones auboises. L'ensemble de ces gradients (altimétrique, pédologique, d'occupation des sols...) donne à la zone d'étude des caractéristiques pédologiques bien particulières et indépendantes de l'appartenance ou non à une entité administrative tel le département. Ainsi, les potentiels cultureux pourront être très variables selon les gradients observés ; ils devraient être proche des rendements départementaux observés mais sans doute très variables selon que l'on se situera sur les "hauts" plateaux et en fond de vallée, ou sur les coteaux. Il est même probable que certaines cultures aux besoins pédoclimatiques particuliers soient agrotechniquement cantonnées sur certains des types de sols.

Carte d'occupation des sols et Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la zone d'étude AAC + 3000m

Sources : IGN BD ALTI, IGN BD ORTHO, 2009-10
Système de coordonnées: RGF93 - Lambert 93



Légende

Occupations des sols

- Milieux arborés
- Milieux herbacés
- Milieux anthropisés
- Milieux agricoles
- Milieux aquatiques

— Tronçons hydrographiques

AAC combinées + 3000m

DEPARTEMENT

Altitude

Elevée : 630

Faible : 46

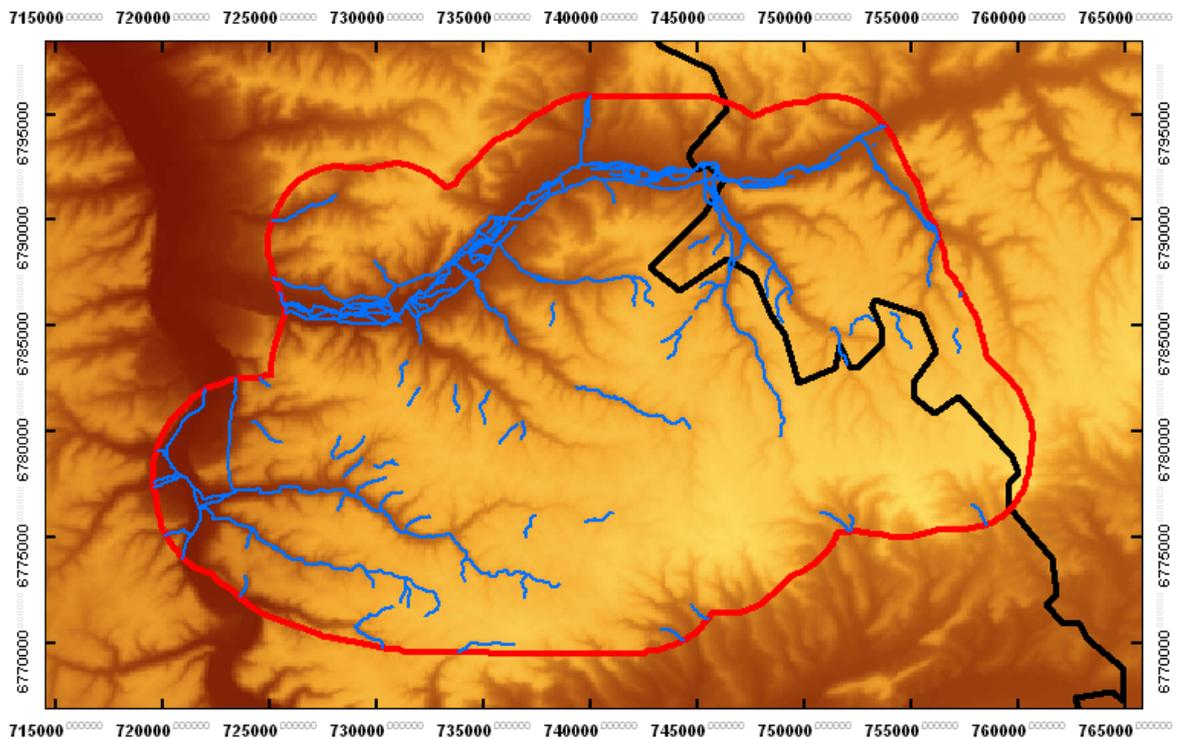


Figure 8 : Cartographie de l'occupation des sols et modèle numérique de terrain au sein de la zone d'étude dite "AAC + 3000m" (Sources: IGN BD-ALTI et IGN BD-ORTHO, 2009 et 2010)

 AAC combinées + 3000m

 DEPARTEMENT

Carte des sols - Yonne

-  A
-  ALO-T
-  LA
-  LL
-  LS

Carte des sols - Aube

- 
-  AL
-  HOMME
-  LA
-  LM
-  LSA
-  SL
-  T

Cartes pédologiques disponibles
sur la zone d'étude
(Pour l'Yonne au 1/200000,
pour l'Aube au 1/25000)



Sources : CA Aube - 2012 - ESDB, 2010
Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

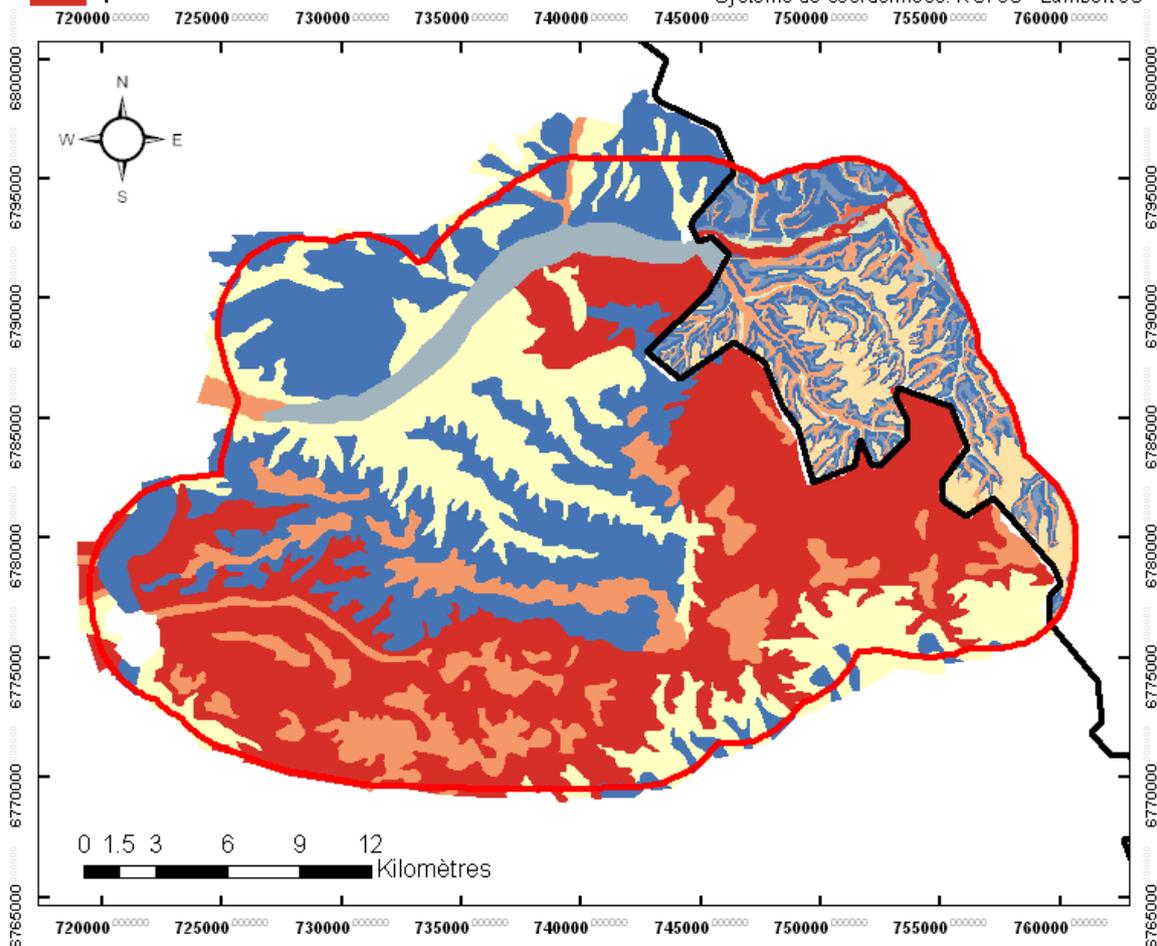


Figure 9 : Cartes des sols disponibles pour la zone d'étude AAC + 3000m (Sources: Chambre d'Agriculture de l'Aube et ESDB – European Soil DataBase pour l'Yonne)

Malheureusement à ce stade il est impossible de connaître ou d'estimer le potentiel de productivité des cultures majoritaires de la zone. En effet, sans carte des sols et/ou carte d'assolement global précis et sans données statistiques locales, nous sommes dans l'incapacité d'envisager la variabilité spatiale des rendements cultureux.

Hormis les statistiques départementales en matière de rendement, aucun autre résultat n'est disponible à des échelles plus grandes (au canton, à la commune...). D'autre part, concernant le potentiel pédologique des sols, les seules données disponibles existant à ce jour, et concernant les sols agricoles sont :

- La base de données pédologique des sols de l'Aube ; cette base de données ne concerne donc pas plus d'1/5^{ème} du territoire d'étude (AAC + 3000m) et seulement les sols situés à l'est de la zone; elle est la propriété de la Chambre d'Agriculture de l'Aube
- Les différentes cartes pédologiques ou pédo-paysagiques référencées au sein de la base de données Réfersols de l'INRA (telle la carte de l'étude N°1733 des sols du Senonais - Voillot et Say, DDE Yonne) qui ne coïncident généralement pas à l'emprise de notre zone d'étude et ne sont pas couramment disponibles en version numérique
- Les données sols et plus particulièrement texture de surface à l'échelle 1/200000^{ème} disponible au sein de l'European Soil Database ou auprès du groupement GISSOL de l'INRA Orléans

Les cartes pédologiques, et plus particulièrement des textures de surfaces majoritaires sont présentées au sein de la figure 9. En l'état, la différence de précision des deux cartes disponibles ne permet pas d'envisager une différenciation localisée du potentiel de productivité et donc des itinéraires agrotechniques conduits pour chacune des cultures de rente locales. Disposer d'une carte des sols à l'échelle la plus fine (1/25000^{ème}) telle celle de l'Aube serait un avantage certain pour l'évaluation de la vulnérabilité des sols agricoles comme de l'estimation du potentiel de rendement.

A partir des données moyennées à l'échelle du canton disponibles au sein de la base de données BDAT de l'INRA Orléans (données publiées les plus précises et seules données disponibles hors convention INRA), les sols agricoles locaux apparaissent être majoritairement des sols limonoargileux ou argilo-limoneux (Tableau x).

Tableau 1 : Cartes des sols disponibles pour la zone d'étude AAC + 3000m (Sources: Chambre d'Agriculture de l'Aube et ESDB – European Soil DataBase pour l'Yonne)

Dpt.	Cantons	Texture GEPPA		ph eau	Carbone organique, oxydation humique (%)
		principale	secondaire		
Yonne	CERISIERS	L	AL	7,70	1,10
Yonne	SENS-NORD-EST	AL	L	7,60	1,04
Yonne	SENS-SUD-EST	AL	A	7,79	1,30
Yonne	VILLENEUVE-L'ARCHEVEQUE	AL	L	7,90	1,30
Yonne	VILLENEUVE-SUR-YONNE	L	AL	7,40	0,95
Aube	AIX-EN-OTHE	AL	A	8,04	1,33
Aube	ESTISSAC	AL	A	8,10	1,57

Les sols moyens décrits par cette table apparaissent être des Limons argileux (LA) ou des argiles limoneux (AL); ces sols sont généralement neutres à légèrement basiques et ne présentent pas de teneur en matière organique importante. Ces informations démontrent d'elles-mêmes l'inadéquation de ce genre de données avec les objectifs de diagnostic territorial à l'échelle de la parcelle agricole. Nous en voulons pour preuve qu'aucun sol de type "tourbeux" pour lesquels la teneur en matière organique peut parfois atteindre 30% n'apparaissent pas ici; alors qu'ils sont observés sur certaines parcelles agricoles pour lesquelles des analyses de sol ont été conduites et nous ont été partagées.

En complément, un regard sur les cartes pédologiques disponibles confirme l'omniprésence des sols de texture LA et AL, et permet de mieux les positionner au sein de la zone. Les sols limoneux (L/LL) sont essentiellement situés sur les plateaux amont de la vallée de la Vanne; ils sont généralement recouverts de massifs forestiers; cependant une part non négligeable de ces sols limoneux est cultivée. Du fait du relief plongeant de ces plateaux vers la Vanne (axe Sud-est vers Nord ouest), les alluvions limoneux ont temporellement été déplacés vers la Vanne (mais aussi vers l'Yonne), libérant des sols à dominance argilo-limoneuse (AL), voire argile à silex et argile sur craie (A) le long des coteaux. Ces alluvions limoneuses ont été déposées plus en contrebas, sur les replats bordant la Vanne, conférant à cette zone une texture majoritaire du type limono-argileuse (LA). Enfin, même si non précisé au sein de la base de donnée cantonale INRA (BDAT), des sols limono-tourbeux voire limono-sablo-tourbeux sont nombreux et composent le lit majeur de la Vanne (et de l'Yonne). Malgré cette diversité visible, la majeure partie des sols agricoles présents sur la zone restent-ils du type LA ou AL.

Aux vues des données recensées et disponibles, il semble difficile d'imaginer procéder à un diagnostic des vulnérabilités à partir de ces seules données statistiques sans disposer d'une carte pédologique plus précise, et ce sur l'ensemble du territoire d'étude et plus particulièrement pour l'Yonne dont on ne dispose ce jour que de données très générales (1/200000^{ème}).

4. Etat de la ressource eau

Dans l'ensemble, les différents captages contribuant à la capacité de production en eau sur le territoire d'étude de la Vanne présentent, qu'il s'agisse de l'AAC des Sources Hautes, de l'AAC des Sources Basses ou de l'AAC de Cochepies, de nombreuses similarités en matière de pressions exercées sur la qualité de l'eau (Zakeossian, 2009).

- Concernant la teneur en nitrate, au sein des 3 AAC, cette dernière a progressivement augmenté depuis les années 70, passant d'environ 15 mg.l⁻¹ à 35-40 mg.l⁻¹ dans les années 2000 pour l'AAC des Sources Hautes, de 20 à 45 mg.l⁻¹ pour les Sources Basses et de 15 à 25 mg.l⁻¹ pour l'AAC de Cochepies. A partir de 2001-2002, pour l'ensemble des sources et captages des trois AAC, on observe une stagnation voire une décroissance de la teneur en nitrate des eaux captées; elle était de l'ordre de 30, 40 et 25 mg.l⁻¹ en 2006 pour Sources Hautes, Sources Basses et Cochepies respectivement. Il est à noter que pour chacun des sources et captages des trois AAC, les teneurs observées en nitrate étaient en deçà de la limite administrative de 50 mg.l⁻¹ en 2006.
- La seconde source de contamination des eaux captées sur le territoire de la Vanne concerne les molécules phytosanitaires et plus particulièrement les herbicides.

Parmi ces herbicides, l'atrazine et la déséthylatrazine ont été communément détectées jusqu'en 2006 et ont ponctuellement présenté des dépassements au seuil administratif fixé de 0.1µg.l⁻¹ (valeur seuil confirmée par le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001). Il est important ici de souligner que cette substance active n'est pas autorisée dans la composition de préparations bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché et que son interdiction a été décidée en 2001, les dates limites de distribution et d'utilisation ont été fixées respectivement au 30 septembre 2002 et au 30 septembre 2003. Bien qu'en constante diminution depuis 2002, elles sont encore aujourd'hui régulièrement détectées mais à des concentrations inférieures à la limite de potabilité (concentrations de l'ordre de 0.05µg.l⁻¹ en 2006). Ces détectations sont communes sur de nombreux captages et sources du territoire d'étude et peu de captage en sont exempts; les captages les plus touchés par des contaminations "fugaces" sont généralement les captages à influence karstique marquée.

Cet état de fait est aussi vrai pour une seconde classe d'herbicides qui aujourd'hui bénéficient d'une autorisation de mise sur le marché (AMM) tels l'isoproturon, le chlortoluron ou encore le glyphosate et l'aminotriazole. D'autres substances telles le diuron (il ne dispose plus d'AMM en 2013) sont détectées mais moins fréquemment. Ces différentes molécules sont généralement utilisées pour le désherbage en végétation sur céréales d'hiver (isoproturon, chlortoluron), avant ou post-semis sur céréales et maïs (aminotriazole) voire aussi en forêt (glyphosate). Ils sont de fait préférentiellement appliqués à l'automne sur culture d'hiver comme en prévision de l'implantation de culture de printemps (maïs) et les détectations observées au-delà du seuil de 0.1µg.l⁻¹ sont généralement faites entre octobre et mars, période pouvant coïncider (sans lien effectif prouvé) avec les périodes pluvieuses hivernales participant le plus à la recharge de la nappe.

- Enfin, la troisième source de dégradation potentielle de la qualité des eaux captées sur le territoire de la Vanne concerne les matières en suspension (MES) retrouvées aux points de captage. Si le seuil de turbidité maximal accepté est de 1 NFU (Formazine Nephelometric Unit), la turbidité mesurée au sein des AAC et de leurs captages

respectifs est globalement inférieure à ce seuil, de l'ordre de 0.2, 0.4 et 0.7 NFU pour les Sources Hautes, Basses et de Cochepies respectivement. Cependant, l'origine de cette turbidité varie selon l'AAC concernée. Si elle est la conséquence d'épisode ruisselant et de remontée de nappe sur l'AAC des Sources Hautes, elle est presque exclusivement une conséquence du ruissellement pour l'AAC de Cochepies comme démontré par la forte corrélation existant entre pluviométrie cumulée sur quelques jours et turbidité des sources de Cochepies. Pour cette dernière, les pics de dépassement sont relativement plus nombreux, démontrant d'une sensibilité à la pollution par ruissellement plus importante par rapport aux deux autres AAC.

Cet état des pressions s'exerçant sur les eaux captées, même si limité à la période 1970-2006, avec une détection accrue depuis 2002 et des valeurs disponibles jusqu'en 2006, est très informatif. Il renseigne sur la nature des processus potentiellement à l'origine des pollutions des eaux captées : le ruissellement et l'infiltration des eaux de pluies via le réseau de fracturation karstique. Il suggère un lien possible entre pratiques culturales (choix des cultures, des stratégies de désherbage et de fertilisation azotée, dates d'application voire doses) et détections fugaces au-delà des seuils autorisés. Il invite à s'interroger en outre sur l'impact qu'une prédominance de cultures céréalières d'hiver pourrait avoir sur la qualité des eaux de surface puis souterraines. Identifier spatialement la répartition des cultures et des rotations, devenant alors une des clefs pour un diagnostic précis et réaliste des pressions qui s'exercent sur la ressource.

III. OBJECTIFS EXPERIMENTAUX ET METHODOLOGIE GENERALE PROPOSEE

A la vue de l'analyse contextuelle réalisée ci-avant, il apparaît clairement que pour imaginer maîtriser les risques de pollution diffuse d'origine agricole il est nécessaire de :

- a). diagnostiquer la vulnérabilité des sols agricoles à l'échelle du territoire d'étude mais aussi aux échelles plus grandes de l'exploitation, de la parcelle agricole
- b). diagnostiquer les stratégies de production et de conduite des cultures au sein du territoire, auprès des exploitants agricoles
- c). d'identifier les zones, les parcelles pour lesquelles vulnérabilité des sols agricoles (et donc des nappes) rencontrerait des pressions importantes pour finalement
- d). localiser les sites d'intervention prioritaires pour l'implantation de systèmes agroforestiers **efficaces** (vis-à-vis de la nature comme des sources potentielles de polluants agricoles), **adaptées** aux systèmes d'exploitation comme à la conformation des parcelles à aménager, **acceptés** des agriculteurs.

L'ensemble de ces tâches sont propres à la phase 2 du marché public émis par Eau de Paris. Les objectifs de cette phase 2 étant de conduire (i) *une analyse spatiale de la vulnérabilité du territoire d'étude, tant en terme de propension au ruissellement, à l'érosion, à l'infiltration* que (ii) *de diagnostiquer les pratiques et stratégies de production agricoles des exploitants du territoire, leur niveau de connaissance et d'acceptabilité de l'agroforesterie comme leur volonté première de participer au projet expérimental d'implantation de systèmes agroforestiers* à des fins de maîtrise des risques agricoles sur les eaux captées de la zone. Ces deux principaux objectifs nécessitent de faire appel à diverses méthodologies, méthodologies qui vous sont présentées dans cette partie du document de synthèse.

1. Algorithme global de l'analyse territoriale des vulnérabilités

Pour l'ensemble de la zone d'étude, l'analyse territoriale des vulnérabilités à l'échelle de la parcelle agricole porte sur :

- La vulnérabilité à l'érosion des sols agricoles ; l'érosion des sols étant le facteur principal à l'origine des coulées de boues et donc du déversement de matières en suspension dans les eaux de surface et souterraines via le réseau karstique existant; elle est à l'origine entre autres du colmatage des cours d'eau et de la turbidité des eaux captées
- La vulnérabilité au ruissellement des sols agricoles ; du fait de certaines pratiques culturales mais aussi de la conformation topographique des milieux, les eaux de pluie peuvent avoir une propension à ruisseler en surface ou de manière hypodermique, charriant de manière plus ou moins concentrée matériaux du sol, fertilisants et molécules phytosanitaires vers les cours d'eau et/ou les nappes phréatiques
- Du fait de l'existence de réseau karstique sur la zone d'étude, des zones d'infiltration préférentielle des eaux de surface ruisselantes (et des matériaux qu'elles transportent) peuvent exister et sont à prendre en compte pour déterminer de la vulnérabilité à l'infiltration rapide via le karst (bétoires, effondrements...) ou via les vallées sèches des polluants vers les eaux captées
- Parce que l'implantation envisagée d'éléments topographiques tels les arbres, haies ... (des systèmes agroforestiers) contribue à recréer des espaces non cultivés dans ou autour des parcelles agricoles. Ils peuvent alors correspondre alors à autant d'habitats soumis à moins de pression et donc à des éléments potentiellement structurant et connectant des corridors écologiques du territoire. L'analyse des besoins en connectivité écologique (donc de la vulnérabilité écologique) a été entreprise lors de cette étude.

Chacune de ces quatre vulnérabilités sont envisagées sur l'emprise totale de la zone, c'est-à-dire sur l'emprise "AAC + 3000 m", à l'échelle de la parcelle agricole de sorte d'identifier en tous points du territoire, les zones vulnérables pour lesquelles des pressions agricoles importantes signifieraient un besoin d'aménagement agroforestier (intra- et/ou inter-) parcellaire. Parce qu'il existe une grande gamme de systèmes agroforestiers envisageables (haies basses, haies hautes, intraparcellaire ou interparcellaire, alignements d'arbres, systèmes bocagers, fascine vivantes, à culture intercalaire ...) et que chaque système agroforestier véhicule ses propres contraintes en termes de superficie minimale parcellaire, conformation parcellaire, restrictions administratives (choix des essences arborées, densités d'implantation, distance d'implantation, servitudes parcellaires éventuelles...) un cinquième critère de priorisation des parcelles agricoles à aménager a été retenu; il a trait à la conformation des parcelles et prend en compte leur forme, superficie, distance aux installations, l'éventuelle présence de servitudes, etc. Pour chacune des parcelles agricoles, il fera l'objet d'une analyse de la conformation et des servitudes.

Conformément à l'offre faite en réponse au marché publique, toutes les actions analytiques sont entreprises de sorte de (i) favoriser la génération de l'information et des données à l'échelle de la parcelle agricole pour (ii) entreprendre par la suite l'agrégation de l'information à des échelles plus petites (i.e. vers des entités surfaciques plus importantes).

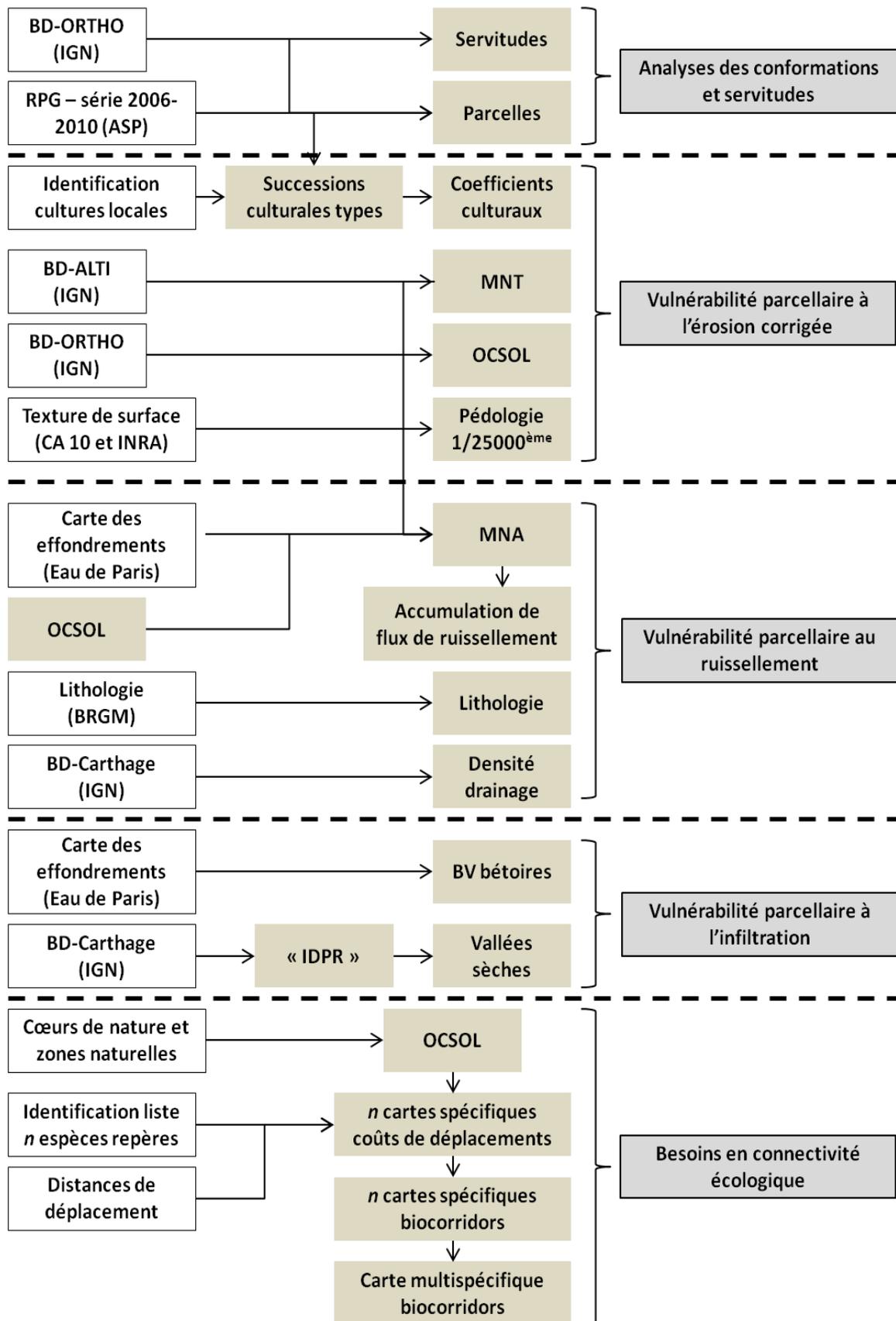


Figure 10 : Algorithmes méthodologiques génériques de l'analyse de chacun des besoins et vulnérabilités considérés lors du diagnostic territorial

Chacune des vulnérabilités citées ci-avant ont fait l'objet d'un rapport technique délivré à eau de Paris en Décembre 2012; rapport clôturant à proprement parlé la "période de terrain" de la phase 2 du marché. Cependant l'intégration de chacune des vulnérabilités et des besoins" résultant de ce travail de terrain n'avait pas encore été entreprise; elle est l'objet de ce document de synthèse qui clôture la phase 2 du projet sur les AAC de la Vanne.

Cependant, pour chacune des méthodologies dédiées à l'estimation des vulnérabilités et besoin, les grandes phases de génération des résultats sont reprises de sorte que le lecteur puisse en saisir la nature et les moyens, et, quand nécessaires, des compléments méthodologiques et informationnels sont proposés. Enfin, chacun des résultats intermédiaires générés est clairement identifié de sorte de faciliter aux commanditaires et à ces partenaires, la gestion et l'archivage ex-post des données générées.

L'algorithme de l'analyse globale des vulnérabilités est synthétisé et présenté au sein de la figure 10.

Au sein des diverses méthodes employées lors du diagnostic territorial des vulnérabilités et besoin, quatre éléments (couches d'information spatiale) sont relativement récurrentes et communes à plusieurs des méthodes employées: utilisées très souvent, (i) la carte de la **répartition spatiotemporelle des cultures**, (ii) **le fichier des parcelles arables**, (iii) **la carte d'occupation des sols** et (iv) **la carte des textures des sols au 1/25000^{ème}** sont primordiales à la bonne conduite du diagnostic territorial. Les générer à dans un premier temps accaparer l'essentiel des efforts consentis au cours du premier mois de la "période de terrain". La génération de ces données est rappelée ci après.

2. Génération de la répartition spatiotemporelle des cultures i.e. rotations culturales types

L'information de départ est issue des données du Registre Parcellaire Graphique (RPG) ; elles ont été acquises auprès de l'Agence des Services et Paiement (ASP), organisme d'état coordonnant les déclarations agricoles annuelles faites par les agriculteurs (Telepac©) et les demandes administratives inhérentes de subventions agricoles. Le RPG est la base de données rassemblant l'information agricole à l'échelle des unités déclaratives en vigueur en France : les îlots agricoles (ou Farmers' blocks). Il constitue l'une des composantes principales du système français d'identification des parcelles agricoles (ou Land Parcel Identification System, LPIS) instauré au sein du Système Intégré de contrôle et de gestion des aides PAC (ou IACS, Integrated Administration and Control System, Commission Regulation (EC) No796/2004). Si partout en Europe, l'unité déclarative correspond à "*une surface continue de terres sur laquelle un seul groupe de cultures est cultivé par un même agriculteur*", différentes unités cohabitent cependant en Europe : l'îlot physique (physical block), la parcelle cadastrale (cadastral parcel) ou encore la parcelle agricole (agricultural parcel) et l'îlot agricole (farmer block) (Milenov and Kay, 2006). La France par soucis de simplicité, a retenu le principe de l'îlot agricole plus stable dans le temps et ne nécessitant pas une remise à jour continue comme dans le cas des systèmes cadastraux ou parcellaires ; l'îlot PAC est l'unité spatiale de référence utilisée pour déclaration et demande de subventions agricole en France.

Ainsi, au sein du RPG, une couche spatiale (type polygone) de données différencie-t-elle chaque îlot agricole existant et déclaré sur le territoire national. En complément, des fichiers anonymisés permettent de relier un propriétaire et son exploitation à chacun de ses propres îlots, mais aussi à chaque groupe de cultures cultivé une année donnée sur un îlot donné.

D'autres informations tel le caractère irrigué ou non d'un îlot, la classe d'âge de l'exploitant ... sont aussi disponibles.

Ces données sont constituées annuellement sur la base des déclarations faites par les agriculteurs; elles étaient lors de notre étude disponibles depuis l'année culturale 2005-2006 et jusqu'à l'année culturale 2009-2010 incluses (soient 5 années culturales successives par îlot). Au cours du projet, ces données ont été acquises auprès de l'ASP dans le respect de la procédure de conventionnement ASP et ont donné lieu à un droit d'utilisation signée en date du 12/07/2012.

Cependant, en tant qu'unité informationnelle, l'îlot agricole n'est pas sans poser problèmes. En effet, un îlot peut héberger plusieurs cultures et une certaine proportion de la surface de l'îlot est alors dédiée à chacune des cultures qu'il contient. En général un îlot accueille une culture par an; cependant, dès qu'un îlot atteint une taille critique il est souvent subdivisé en plusieurs parcelles assolées en cultures différentes de sorte de permettre à l'agriculteur une gestion spatialisée de ses rotations sur son exploitation. Il n'est donc pas rare d'observer 2, 3 voire n différentes cultures sur un îlot une année donnée. Dans le cas où plus d'une culture est présente, il devient alors impossible de savoir où (spatialement), au sein de l'îlot, chaque culture a été implantée. Par contre, la surface dédiée à chaque culture au sein de l'îlot est connue.

Autre limite informationnelle propre au RPG, si pour un îlot donné, on connaît le nombre de cultures présentes une année culturale donnée, l'identité exacte de chaque culture (i.e. l'espèce cultivée) est imprécise. En effet, les espèces cultivées, pour certaines sont regroupées au sein de "groupes" de cultures tels "cultures industrielles, autres plantes à fibre etc". En conséquence de quoi, sans recensement terrain des cultures réellement cultivées sur une zone, il est difficile et parfois impossible de correctement identifier la succession culturale au sein de chaque îlot.

Pour palier ces limites, deux actions ont été conduites lors de l'étude :

- Auprès des agents et conseillers agricoles du territoire (chambres d'agriculture), l'identification et le recensement des principales espèces cultivées correspondant aux groupes de culture déclarés au sein du RPG. Pour cela 5 ingénieurs conseils ont été contactés et 3 parmi ceux-ci ont répondu au questionnaire d'identification des cultures pouvant correspondre aux groupes de cultures du RPG. Les réponses sont synthétisées au sein de l'annexe A de cette synthèse. Pour plusieurs groupes RPG de cultures, la nomenclature RPG suffit à elle-même (exemple : groupe "blé tendre", "colza"...) alors que d'autres sont équivoques (exemples : "orge", "gels industriels", plantes à fibres", "autres gels"...). Il a donc été demandé à ces experts d'indiquer ce qu'ils considèrent être les cultures réelles pouvant composer ces groupes RPG ambigus. Après réception de leurs avis et rendez-vous téléphonique avec eux, un avis unanime et consensuel a été arrêté pour ces derniers. Une liste finale des plantes cultivées déterminée à partir de l'expérience de conseil mais aussi de la fréquence d'assolement des cultures candidates a été décidée. Ainsi, le groupe "Autres céréales" est désormais considéré comme "Triticale"; le "gel industriel" équivaut à colza (industriel).
- La deuxième chose a été de vérifier les proportions d'îlots contenant 1, 2, ... n cultures annuellement. Pour cela, à l'intérieur du fichier "cultures" du RPG pour lequel chaque îlot PAC se voit concéder une ligne par culture qu'il héberge annuellement (le code RPG du groupe de culture correspondant et la surface de ce groupe de culture sont indiqués). Il

devient alors aisé de recréer par îlot déclaré, une et une seule ligne contenant autant de colonnes que de groupes de culture que cet îlot contient (code du groupe de culture 1, 2 ... n, surface du groupe de culture 1, 2 ... n); cette procédure dite de "splitting /stacking" est conduite sous le logiciel Jump (JMP 8.0, the SAS Institute) qui dispose de toutes les facilités statistiques et de gestion des bases de données voulues. Elle est illustrée dans la figure ci-dessous (figure 11). Il est à noter qu'avant cette procédure, une colonne valeur est ajoutée et chaque ligne correspondante se voit attribuée de la valeur "1" de sorte de pouvoir sommer par îlot cette valeur unique et donc d'obtenir le nombre de groupes de culture qui étaient cultivés dans un îlot donné, une année donnée. Cette valeur préfigure donc du nombre de cultures i.e. parcelles que contient un îlot.

On gardera en tête que parce que la colonne "somme des valeurs" indique le nombre de parcelles présentes au sein d'un îlot pour une année donnée, elle préfigure donc du nombre de parcelles qui devront être observées à partir des orthophotoplans (BD-ORTHO, IGN) puis tracées (vectorisées) au sein d'un îlot pour disposer d'une couche vectorielle des parcelles agricoles sur la zone d'étude correspondant aux données du RPG.

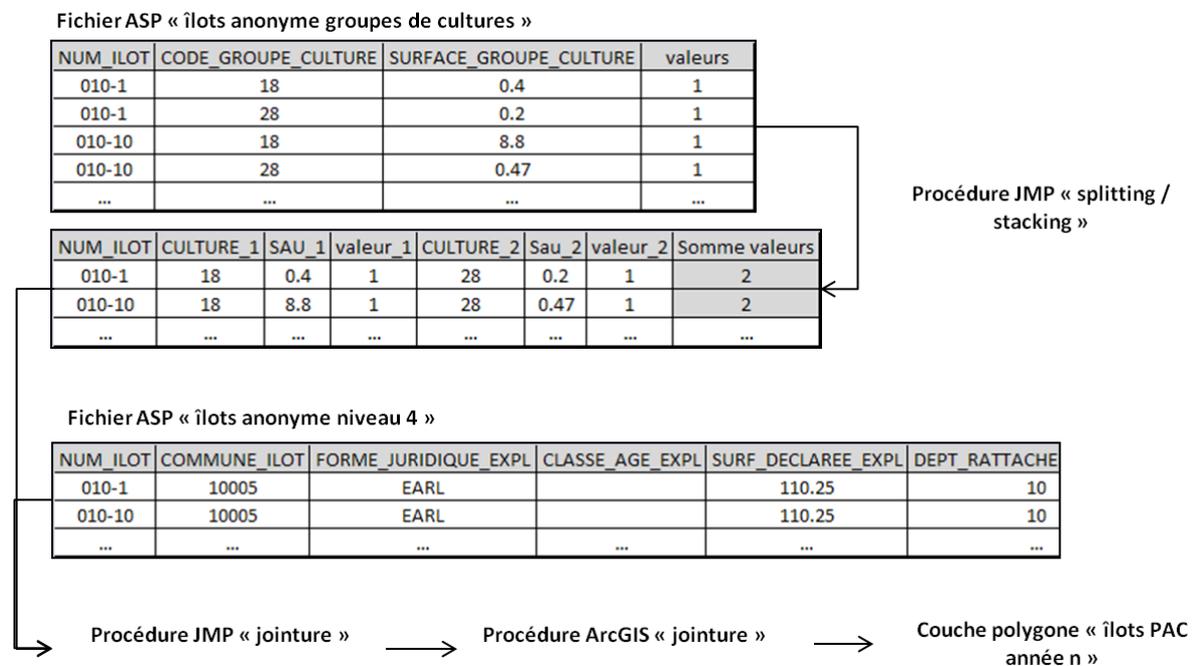


Figure 11 : Méthodologie de constitution des couches annuelles "îlots PAC"

Le fichier ainsi constitué est alors joint (sous JMP, procédure "jointure" sur l'identifiant de l'îlot) et les informations correspondant à l'exploitation (N° INSEE de la commune, forme juridique de l'exploitation, classe d'âge de l'exploitant, N° d'identifiant de l'exploitant...) sont alors reliées à chaque îlot PAC. Puis ce fichier rassemblant toutes les informations culturelles et exploitation est relié sous ArcGIS (procédure "jointure tables attributaires" selon l'identifiant "îlot") à chacun des polygones ASP correspondant. On obtient alors, pour chaque année, une couche spatialisée et géolocalisée contenant les informations culturelles, exploitation et exploitant de chaque îlot PAC. Ces couches annuelles sont par la suite assemblées entre elles, spatialement, pour observer au sein de chaque îlot, la (les) succession(s) culturelle(s) décidée(s) par l'exploitant à qui il appartient (ou à qui il est confié).

Concernant ces couches annuelles, le nombre moyen de groupes RPG de culture déclaré par îlot agricole est très stable au cours du temps (Tableau 2). On s'aperçoit que près des trois quarts des îlots ne contiennent qu'un groupe RPG de cultures et que moins de 7% en contiennent 3 et plus. Ainsi, pour au moins 73% des îlots, les groupes de cultures indiqués sont uniques et pourraient permettre de disposer (après procédure de jointure spatiale au sein d'ArcGIS des différents fichiers annuels) des successions culturelles réelles à l'îlot. Cependant cela n'est vrai que si chaque îlot identifié en 2005-06 comme n'accueillant qu'un seul groupe de culture RPG est invariablement géré comme tel au fil des ans. Or, lorsque l'on sélectionne les seules parcelles dont la somme du nombre annuel de groupe de culture est au maximum de 5 (car 5 années culturelles ASP acquises), seulement 4160 îlots (sur les 7318 disponibles en 2010) ne présentent que 5 groupes cultureux se succédant sur 5 années consécutives ; cela indique que seulement 57% des îlots PAC de la zone accueillent invariablement un et un seul groupe de culture chaque année.

Tableau 2 : Nombres annuels du nombre de groupes de culture RPG déclarés par îlot et pourcentages moyens pluriannuels

Nombre de cultures / îlot	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	Moyenne (%)	Ecartype (%)
1	5520	5453	5489	5550	5443	72.82	1.02
2	1596	1621	1590	1689	1459	21.08	0.91
3	343	354	356	140	329	4.53	1.09
4	78	89	71	28	61	0.94	0.27
5	24	26	25	9	16	0.32	0.08
6 et +	19	16	11	3	10	0.15	0.07

Ce sous-échantillon contient des îlots dont la surface médiane est de l'ordre de 1.5 ha (quartile $_{25\%}$ = 0.4ha, quartile $_{75\%}$ = 3.8ha et l'îlot dont la SAU est la plus importante = 45.2ha) alors que considéré dans sa globalité les 7318 îlots PAC de 2009-10 présentent une surface médiane de l'ordre de 1.8 ha (quartile $_{25\%}$ = 0.4ha, quartile $_{75\%}$ = 4.9ha et l'îlot dont la SAU est la plus importante = 129.2ha) (résultats non montrés). Ces distributions soulignent que ce sont bien évidemment les parcelles les plus grandes qui contiennent 2 et plus groupes de cultures RPG. Cependant la gamme de superficie des îlots n'accueillant invariablement qu'un groupe de culture RPG est suffisamment large pour nous permettre une utilisation très particulière des successions observées. En parallèle, les données 2009-10 suggèrent que 9682 parcelles devraient exister au sein RPG et devraient être identifiées à partir des orthophotoplans.

A partir des cinq successives couches spatiales obtenues, jointes au sein d'ArcGIS, et en ne tenant compte que des 4160 îlots accueillant un seul groupe de culture RPG annuellement et sur 5 ans, les "suites" culturelles ont été générées. On entend par "suite" culturelle, la succession chronologique des cultures identifiées par les experts et conseillers agricoles locaux (voire Annexe A, dernière colonne) comme étant les cultures les plus fréquentes au sein des groupes catégoriels existant au sein des bases de données ASP et joints. Pour illustration, si pour un îlot PAC donné, au cours des 5 années étudiées, la suite culturelle observée est "Maïs grain et ensilage – autres céréales – orge – autres oléagineux – blé tendre" (dénomination ASP, successivement de 2006 à 2010), alors la suite culturelle est considérée être "Maïs – triticale – orge – lin oléagineux – blé tendre" d'après les avis d'experts et codée "MCOLB"; les N° de groupes de culture tels que fixés par l'ASP (de 1 à

28) sont cependant conservés dans d'autres colonnes. Par la suite, et par tête de rotation (Maïs, colza, tournesol, pomme de terre, pois/féverole...), le N° de groupe fixé par l'ASP est remplacé par "1000" et une colonne sommant les N° des groupes de rotation est calculée pour tous les îlots. Un tri décroissant est opéré. Il permet alors de classer les suites culturales dont la somme, pour une tête de rotation donnée, sont relativement identique en termes de fréquence d'apparition des cultures la composant comme de cultures la composant. Toutes ces procédures sont conduites après export de la table attributaire sous JMP8.0 (The SAS Institute). En sus, un numéro de classe (clustering) est attribué à chaque îlot selon sa suite culturale (numérique) en utilisant l'outil de classification ascendante hiérarchique (ACH) appliqué sur les N° de groupe ASP; il est utile pour standardiser et résumer l'information quinquennale alors que les suites ne commencent pas toujours par la tête de rotation dont on a remplacé le N° par 1000.

Le tableau 3 vous propose une illustration simple du mode de raisonnement appliqué.

Tableau 3 : Illustration du mode de discrimination et d'attribution des suites culturales observées à partir des codes "groupes de culture RPG" annuels

ID_îlot	Cu_06	Cu_07	Cu_08	Cu_09	Cu_10	Cod_06	Cod_07	Cod_08	Cod_09	Cod-10	Somme_cod	N° cluster
089-3285	T	T	B	O	O	1000	1000	1	3	3	2007	1
089-29506	O	T	B	O	T	3	1000	1	3	1000	2007	1
010-48235	T	B	Z	B	T	1000	1	5	1	1000	2007	6

On peut voir que si la somme des codes culture alors que la culture tournesol a été remplacé par 1000, est identique (=2007) pour ces trois îlots, le N° de cluster lui est différent entre eux : deux îlots sont classés dans le même groupe (groupe 1) alors que le troisième présente un numéro différent (groupe 6). En effet, un regard sur les autres cultures (en dehors des deux tournesols) nous permet de voir que la somme résulte d'un blé tendre et de deux orges pour les deux premiers îlots, et d'un colza et de deux blés tendres pour le troisième îlot. Les deux premiers îlots se sont alors vus affecter une "rotation culturale type" que nous avons estimé être quinquennale du type "5-TBOTB" alors que la troisième a été affectée d'une rotation culturale du type quadriennale "4-TBZB". Cette procédure est répétée pour chaque groupe d'îlot présentant une somme au moins supérieure à 1000 et ce jusqu'à attribution de rotation type pour l'ensemble des îlots.

Les rotations types ont été générées dans le respect de la diversité et de la fréquence des suites observées, mais aussi en fonction des résultats du classement statistique (i.e. ACH) et surtout en croisant observations de terrain, expériences acquises, informations récoltées auprès des 74 agriculteurs enquêtés et échanges avec le corps professoral agronomique de LaSalle Beauvais. Ainsi, à partir du fichier des 4160 îlots accueillant un seul groupe de culture RPG chaque année sur cinq années consécutives, approximativement 350 "rotations culturales" candidates ont été produites. Pour s'assurer de leur vraisemblance, elles ont été proposées aux experts et conseillers agricoles locaux de sorte que ces derniers confirment l'existence de telle ou telle rotation sur le territoire, ou indiquent qu'elle est probable mais peu fréquente, voire improbable. Au final, après échanges et corrections, 164 rotations types candidates ont été retenues. Parmi celles-ci, certaines étaient jugées improbables par les experts mais étaient statistiquement "reconnues" un grand nombre de fois dans la table.

Alors, à l'encontre de l'avis des experts, elles étaient maintenues. Cela revient à considérer que ce qui était enregistré et déclaré, puis observé sous SIG était plus réaliste que les dires d'experts; les dires d'experts ont cependant permis de corriger de grosses erreurs d'interprétation, non dans la composition des cultures d'une rotation type mais plutôt au niveau de leur ordre dans la rotation type. Cependant, quelques rotations qualifiées d'"erronnées" par les experts ont été reclassées selon la rotation type la plus proche en composition et en durée. Les 72^{ères} rotations culturales (dont la fréquence d'observation est \geq 0.1% issus de n=4160 îlots) évaluées par les experts mais avant correction éventuelle, et les appréciations des experts sont présentées en Annexe B. Elles sont identifiables selon un système simple du type "N-XXXXX" où N correspond au nombre d'année estimé de la rotation (3 pour triennale) puis les X cultures composant la rotation type se succèdent (expl: 3-ZBO = rotation type triennale colza-blé tendre-orge). Ces rotations types ont alors été réattribuées à l'ensemble des îlots PAC (y compris ceux contenant 2 ou plus groupes de culture au moins un an sur 5) selon la même procédure qu'indiquée ci avant. Pour les îlots accueillant annuellement plus d'un groupe de culture, ce sont les groupes de cultures dont les surfaces cultivées étaient les plus importantes dans cet îlot, chaque année, qui ont été retenues pour composer les suites culturales à partir desquelles une rotation type leur était attribuée.

Cette méthode de généralisation hybride, c'est-à-dire à dires d'experts et partiellement statistique n'est pas aisée, et demande beaucoup de temps. Le corps professoral LaSalle Beauvais s'est chargé de la conduire, assisté en cela par certains élèves ingénieurs ASET du fait de son expérience en la matière (4^{ème} année de reconduite de la méthodologie). Cependant, de nouveaux outils tels RPG Explorer ©² pourraient aussi être utilisés à des fins de comparaison/validation ou de recherche d'efficience au cours de travaux ultérieurs.

3. Génération du fichier des parcelles arables

Si au sein du paragraphe précédent, nous nous sommes focalisés sur la constitution des rotations culturales types à l'échelle de l'îlot PAC, cette nouvelle partie préfigure de la manière dont nous sommes passés, tel qu'attendu au sein du marché publique Eau de Paris, de l'échelle "îlot PAC" à l'échelle "parcelle agricole".

La méthode retenue repose sur trois constats / hypothèses :

- Un îlot correspond à une unité déclarative pour laquelle "*une surface continue de terres sur laquelle un seul groupe de cultures est cultivé par un même agriculteur*" indique que les caractéristiques pédo-environnementales localisées devraient être relativement stables du fait qu'un seul et même groupe de culture est cultivé, annuellement et ce par un même agriculteur.
- L'agriculteur ne peut pas toujours, du fait d'une surface îlot réduite, disposer au sein d'un seul îlot de toutes les cultures composant la rotation culturale type appliquée à cet îlot, c'est-à-dire qu'il ne peut physiquement diviser son îlot en autant de parcelles qu'il y a de termes dans sa rotation type. Pour conduire une telle rotation, il peut être amené à localiser les cultures de sa rotation type au sein de plusieurs îlots.
- Aucune donnée pluriannuelle de disposition parcellaire des cultures, à l'échelle d'un territoire tel celui étudié, n'existe à ce jour.

² http://www.rdtrisque.org/projets2/Martin/bib/rpg_explorer/

A partir de ces éléments de réflexion, nous avons fait le choix de considérer qu'au sein d'un îlot donné, toutes les parcelles agricoles sont conduites identiquement i.e. qu'elles hébergent en même temps une année donnée la même culture (Figure 12). Si pour une année donnée cela n'apparaît pas fidèle, à l'échelle de la rotation et dans le cas où ce qui est étudié ici est en lien avec la succession culturale et son influence sur le compartiment eau, cette règle de décision nous semble suffisante.

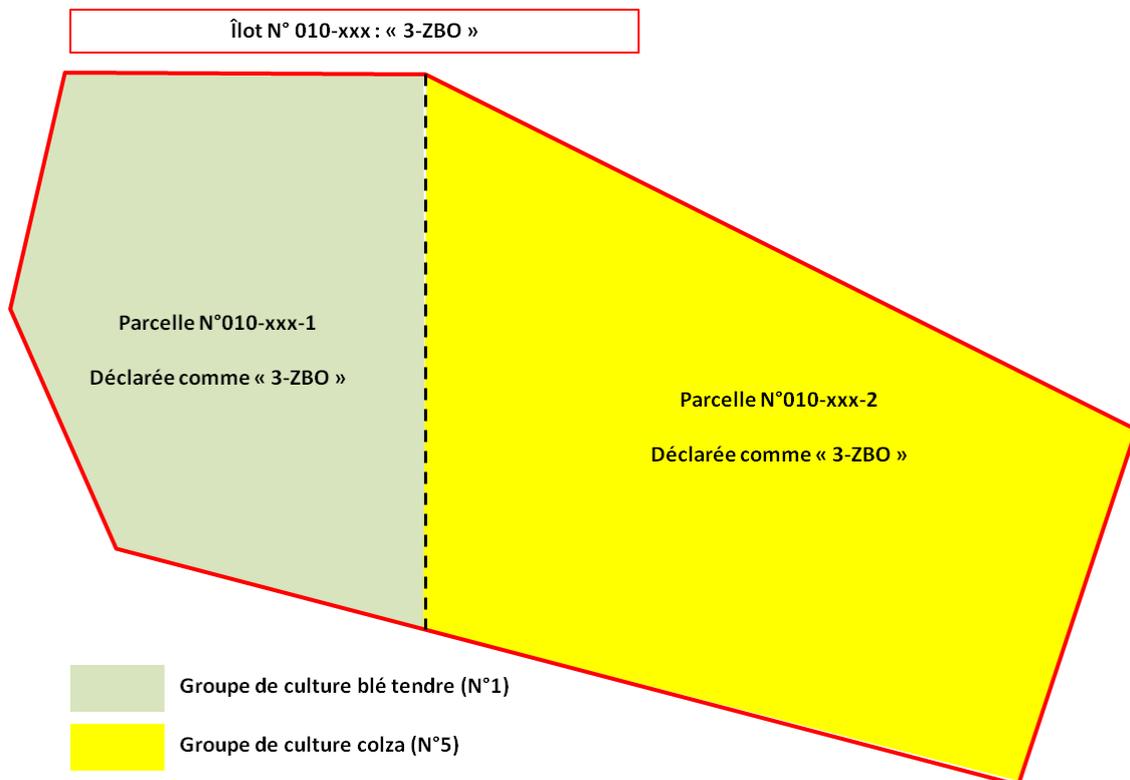


Figure 12 : Règle d'attribution à l'échelle parcellaire des rotations culturales types – les parcelles composant l'îlot sont affublées de la rotation de l'îlot même si annuellement, elles n'hébergent pas la même culture

Pour généraliser cette règle de travail, disposer de chaque parcelle agricole composant un îlot est un pré requis. A cette fin, des orthophotoplans couvrant l'ensemble de la zone AAC + 3000m ont été acquises. Le fichier BD-Ortho de la Vanne se compose, selon l'actuelle disponibilité auprès de l'IGN, d'orthophotoplans vraies couleurs issus des campagnes aéroportées 2009 et 2007, à 0.5m de précision. Ces orthophotoplans ont été alors confrontées sous environnement SIG au fichier "îlots PAC" le plus récent (i.e. ASP, année culturale 2009-10). Puis les îlots qui contenaient 2 ou plusieurs zones cultivées différenciables (selon photo-interprétation) ont été découpés pour créer autant de parcelles agricoles que vues sur l'orthophotoplan. En outre, certaines "parcelles" qui n'étaient pas contenues au sein d'îlots, mais qui sur l'image semblaient belles et bien utilisées pour l'agriculture (verger, pâtures, prairies ... en dehors des potagers et autres jardins communaux) ont été ajoutées – il pourrait s'agir de parcelles non déclarées administrativement (pas de subventions demandées) et donc n'apparaissant pas au sein du RPG, mais pouvant accueillir une culture voire une rotation. L'attribution d'une rotation type à ces dernières n'est généralement pas nécessaire; elles sont souvent limitrophes à une zone

urbaine ou forestière et surtout elles sont majoritairement en herbe; elles ont de fait été le plus souvent déclarées "prairies permanentes".

La procédure de découpage des quelques 7318 îlots PAC présents au sein de la couche RPG 2009-10 compris au sein de la zone AAC + 3000m, ont conduit à l'obtention de 9948 parcelles agricoles. Grâce à la procédure SIG de jointure spatiale, le lien informationnel avec le N° d'îlot (quand existait) ainsi qu'avec les données exploitation et agriculteur a été conservé. Dans le cas où des parcelles étaient nouvellement créées (en dehors des îlots PAC existant, cas des parcelles "non déclarées", celles-ci ne pouvaient être jointes à un îlot PAC et ne présentaient donc pas d'information de référence issues du RPG.

Une fois le fichier des parcelles agricoles visibles sur la base des orthophotoplans 2007/09 constitué (il est dénommé "parcellaire"), une autre couche d'information a été générée de novo. Il s'agit d'une couche vectorisée de type polylignes pour laquelle chaque parcelle agricole identifiée au sein du parcellaire se voyait affectée d'une ligne unique représentative:

- du sens du travail du sol (dans le cas des parcelles arables)
- de la plus grande longueur au sein de la parcelle (dans le cas des parcelles en herbe).

Cette procédure permet ainsi de connaître l'orientation de chaque parcelle. On entend par "orientation", le sens dans lequel celle-ci pourrait être agroforestée (dans le cas d'agroforesterie intercalaire avec lignes d'arbres intraparcélaires) sans que les lignes d'arbres agroforestiers ne remettent en cause fondamentalement le parcours actuel des engins agricoles au sein de la parcelle. En ayant recours à la procédure "compass" sous environnement ArcGIS, chaque ligne au sein d'une parcelle voit son angle par rapport au nord calculé (Combaud & Armand, 2011). La valeur de cet angle, à la parcelle, est alors jointe au fichier parcellaire et permet de connaître pour chaque parcelle du fichier parcellaire son orientation, et donc sa possibilité à être agroforestée intra-parcellairement sans risque d'ombre portée des arbres par trop concurrentielle vis-à-vis des cultures intercalées. On retiendra ici, qu'un angle de $\pm 30^\circ$ par rapport au nord est considéré comme l'angle maximum acceptable pour autoriser une agroforesterie intercalaire à risque d'ombrage limité (Liagre & Bachevillier, 2012 – communication personnelle).

Cette information sera utilisée plus tard, avec d'autres critères de sélection, pour l'identification des parcelles pouvant accueillir une agroforesterie intraparcéliaire intercalaire.

4. Génération de la carte d'occupation des sols

Les orthophotoplans en couleurs vraies (0.5m de résolution) issus des campagnes aéroportées 2007 et 2009 et acquises auprès de l'IGN ont été utilisés dans un second temps pour la génération de la carte d'occupation des sols. Selon l'algorithme de la figure 10, la carte d'occupation des sols est utile pour diverses méthodes du diagnostic territorial en premier lieu desquelles l'analyse de la connectivité écologique au sein du territoire Vanne + 3000m.

Projetées au sein du système d'information géographique, les orthophotoplans se sont vus ajouté le fichier parcellaire. Puis, manuellement l'ensemble des éléments structurant les paysages ont été vectorisés et pour chaque élément nouvellement tracé, un code descriptif de la classe d'occupation des sols (COS) lui était attribué. L'intégralité des éléments compris dans l'emprise d'étude a donc au final été vectorisée et répertoriée. Pour les éléments situés

sur la limite Vanne + 3000m (c'est-à-dire disposés de chaque côté de la limite de la zone d'étude), seule la partie située à l'intérieur de la zone d'étude était vectorisée.

Le choix de ces classes n'est pas anodin. Il doit permettre de distinguer le plus simplement possible (non exhaustivité) les divers éléments structurant le territoire tout en permettant cependant de différencier les éléments du paysage (exhaustivité) qui présenteraient un intérêt écologique pour la biodiversité locale. La nature des COS et le choix du nombre de COS nécessitent donc de trouver un compromis entre "exhaustivité/non exhaustivité" et "représentativité écologique".

Concernant la représentativité écologique, celle-ci dépend des espèces repères pour lesquelles l'analyse de la connectivité sera conduite. Parce que l'on cherche à disposer spatialement du niveau de connectivité existant au sein du territoire, et ce pour des espèces repères à plus ou moins grand rayon d'action (distance de déplacement spécifique) et inféodées aux grands types de milieux existant dans le territoire (agricole, forestier, naturels comme semi-naturels voire anthropisés), la nature des COS doit refléter au mieux la diversité et l'importance de ces milieux.

D'autre part, concernant le niveau d'exhaustivité à concéder, les méthodes d'analyse de la connectivité et plus particulièrement la méthode des coûts de déplacement (utilisée au cours de ce travail, voir rapport technique Trames vertes – ASET, 2012), invitent généralement à distinguer quelques COS (5-10) quand le travail est réalisé sur un territoire national ou régional à plusieurs dizaines (20-50) quand il s'agit d'une analyse plus localisée (commune, habitat). Cependant dans la majeure partie des cas c'est entre 10 et 20 COS qui sont considérées. Il s'agit le plus souvent de distinguer entre les milieux "boisés" (forêts, bosquets, haies, alignement d'arbres ...), "herbacés" (prairies, friches, landes, ...), "aquatiques" (rivière, mare, plan d'eau, sources, marais...) et "agricoles" (arables, non arables) puis "anthropisés". Cependant il n'existe pas de modèles génériques et le choix comme le nombre des COS dépend :

- a. De l'objectif du diagnostic
- b. De la superficie d'étude
- c. De la diversité et de la composition paysagère locale

Dans notre cas, et en se référant aux listes d'espèces repères utilisées localement aux échelles régionales et plus grandes lors de travaux d'identification des trames vertes et/ou bleues conduits en Bourgogne comme en Champagne Ardenne, il est apparu nécessaire de focaliser sur des espèces repères représentatives des milieux types locaux (tableau 4) et les milieux types qu'ils fréquentent.

Tableau 4 : Les six espèces repères retenues pour le diagnostic de la connectivité

Espèce (nom latin)	Espèce (nom français)	Type de milieu	Distance de dispersion (m)
<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs	Ouvert	3 500
<i>Capreolus capreolus</i>	Chevreuil	Ouvert, semi-ouvert, forestier	12 400
<i>Bufo bufo</i>	Crapaud commun	Ouvert, semi-ouvert, forestier	500
<i>Sciurus vulgaris</i>	Ecureuil roux	Semi-ouvert, forestier	400
<i>Erinaceus europaeus</i>	Hérisson commun	Semi-ouvert, forestier	300
<i>Lepus europaeus</i>	Lièvre commun	Ouvert et forestier	3 000

A partir de là, 17 (dix-sept) différentes classes d'occupation des sols ont été distinguées selon un code unique pour chacune. Elles sont considérées comme de potentiels éléments structurant et connectant pour les espèces repères retenues (ou à l'inverse fragmentant leurs habitats spécifiques). Pour certains milieux (exemple des milieux boisés), la distinction est faite pour tenir compte des différences de superficie des éléments structurant, du fait qu'ils peuvent être bordés ou non de limites physiques aux déplacements des espèces repères ou de leur niveau d'artificialisation. La liste des COS retenues est présentée au sein du tableau 5.

Tableau 5 : Codification des différentes classes d'occupation du sol distinguées au sein de la carte d'occupation des sols sur le territoire d'étude

Milieux	Code COS	Milieux	Code COS
Zone forestière	11	Verger et vignoble	33
Bosquet	12	Prairie (permanentes comme temporaires)	34
Jardin boisé	13	Bâti	41
Zone parquée boisée	14	Jardin non boisé	42
Haie	15	Zone parquée non boisée	43
Zone en herbe	21	Route et voie ferrée	51
Friche	22	Autoroute	52
Cultures céréalières	31	Cours et plan d'eau	60
Autres cultures	32		

Vectorisés (polygones) par photo-interprétation, en respectant les règles d'attribution édictées avant le processus de vectorisation (phase collective et individuelle d'entraînement à la distinction, au choix du grossissement, aux méthodes de traçage), chaque élément composant le paysage a donc été délimité, localisé et codé. La carte d'occupation obtenue présente une précision moyenne de l'ordre du mètre. Elle vous est présentée au sein de la figure 13.

En supplément de la carte d'occupation des sols, lors du processus de digitalisation, une couche d'information supplémentaire a été générée, il s'agit d'une couche vectorielle polyligne correspondant aux tracés qu'empreintes les lignes électriques au sein du territoire. Parce qu'aucune éolienne n'a été observée sur les orthophotoplan (2007-2009), le fichier SIG correspondant n'a pas été produit. Seul le fichier "lignes électriques et télécommunication" sera donc utilisé lors de la prise en compte des servitudes parcellaires lors de l'identification des parcelles agricoles aménageables.

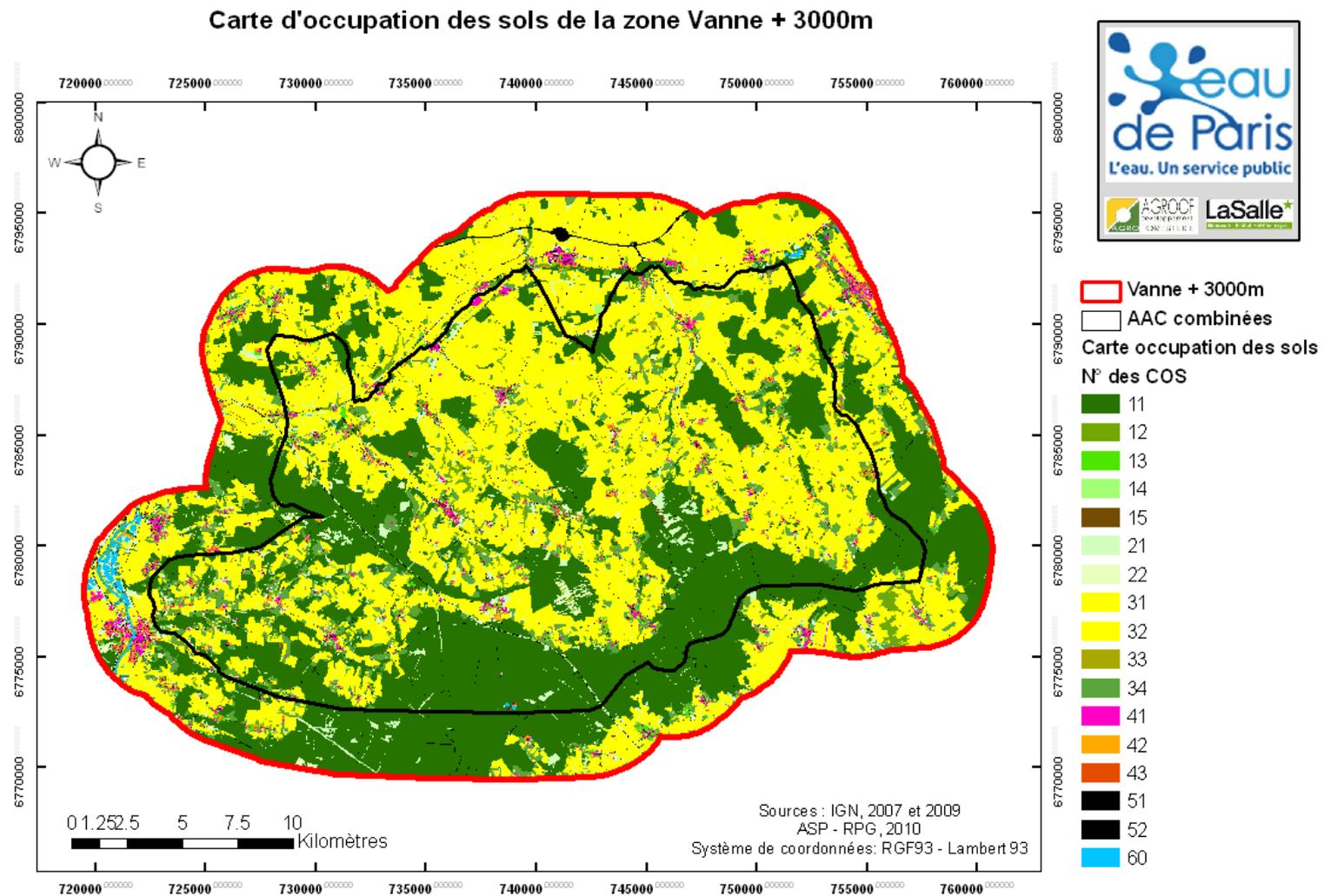


Figure 13 : Carte d'occupation des sols de la zone Vanne + 3000m

5. Génération de la carte des textures des sols agricoles au 1/25000^{ème}

L'analyse de la vulnérabilité des sols (agricoles) aux phénomènes d'érosion, de ruissellement voire d'infiltration requiert dans tous les cas des connaissances précises et localisées des sols présents (nature, texture, profondeur...), de leur utilisation (occupation des sols), de leur implantation (cas des sols agricoles) et des travaux agricoles qui y sont conduits, mais aussi des informations relatives à leurs horizons et roches mères, inclinaison etc.

Les informations nécessaires sont alors nombreuses. Si une partie de ces informations n'est pas directement disponible, elles restent cependant aisées à produire (pentes via le MNT; occupation du sol via BD-ORTHO, proximité cours d'eau via BD-CARTHAGE, lithologie via BRGM ...). Par contre d'autres informations et plus particulièrement le type de sol de surface est une information très difficile d'accès et très souvent incomplète et/ou peu précise. En France, si l'INRA Infosol s'est vu confiée la tâche de coordonner les travaux d'analyse des sols, de référencer et centraliser (à partir de relais agricoles locaux) l'information et de la rendre "publique" (moyennée et peu précise), la texture des sols reste une information stratégique en termes de potentiel productif agricole et est peu communiquée. Propriété des agriculteurs et autres propriétaires fonciers, le type et la texture des sols est souvent connues des agriculteurs pratiquant une agriculture raisonnée; cependant, sur une exploitation, toutes les parcelles cultivées n'ont pas fait l'objet d'une "analyse de terre" et l'information est parfois imprécise, non continue sur un territoire comme notre zone d'étude.

Au sein du territoire de la Vanne, territoire chevauchant deux départements contigus, les résultats des analyses de terre commandées par les agriculteurs sont généralement centralisés par les coopératives agricoles et/ou les chambres d'agriculture. C'est à notre connaissance et après demande officielle auprès de ces organismes, le cas pour la Chambre d'agriculture de l'Aube qui a su au fil du temps consolider sous environnement SIG une base de données "texture des sols" au 1/25000^{ème} pour le département. Cette base de données est de surcroît disponible et peut être financièrement acquise auprès des services concernés de la CA10. Si un équivalent existe dans l'Yonne, aucune possibilité ne nous a été par contre donnée de le savoir et d'envisager une acquisition auprès de l'organisme équivalent. De fait, à l'orée de l'étude, seule une proportion réduite du territoire nous est connue et accessible en termes de texture des sols agricoles.

Pour pallier cela et permettre cependant d'estimer la texture de sols agricoles à l'ensemble du territoire, deux actions ont été entreprises lors du diagnostic:

- Renseigner la texture des sols sur des parcelles identifiées par et avec les agriculteurs lors de nos visites d'exploitation
- Modéliser la texture de sols à partir de l'ensemble des informations disponibles et obtenues

Malheureusement, très peu d'agriculteurs conduisent ou ont conduit une analyse des terres de leurs parcelles; en outre, s'ils disposent souvent de résultats d'analyses des reliquats azotés sortie hiver, l'information concernant le type de sol au sein de ces analyses reste trop imprécise et inexploitable en termes de texture des sols, de proportions limons/sables/argiles. Aussi, à partir de la campagne 2012 de diagnostic des exploitations agricoles (74 exploitations ont été diagnostiquées) seulement 31 parcelles disposaient précisément de résultats d'analyse de terre. Certains agriculteurs de nous indiquer que s'ils en ont réalisées et/ou ont autorisé certains organismes d'en pratiquer sur leurs exploitations,

ils ne disposent pas ce jour des résultats des analyses. Même si ridicule, ce jeu de données a tout de même été joint au jeu de données Aube acquis.

La couche SIG de la texture de sols de l'Aube (pour la zone de notre territoire correspondant) concerne près de 1500 parcelles agricoles. Superposée et jointe spatialement au fichier parcellaire, la couche d'information "texture" permet de disposer pour chacune de ces parcelles auboises de sa texture de surface. La nomenclature des classes de texture existant au sein de la base de données Aube ne correspond pas exactement à celle généralement utilisée. Aussi, les codes des textures de surface présents originellement ont nécessité une transformation de sorte de les rendre compatibles avec le triangle des textures du GEPPA (Figure 14), référentiel le plus utilisé en France.

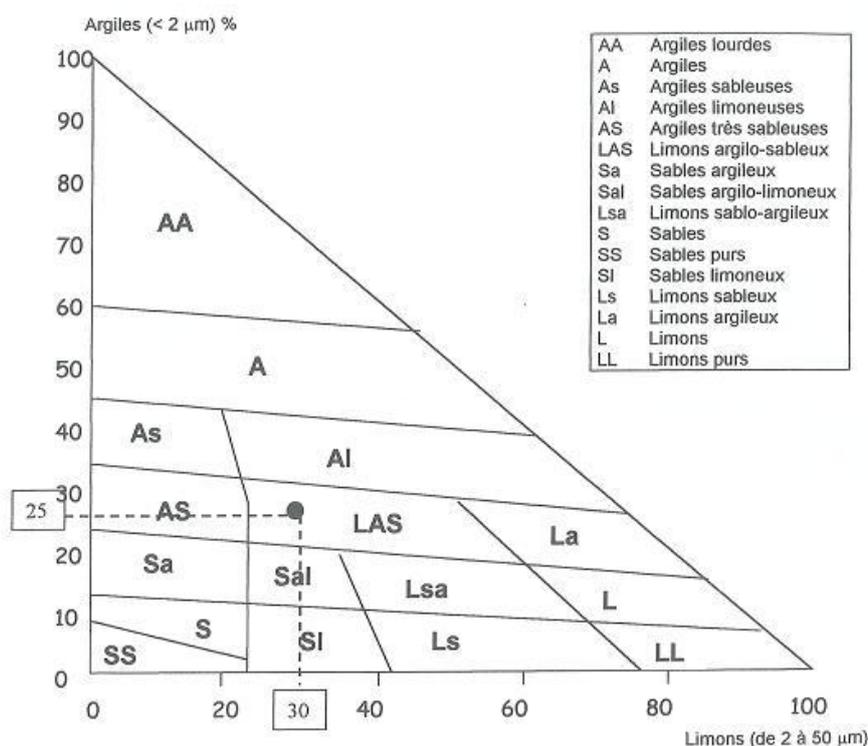


Figure 14 : Référentiel ou triangle du GEPPA et ses 16 classes de texture (source : BAIZE D., 1995. Guide pour la description des sols, INRA Editions)

Ce référentiel, outre qu'il permet de désigner une classe de texture selon les proportions en sables/argiles et limons d'échantillons de terre, permet de relier les classes de textures existantes à des coefficients d'érodibilité et de battance spécifiques à chaque classe de texture GEPPA à partir de règles de pédotransfert³ permettant de convertir les données texturales des strates en classes de battance et d'érodibilité par projection dans les triangles de texture redécoupés en 5 classes de sensibilité : 1 = très faible, 2 = faible, 3 = moyenne, 4 = forte, 5 = très forte (Figure 15). Ces coefficients rentrant très régulièrement en compte dans le calcul de la vulnérabilité (aléa) à l'érosion (Le Bissonnais, 1998), voire au ruissellement.

Avantage supplémentaire, les coefficients d'érodibilité et de battance des classes de textures GEPPA ont été déterminés et validés à maintes reprises, au cours d'études se déroulant dans diverses régions agricoles (Le Bissonnais et al. 1998; Le Bissonnais et al., 2004; Antoni

³ <http://www.gissol.fr/programme/applications/igcs//erosion/reglesPDT.php>

et al., 2006; Cerdan et al., 2006), disposant ainsi de valeurs génériques très largement acceptées et considérées comme représentatives. Le référentiel des textures utilisées étant celui du GEPPA, les modifications courantes des règles de pédotransfert pour passer du triangle des textures de l'Aisne à celles du GEPPA ont été appliquées (Cravo Rios, 2010) dans cette étude.

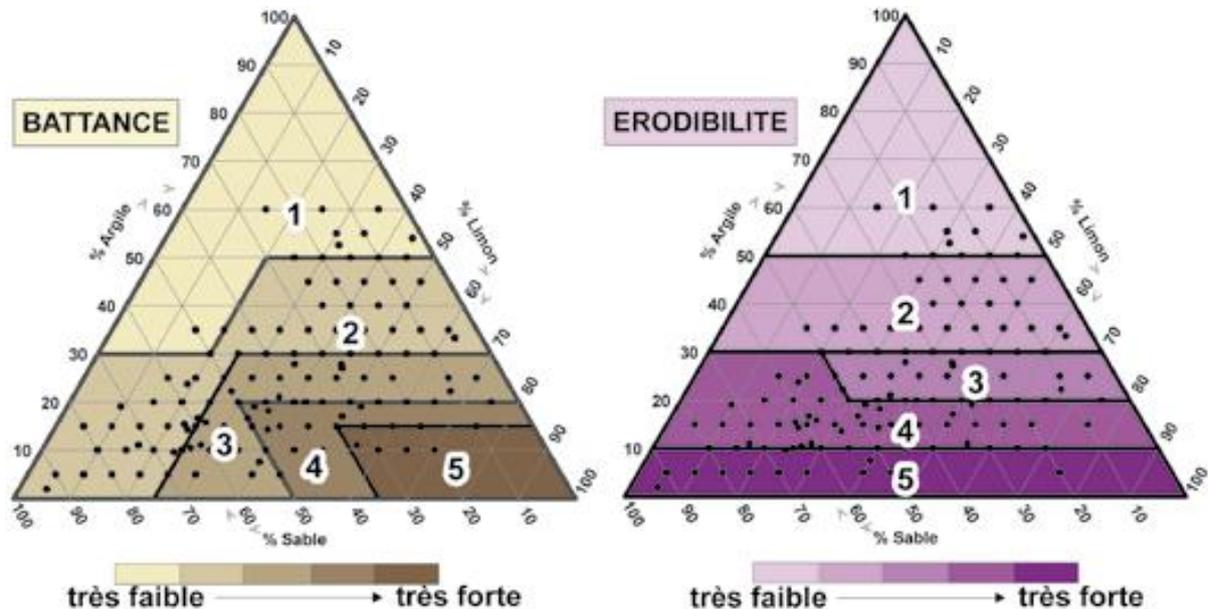


Figure 15 : Classes de sensibilité à la battance et à l'érodibilité des textures du sol (source : Antoni et al., 2006)

Ainsi, dispose-t-on pour la partie auboise du territoire d'étude, à l'échelle de la parcelle agricole, non seulement de la texture de surface mais aussi des coefficients d'érodibilité et de battance.

A partir de là, il a été décidé de modéliser les textures de surface des parcelles agricoles de l'ensemble de la zone d'étude en utilisant 75% du jeu de données "Aube + 31 parcelles renseignées" pour calibration et 25% pour validation.

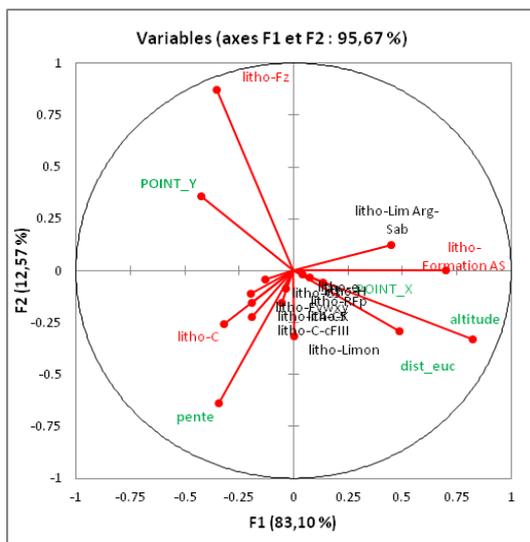
Le processus de modélisation a été entrepris à partir des variables explicatives parcellaires suivantes :

- la pente moyenne de la parcelle (MNT)
- les coordonnées X, Y du centroïde de la parcelle
- l'altitude moyenne (MNT)
- la distance (euclidienne) du centroïde de la parcelle au plus proche cours d'eau (BD Carthage)
- la classe lithologique sous jacente à la parcelle (BRGM) – variable catégorique

Les variables à expliquer étaient, séparément, les coefficients d'érodibilité et de battance (variables expliquées catégoriques).

La méthode employée était une Analyse Factorielle Discriminante (AFD, sous Xlstat, 2010) avec 25% des données d'entrée auboise pour validation des estimations (soient 400 observations) et robustesse du modèle.

- Concernant l'érodibilité, aucune des variables explicatives n'était significativement et positivement corrélée entre elles (au seuil de 0.70) ; la valeur la plus grande du coefficient de corrélation était de 0.61 et concernait la pente et la longitude (coord. Y). elle confirme le gradient de pente existant du nord au sud du territoire. Toutes les variables explicatives ont donc été conservées. Les résultats du Test du Lambda de Wilks (approximation de Rao) montrent que les vecteurs moyens représentatifs des classes d'érodibilité sont significativement différents entre eux ($\lambda = 0.266 / F_{obs} = 28.293 / F_{crit} = 1.301, p < 0.0001$ à $\alpha = 0.05$).



Les principales variables explicatives de l'érodibilité sont en premier lieu l'altitude (0.82 de corrélation avec le facteur 1, 83.10% de contribution) et la pente (-0.64 de corrélation avec le facteur 2, 12.57% de contribution). Mais aussi certaines catégories de lithologie telles "Fz", "AS" et "C" correspondant respectivement à des "alluvions actuelles et subactuelles, Argiles, sable calcaire et tourbe", à " des formations argilo-sableuse à silex" et à des "colluvions argilo-sableuses et caillouteux des bas versants et des vallons".

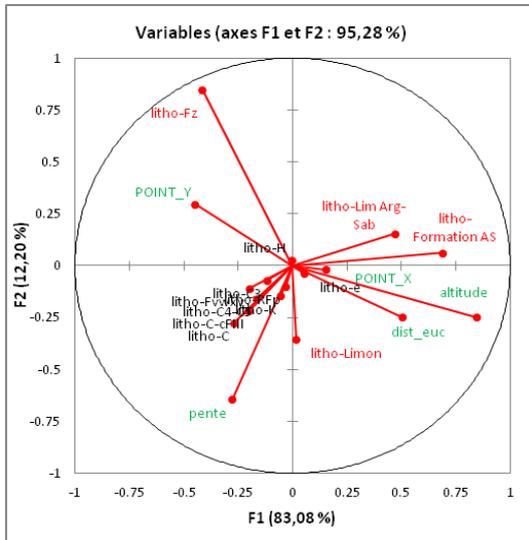
A partir des coefficients des variables explicatives sur chacun des facteurs, le coefficient d'érodibilité est calculé pour chaque parcelle du jeu de validation du modèle. La matrice de confusion de la validation croisée est obtenue et permet de comparer la valeur du coefficient de départ à celui estimé par le modèle.

de \ Vers	1	2	3	4	5	Total	% correct
1	42	0	2	0	0	44	95.45%
2	8	66	110	63	0	247	26.72%
3	98	53	405	38	4	598	67.73%
4	11	24	16	294	0	345	85.22%
5	0	0	6	0	0	6	0.00%
Total	159	143	539	395	4	1240	65.08%

Environ 65% des coefficients d'érodibilité observés sont correctement modélisés. Hormis pour les parcelles dont l'érodibilité est de 2 à l'origine et prédite à 3 voire à 4, et donc pour lesquelles la proportion de prédiction juste est seulement de 27%, le modèle estime très acceptablement le coefficient d'érodibilité réel des autres parcelles (de 67 à 95% selon la classe d'érodibilité); dans ce dernier cas, les prédictions sous-estiment souvent le coefficient d'érodibilité. Globalement, ce sont près de 65% des observations qui sont correctement modélisées.

- Concernant la battance, aucune des variables explicatives n'était significativement et positivement corrélée entre elles (au seuil de 0.70) ; la valeur la plus grande du coefficient de corrélation était de 0.63 et concernait la pente et la longitude (coord. Y). Toutes les

variables explicatives ont donc été conservées. Les résultats du Test du Lambda de Wilks (approximation de Rao) montrent que les vecteurs moyens représentatifs des classes de battance sont significativement différents entre eux ($\lambda = 0.23 / F_{obs} = 31.967 / F_{crit} = 1.301, p < 0.0001$ à $\alpha = 0.05$).



Les principales variables explicatives de la battance sont encore une fois l'altitude (0.85 de corrélation avec le facteur 1, 83.10% de contribution) et la pente (-0.67 de corrélation avec le facteur 2, 12.20% de contribution). Mais aussi certaines catégories de lithologie telles "Fz", "AS", "Limon" et "LAS". Les classes limoneuses, limono-argileuse et limon de pentes participant plus à la modélisation du coefficient de battance.

A partir des coefficients des variables explicatives sur chacun des facteurs, le coefficient de battance est calculé pour chaque parcelle du jeu de validation du modèle. La matrice de confusion de la validation croisée est obtenue et permet de comparer la valeur du coefficient de départ à celui estimé par le modèle.

de \ Vers	1	2	3	4	5	Total	% correct
1	39	0	0	0	0	39	100.00%
2	8	77	115	3	58	261	29.50%
3	109	48	412	2	45	616	66.88%
4	10	1	1	0	0	12	0.00%
5	0	23	15	1	273	312	87.50%
Total	166	149	543	6	376	1240	64.60%

Comme pour le coefficient d'érodibilité, les prédictions du modèle sont très acceptables (de 67 à 100% de prédictions correctes) pour les classes de battance originelles "1, 3, et 5". Par contre pour les classes "2 et 4", le modèle sous-estime (généralement) mais parfois surestime très fortement la valeur du coefficient de battance; on gardera cependant en tête que du fait d'un effectif de la classe de battance "4" réduit (n=12), le manque de représentativité dans cette catégorie n'est pas surprenant. Elle invite cependant à réfléchir à d'autres variables explicatives à considérer pour parfaire le modèle de prédiction du coefficient de battance.

Les modèles issus des deux AFD ont permis de prédire les coefficients de battance et d'érodibilité de l'ensemble de 9948 parcelles constituant le parcellaire. A partir des combinaisons prédites de ces valeurs, et selon les triangles GEPPA de l'érodibilité et de la battance, les textures de surface des parcelles ont été recrées, à la parcelle. La carte de la texture de surface pour les parcelles agricoles de l'ensemble de la zone d'étude, selon le modèle obtenu, a été générée. Elle vous est présentée en figure 16.

IV. DIAGNOSTIC TERRITORIAL DES VULNERABILITES

Comme indiqué ci-avant, et du fait que le diagnostic territorial doit permettre une identification des parcelles agricoles prioritaires à aménager par des systèmes agroforestiers (intra- et/ou inter-) parcellaires, le diagnostic territorial des vulnérabilité concerne :

- La vulnérabilité à l'érosion des sols agricoles
- La vulnérabilité au ruissellement des sols agricoles
- Les risques d'infiltration rapide via le karst (bétoires, effondrements...) ou via les vallées sèches
- l'analyse des besoins en connectivité écologique (donc de la vulnérabilité écologique).

Disposant désormais des informations spatiales initiales (parcellaire et rotations culturales types à la parcelle, carte des textures de surface des sols, carte d'occupation des sols) nous allons rappeler succinctement les méthodes retenues et appliquées (des rapports techniques intermédiaires ayant été délivré en fin de la période de terrain – dec. 2012) et rappeler les principaux résultats obtenus pour chacune des vulnérabilités évaluées.

1. Vulnérabilité parcellaire à l'érosion des sols agricoles

Destinée à présenter la méthodologie usitée ainsi que les résultats finaux, cette partie ne développera pas l'ensemble des réflexions initiales et des adaptations réalisées; pour plus de détails on se référera au rapport technique "Erosion / Ruissellement" (ASET, 2012).

Si les méthodes d'évaluation du risque érosion sont nombreuses et diffèrent selon que l'on procède à (i) une estimation quantitative de la quantité de sols risquant d'être érodée par unité de surface et de temps, ou (ii) à une évaluation qualitative de la propension des sols à être érodés, les facteurs de risques utilisés lors de ces estimations restent souvent identiques (VAN ROMPAEY et al., 2003). Ainsi, quel que soit le modèle quantitatif ou qualitatif usité, les méthodes mobilisent généralement (sans ordre de priorité) a minima :

- Le type de sol i.e. sa texture de surface; cette information permet généralement de déterminer du caractère battant et du niveau d'érodibilité des sols
- Le relief i.e. la pente ou la classe de pente rencontrée
- Le type d'utilisation qui est fait des sols et parfois, en sus, la nature du couvert et ses caractéristiques de gestion (dans le cas d'occupation des sols de type agricole)

Parmi les modèles envisagés au cours de cette étude, certains nécessitaient d'autres informations telles la pluviométrie journalière et l'intensité des pluies, ou encore la nature et la diversité des pratiques culturales (notamment les travaux des sols agricoles) pour déterminer et différencier avec exactitude le risque érosion. Or, dans le cas de notre étude, les connaissances concernant les travaux de préparations des sols agricoles ne sont pas connues a priori. En outre, prendre en compte la pluviométrie et l'intensité des pluies revenait à considérer que localement, au sein de notre zone d'étude, une variabilité de ces facteurs explicatifs de l'érosion existe. Si de telles variables trouvent justification lorsque l'on travaille à modéliser les risques érosifs à l'échelle d'une nation, ou même d'une région, elles sont moins prégnantes dès lors lorsque l'on travaille à l'échelle d'un petit territoire tel le notre. Nous sommes de fait parti du postulat que régime pluviométrique (intensité et quantité)

comme pratiques culturelles étaient relativement communes et/ou identiques au sein de notre zone d'étude. Cela coïncide aussi avec le fait qu'aucune étude préalable d'identification et de différenciation des pratiques culturelles n'a été décidée car jugée nécessaire au sein du marché public.

Comparés entre eux, les modèles d'estimation du risque érosion peuvent être considérés proches. Cependant les modèles quantitatifs ont comme limites de devoir être appliqués à de grandes échelles (Europe pour PESERA par exemple, ou au sein d'unités hydrographique connue, USLE par exemple). Ainsi disposer d'un modèle unique adapté à toutes les emprises rencontrées, indépendamment du fait qu'elle qu'il contienne 1 ou n unités hydrographiques, entières ou partielles, ne milite pas pour ce genre de modèle quantitatif. D'autant que pour ces derniers les données se doivent pour ce genre de modèle d'être très précises et exhaustives (donc coûteuses en temps et en données initiales), et qu'ils nécessitent un dispositif de validation des quantités réellement érodées pour déterminer de la justesse des estimations. De fait nous avons ici opté pour un modèle qualitatif, déclaratif de la propension d'un sol (ou d'une parcelle agricole) à s'éroder sous contrainte pluviométrique. Le modèle retenu parce que développé et très usité en France mais aussi parce que simple d'utilisation est le modèle dit Le Bissonnais (Le Bissonnais et al., 1998). Appliqué initialement à l'échelle nationale, il a été depuis utilisé et vérifié à d'autres échelles (département, bassin versant, etc) sans souffrir de critiques majeures quant à sa représentativité.

La méthode Le Bissonnais fonctionne selon un arbre de décision, au sein duquel sont intégrés successivement (et par ordre décroissant d'importance) les caractéristiques spatialisées de la zone d'étude considérées comme paramètres à l'origine du processus d'érosion des sols. Les cinq paramètres successivement intégrés sont :

- La nature de l'occupation du sol; sont distinguées différentes classes d'occupation du sol : anthropiques (artificialisées), agricoles arables, agricoles permanentes (prairiales) mais aussi des milieux forestiers etc.
- Le niveau de battance des sols représenté le plus souvent par l'indice de battance propre à la texture de surface des sols
- La pente, obtenue à partir du MNT (Modèle Numérique de Terrain), elle est répartie en plusieurs classes de pente
- Le niveau d'érodibilité de sols représenté le plus souvent par l'indice d'érodibilité propre à la texture de surface des sols

A partir de ces quatre premiers facteurs, est obtenu la "sensibilité à l'érosion", c'est-à-dire la propension d'un sol à être érodé indépendamment qu'il subisse ou non une pression hydrique/hydrographique (pluie intense, ruissellement etc.); l'érosion ne se déclenchant qu'en présence d'un sol sensible mais aussi d'une contrainte climatique déclenchant le processus d'érosion. Pour tenir compte du fait qu'en tous lieux la pluviométrie et l'intensité des pluies ne sont pas identiques, un cinquième paramètre est ajouté.

- Le facteur déclenchant l'érosion est calculé à partir des niveaux locaux journaliers de la pluviométrie et de l'intensité des pluies. Distribué au sein de classes (quantiles) il augmente ou réduit la note de sensibilité à l'érosion locale selon que ce facteur soit,

respectivement, supérieur à la moyenne locale pluriannuelle (cas d'une période très pluvieuse et intense) ou inférieur à la moyenne locale pluriannuelle.

Enfin, parce que la méthode Le Bissonnais considère les terres agricoles arables comme toutes identiques, indépendamment des pratiques (cultures, itinéraires techniques, gestion des intercultures...) qui y sont conduites, nous avons tenu à ajouter un sixième critère "cultures" de sorte de distinguer les rotations agricoles à la parcelle "impactant" plus fortement les sols de celles les "préservant". Pour cela, en se référant à la méthode de calcul d'un coefficient cultural (Gabriels et al., 2003) basé sur la morphologie des couverts des différentes plantes cultivées, la durée en sol nu avant implantation, le niveau d'intensification du travail du sol, la vitesse de fermeture du couvert, le port foliaire des cultures.... Ce coefficient, pour deux parcelles aux sols identiquement sensibles à l'érosion, permet de les distinguer selon le niveau de protection (par les cultures) et selon l'intensité des travaux du sol qui y sont conduits (implantation comme reprise post récolte). Il ne distingue pas par contre les parcelles selon leurs gestions des intercultures. Le coefficient cultural est obtenu en moyennant les coefficients cultureux propres à chacun des termes annuels de la rotation type qui est assignée à ces parcelles; il est alors recalculé par rapport à une culture de référence présentant des propriétés intermédiaires pour chacun des critères de calcul (plante de référence, Féverole d'hiver = 1 – voir Annexe F). Les coefficients cultureux moyens obtenus (sur la rotation) sont alors compris entre 0.81 pour des prairies temporaires et 1.89 pour des successions maraichères. Le coefficient cultural parcellaire obtenu est alors simplement multiplié par la note de sensibilité à l'érosion des parcelles telle qu'obtenue de la méthode Le Bissonnais.

Opposés aux résultats de Gabriels et al. (2003), les coefficients cultureux obtenus reflètent assez fidèlement la tendance observée par ces derniers. Ils indiquent au final dans quelle propension une rotation culturale tend en moyenne à limiter ou accroître à la parcelle la sensibilité à l'érosion de la parcelle considérée (voir [ASET, 2012a](#)).

La carte de la sensibilité à l'érosion obtenue selon la méthode Le Bissonnais est présentée en figure 16. Sept classes de sensibilité à l'érosion ont été générées. Les deux classes extrêmes, de sensibilité égale à 0 et à 10 respectivement, correspondent successivement à des occupations des sols de type anthropiques et aquatiques pour lesquelles, l'érosion n'est pas un processus possible. Elles ne sont donc pas à interpréter mais figurent par simple souci de complétude. Le reste des classes (c'est-à-dire de valeurs comprises allant de 1 – "très peu sensible" à 5 – "très fortement sensible" inclus) sont alors à considérer.

Les zones "fortement" à "très fortement" sensibles à l'érosion sont principalement localisées en mont des AAC Hautes sources et Basses sources de la Vanne; très peu de ces zones sont rencontrées sur l'AAC de Cochepies. Il s'agit principalement de zones Limono-argileuses de plateaux ainsi que de zones argilo-limoneuses des contreforts s'en éloignant en direction de la Vanne. Ainsi, la sensibilité à l'érosion y est presque essentiellement une conséquence de la texture des sols (caractère battant) et/ou de la classe de pente des parcelles qui s'y trouvent. En fait, sur les plateaux, c'est le caractère battant des sols qui l'emporte sur la classe de pente alors que sur les contreforts, alors que la battance décroît du fait de sol plus argileux (et caillouteux), la déclivité accrue maintient la sensibilité à l'érosion des parcelles à un niveau sensible à très sensible.

Ce premier résultat ne tient cependant pas compte des modes de production agricoles qui y sont déployés.

Dès lors que le coefficient cultural moyen multiplicatif de la note de sensibilité à l'érosion est appliqué (en considérant les bornes des classes inchangées du fait que ce dernier est "centré" sur 1 lorsqu'une culture à effet moyen est considérée), de plus importantes surfaces apparaissent alors "fortement" à "très fortement" sensibles à l'érosion (Figure 17). C'est désormais presque tout l'ensemble des surfaces agricoles des AAC Haute et Basse Sources qui est concerné. Les zones "très fortement" sensibles sont cependant toujours situées en amont, sur les plateaux et sur les contreforts de la Vanne. L'aval proche de la Vanne qui apparaissait alors jusque là comme "moyennement sensible" à l'érosion a désormais gagné une classe et est souvent estimé "fortement sensible à l'érosion"; cela est dû aux types de cultures conduites sur ces sols limono-tourbeux, très humides, telles le maïs grain, les cultures maraichères. Les conditions édaphiques et de relief n'ayant pas changé, on se rend compte du potentiel effet de pratiques culturales (ici les rotations culturales) défavorables à la lutte contre l'érosion.

Pour l'intégralité de la zone d'étude, au sein de chaque polygone composant la carte d'occupation des sols, l'écart entre la sensibilité à l'érosion corrigée par les coefficients culturaux ($S_{Ero\ corr}$) et la sensibilité à l'érosion (S_{Ero}) a été calculé. Les valeurs obtenues ont été normalisées selon la sensibilité à l'érosion (hors coefficients culturaux) de sorte de restreindre la gamme des écarts obtenus (de -0.42 à +3.15 initialement vers -0.08 à +0.63 après normalisation) et d'en faciliter l'interprétation. Les résultats sont présentés en figure 18. La majeure partie des zones agricoles appartient à la 2^{ème} classe des écarts [0.038-0.264], celle pour laquelle l'écart ($S_{Ero\ corr} - S_{Ero}$) est inférieur à une classe de sensibilité à l'érosion. Ces zones agricoles sont certes plus ou moins sensible "édaphiquement" parlant à l'érosion, mais les systèmes de cultures qui y sont conduits tendent à y accroître le risque érosion (et ce, en dehors des pratiques de travail des sols, non considérées ici). Parmi les zones agricoles, une seconde classe d'écart [0.264 – 0.630], très concentrée le long de la Vanne mais aussi aléatoirement sur les plateaux amont et au sein de l'AAC de Cochepies est observée. Cette catégorie correspond à des zones pour lesquelles les pratiques et successions culturales accroissent très significativement la sensibilité à l'érosion des sols. Les rotations culturales qui y sont conduites sont généralement à base de maïs, que ce soit du maïs grain le long de la Vanne, que du maïs fourrager en lisière de forêt, là où l'élevage laitier persiste au sein de la zone (les cartes correspondant à chaque culture ou groupes de cultures majeurs sont proposées en Annexe B). A l'opposé, alors que cela n'apparaît pas du fait que forêts comme prairies apparaissent au sein de la dernière catégorie [-0.084 – 0.038], certaines zones agricoles présentent un écart normalisé très faible indiquant des pratiques culturales très conservatrices de l'état des sols, pour lesquelles $S_{Ero\ corr}$ est plus faible que S_{Ero} , signifiant potentiellement un système de culture et/ou de décision conscient de l'enjeu "érosion des sols".

Dans la suite de l'étude, les notes moyenne et médiane de la sensibilité à l'érosion corrigée par les coefficients culturaux pour chacune des parcelles agricoles ont été conservées au sein du fichier SIG final destiné à la priorisation des parcelles à aménager. Le choix de conserver des notes de sensibilité à l'érosion corrigées de l'impact des cultures cultivées sur les parcelles est inhérent au projet lui-même; la décision d'agroforester une parcelle dans le but de limiter les phénomènes d'érosion sur celle-ci relevant tout autant des conditions édaphiques et de relief, que des systèmes de cultures qui y sont conduits.

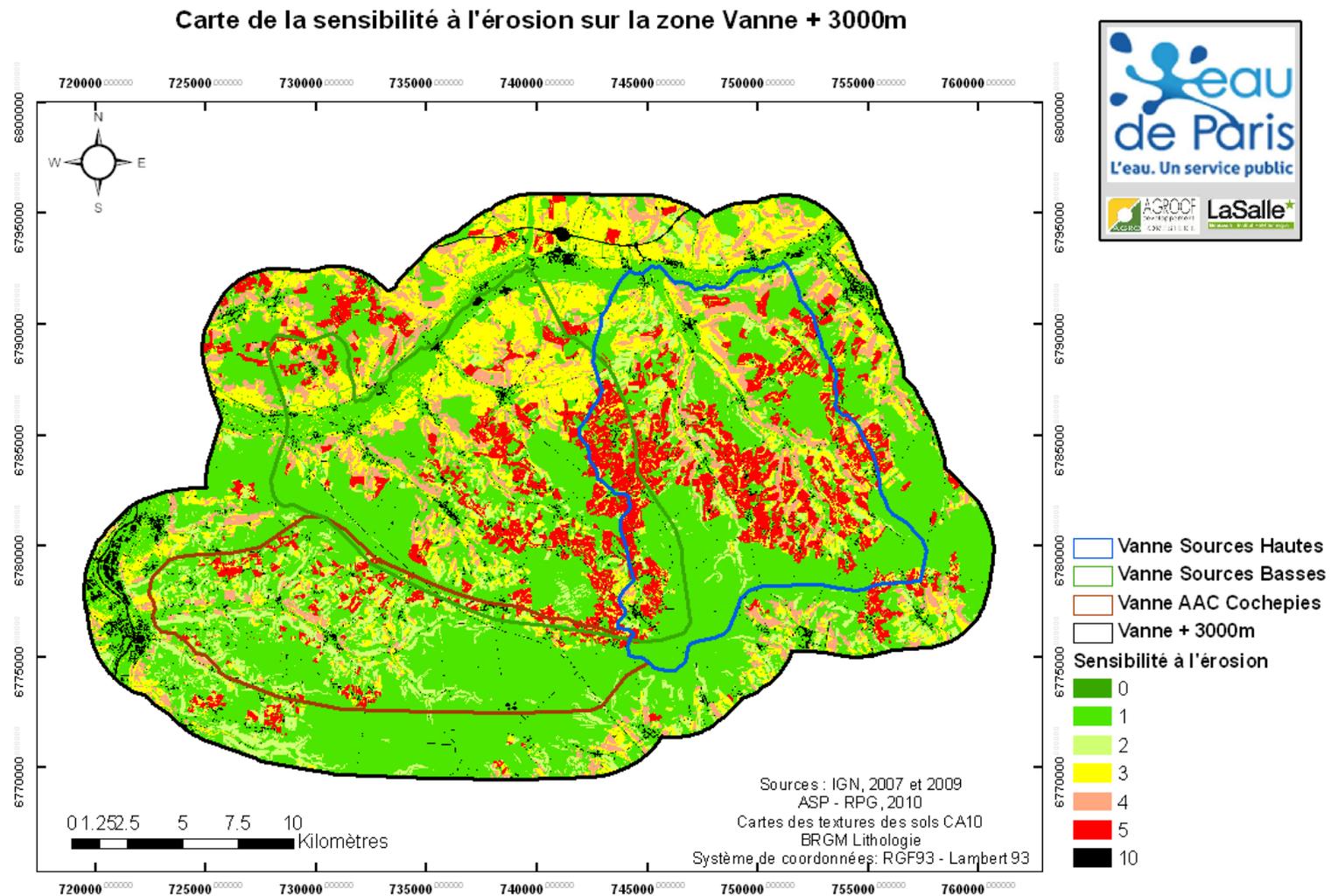


Figure 16 : Carte de la sensibilité à l'érosion au sein de la zone Vanne + 3000m d'après la méthode Le Bissonnais (1998)

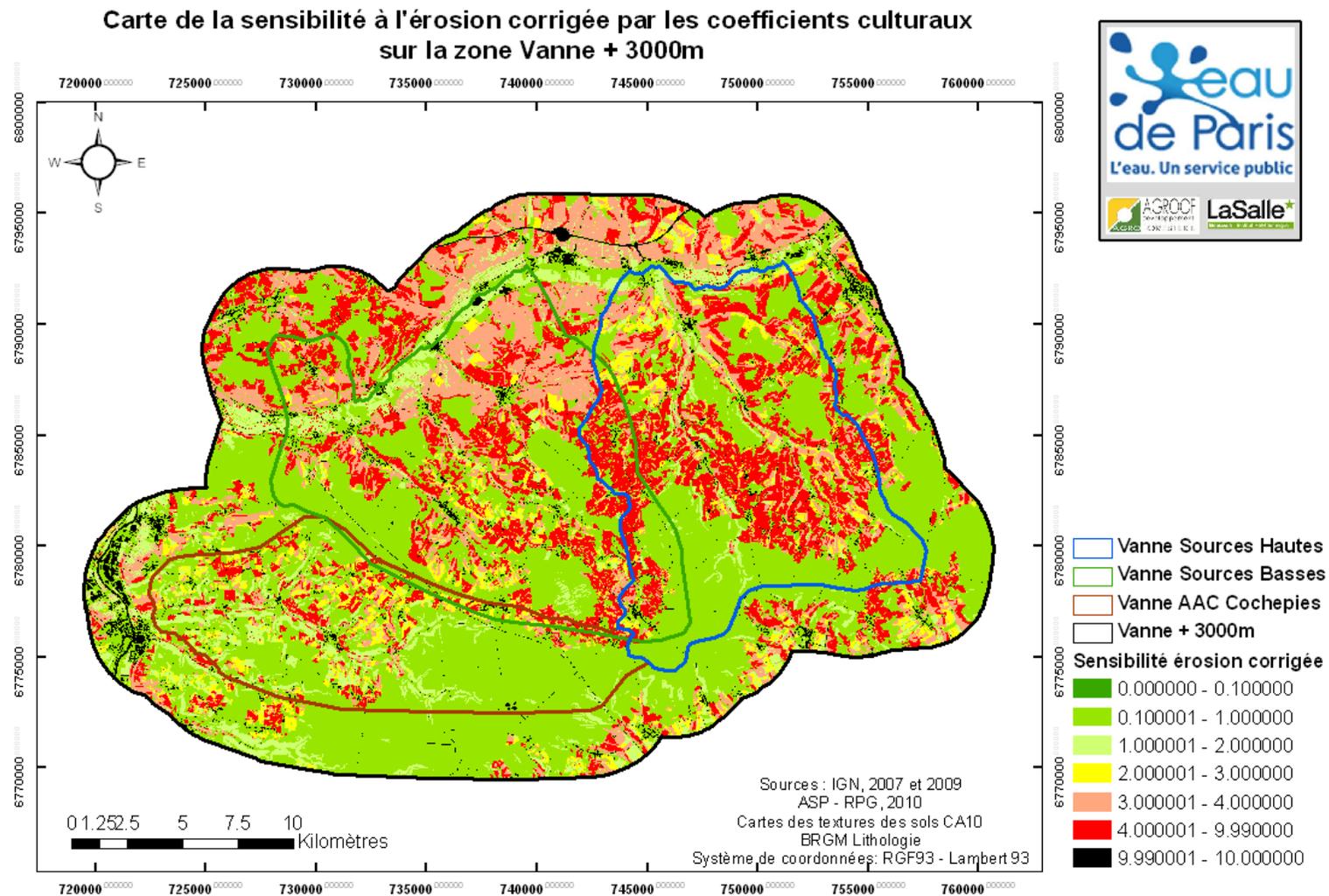


Figure 17 : Carte de la sensibilité à l'érosion corrigée par les coefficients culturaux moyens sur la rotation au sein de la zone Vanne + 3000m d'après les méthodes Le Bissonnais (1998) et Gabriels et al. (2003).

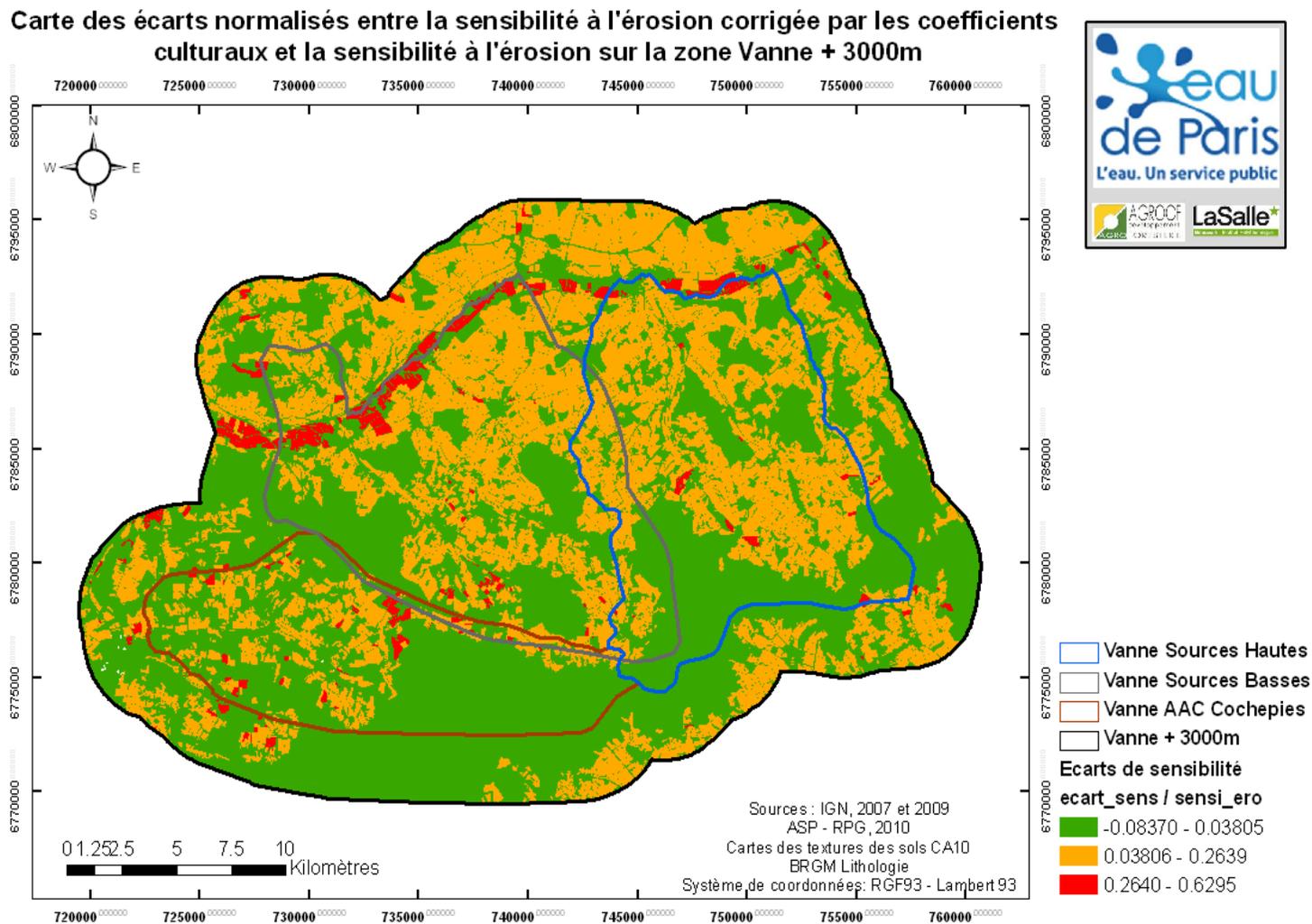


Figure 18 : Carte des écarts de la sensibilité à l'érosion corrigée par les coefficients cultureux moins la sensibilité à l'érosion au sein de la zone Vanne + 3000m (les classes sont obtenues selon la médiane de la distribution des fréquences des écarts observés)

2. Vulnérabilité parcellaire au ruissellement des sols agricoles

L'objet de cette partie est de différencier au sein du territoire d'étude les zones favorables au phénomène de ruissellement de surface, phénomène souvent à l'origine de l'arrachage des matériels du sol et leurs transferts, ainsi que celui des molécules phytosanitaires et/ou des molécules fertilisantes, vers (i) les réseaux hydrographiques de surface au sein desquels il induit colmatage (MES) et pollutions diffuses et (ii) les nappes souterraines via le phénomène d'infiltration préférentielle en des sites d'effondrement. De fait, l'objectif de cette partie est l'identification des parcelles agricoles au sein de la zone d'étude étant le siège de ruissellement. On entend par ruissellement, la propension d'un sol sous influence de pluies à devenir battants et voire les volumes d'eau, après fermeture des sols, ruisseler en surface vers un exutoire donné.

De manière générale deux types d'outils permettent de caractériser l'aptitude au ruissellement : les indicateurs et les modèles. Le bassin versant est l'échelle d'étude des modèles pluie-débit pour estimer quantitativement la relation pluie-débit tandis que les indicateurs permettent une analyse qualitative de la relation pluie-débit sur des unités hydrologiques homogènes ou à l'échelle régionale, nationale voire européenne. Si les modèles nécessitent l'équipement de l'unité hydrologique en matériel de mesure des quantités et des débits, ce n'est pas le cas pour les indicateurs. Un *"indicateur est une variable qui fournit des informations sur d'autres variables difficiles à acquérir ou à mesurer (...) et peut être utilisé comme référence pour prendre une décision"* (Gras et al., 1989). Les méthodes d'évaluation de l'aptitude au ruissellement sont donc des mesures alternatives permettant la compréhension de situations complexes et la prise de décisions de gestions efficaces.

Ne disposant pas d'équipement de mesures spécifiques au sein de la zone d'étude, nous avons décidé d'utiliser les méthodes à indicateurs. Parmi les diverses méthodes existant et référencées, trois types d'indicateurs sont usités : (i) de type mécaniste, (ii) de type à notation et (iii) de type hybride (Devilleers et al, 2005). Les types d'indicateurs se différencient par leur mode d'agrégation des variables pour évaluer l'aptitude au ruissellement. Le type mécaniste consiste à agréger les variables quantitatives choisies en intégrant directement leurs valeurs dans le calcul de l'indicateur. Cette intégration peut être réalisée par un ou plusieurs modèles soit par système d'équations. Cette approche ne nécessite pas de classification préalable des valeurs qui peuvent par conséquent être plus facilement comparées aux variables observées, comme les volumes ou le coefficient de ruissellement par exemple. En revanche, le type à notation consiste à transformer les valeurs des variables choisies lors d'une première étape en scores avant d'être intégrées au calcul de l'indicateur. Une note est attribuée à une classe dont les limites et seuils ont été définis. Une fois les seuils définis, l'avantage de ce type d'indicateur est qu'il est facile à comprendre et modulable. Il permet d'agréger des variables qualitatives et quantitatives. Le recours à l'expertise est souvent incontournable pour déterminer les seuils et les limites de classe. Une limite d'utilisation à et indicateur est l'"effet seuil" qui induit des variations importantes ou non selon les cas. Le type hybride combine les deux modes d'agrégation présentés précédemment.

Les principaux indicateurs exprimant l'aptitude au ruissellement sont l'indice SUGAR (Footprint, 2008), l'IDPR (BRGM, 1990), la méthode CORPEN (CORPEN, 2001), les méthodes par télédétection (Esteves et Rajot, 1999) et la méthode de cartographie du BRGM (Jaufret, 2001). Parce que les données nécessaires pour conduire ces méthodes ne

sont pas les mêmes selon la méthode, toujours disponibles librement et/ou à une résolution suffisamment fine, nous avons de retenir la méthode qui nécessitait des données déjà en notre possession : à savoir la méthode cartographique du BRGM (Jauffret, 2001). Elle nécessite comme données d'entrée, le MNT, la carte de la lithologie, la carte de l'occupation des sols et la densité de drainage. Cette dernière pouvant facilement être indirectement générée à partir de la BD CARTHAGE (IGN) et de la carte d'occupation des sols produite. Une note d'aptitude au ruissellement propre à chacun des critères considérés est calculée; puis la somme des critères est effectuée selon un système de pondération déterminé à dire d'experts. Dans le cas de la Vanne, les experts consultés ont été les différents enseignants chercheurs et experts intervenant dans le cadre de la formation ASET. A savoir, O. Scheurer - pédologue, R. Armand – géographe et pédologue (LaSalle Beauvais), L. Chalumeau – géomorphologue et L. Devos – pédologue (URCA, Reims). Concernant les 4 critères considérés dans la méthode, leurs poids respectifs sont donnés au sein du tableau 6 suivant.

Tableau 6 : Attribution des coefficients de pondération

Critère pour l'évaluation de l'aptitude de ruissellement	Poids associé
Classe de pente	4
Occupation du sol	3
Lithologie	1.5
Densité de drainage	1.5

La méthode aptitude au ruissellement du BRGM va donc prioriser la classe de pente et l'occupation du sol avec des poids respectifs de 4 et 3.

2.1. Les classes de pente

Les classes de pente ont été créées à partir du MNT au pas de 25m. Pour déterminer les classes de pente, les outils *pente* et *reclassification* sur ArcGis 10 ont été utilisés de sorte que pour chaque pixel de 25*25m, une note de classe de pente lui soit attribuée. Le tableau 7 ci-après présente les différentes classes de pente avec leur note d'aptitude au ruissellement :

Tableau 7 : Répartition des notes d'aptitude au ruissellement en fonction des pentes

Classe de pente	Aptitude au ruissellement	Note d'aptitude au ruissellement
0 à 2.5%	Faible	1
2.5 à 5%	Moyenne	2
5 à 10%	Forte	3
>10%	Très forte	4

2.2. L'occupation du sol

La notation de l'aptitude au ruissellement pour l'occupation du sol comprend 5 classes. Le tableau 8 ci-dessous reprend les 5 classes de la méthode cartographique BRGM selon l'occupation du sol issu de Corine Land Cover (CLC). Plus l'aptitude au ruissellement sera forte, plus la note sera proche de 10. Les zones dites urbaines peuvent apparaître surévaluées avec une note d'aptitude de 10; cependant cette note est conséquence de l'imperméabilisation de ce type de surface (bitume, asphalte, etc.) qui n'autorise que le ruissellement.

Tableau 8 : Classe d'aptitude au ruissellement en fonction de l'occupation du sol d'après la méthodologie ruissellement du BRGM

Classe d'aptitude au ruissellement	Aptitude au ruissellement	Occupation du sol
1	Faible	Forêts, landes, broussailles végétation arbustive
2	Moyenne	Espace vert urbain, prairie, pelouses
4	Forte	Terres arables, systèmes culturaux complexes, plage et dune de sable
5	Très forte	Décharge, Extraction de matériaux, vignoble, vergers
10	Maximale	Tissu urbain, réseau routier et ferré, autoroute, aéroport

Disposant dans notre cas d'une carte d'occupation des sols plus précise (métrique) et couvrant l'ensemble de la zone d'étude, les numéros de classes d'aptitude au ruissellement CLC ont été attribués aux classes d'occupation des sols (COS) tracées et identifiées par photo-interprétation (Tableau 9).

Tableau 9 : Attribution des notes d'aptitude au ruissellement selon les COS

Nom de la classe d'occupation du sol (COS)	N° COS	Note d'aptitude au ruissellement
Zone forestière	11	1
Bosquet	12	1
Jardin boisé	13	1
Zone parquée boisée	14	1
Haie	15	1
Zone en herbe	21	2
Friche	22	1
Culture céréalière	31	4
Autres cultures	32	4
Vergers-Vignoble	33	5
Prairie	34	2
Bâti	41	10
Jardin non boisé	42	2
Zone parquée non boisée / non végétalisée	43	10
Route et voies ferrées	51	10
Autoroute	52	10
Cours et plans d'eau	60	0

2.3. La lithologie

La lithologie correspond à la cartographie des couches géologiques sous-jacentes. Dans notre étude, son poids est relativement important (1.5) du fait de la composition des couches géologiques et de leur nature fissurée (karstique) propice aux phénomènes d'infiltration. La carte géologique de la zone à l'échelle 1/50000 a été digitalisée depuis le serveur du BRGM. L'attribution de la note d'aptitude au ruissellement, s'est faite selon les descriptions des formations géologiques des notices de chaque carte. Les notes de la méthode cartographique du BRGM ont été respectées (Tableau 10).

Tableau 10 : Notation pour l'aptitude au ruissellement selon la lithologie

N° de la classe	Aptitude au ruissellement	Description
1	Faible	Formation carbonatées fissurées (craie et calcaire) non recouverte d'une formation superficielle et les formations silicifiées très fissurées
2	Moyenne	Formation marno-calcaire, alluviales des cours d'eau et les formations alluviales recouverte de tourbe et d'argiles
3	Forte	Formation carbonatées fissurées (craie ou calcaire) recouverte de formation argilo-sableuse (de type argiles à silex), sables de l'Albien et grès du Trias, socle sous recouvrement sablo-argileux et aquifère multicouches comportant quelques niveaux calcaires
4	Très forte	Aptitude très forte pour les Argiles, aquifère multicouche sablo-argileuse ou argilo-sableuses, aquifère de socle (granite, roche métamorphique, schistes)

2.4. La densité de drainage

La densité de drainage correspond à la densité ($m.km^{-2}$) de cours d'eau sur une surface de référence. La source des données d'entrée pour calculer la densité de drainage est la BD Carthage de l'IGN, base de données du réseau hydrographique français à laquelle ont été ajoutés les cours d'eau identifiés et tracés au sein de la carte d'occupation des sols, puis linéarisés. Dans la BD Carthage, les cours d'eau sont présentés sous la forme de lignes. Pour calculer la densité de drainage sous ArcGIS, l'outil *densité de ligne* est utilisé en renseignant une surface de référence d' $1km^2$. Pour obtenir la classification souhaitée, l'outil *reclassification* a permis d'obtenir 4 classes de densité de drainage selon les quartiles observés. Le résultat des notes d'aptitude au ruissellement obtenues est indiqué dans le tableau 11.

Tableau 11 : Attribution des notes d'aptitude au ruissellement selon la densité de drainage

Classe de densité de drainage	Densité de drainage	Note d'aptitude au ruissellement
1	Faible	1
2	Moyenne	2
3	Forte	3
4	Très Forte	4

Carte de l'aptitude au ruissellement finale sur la zone Vanne + 3000m

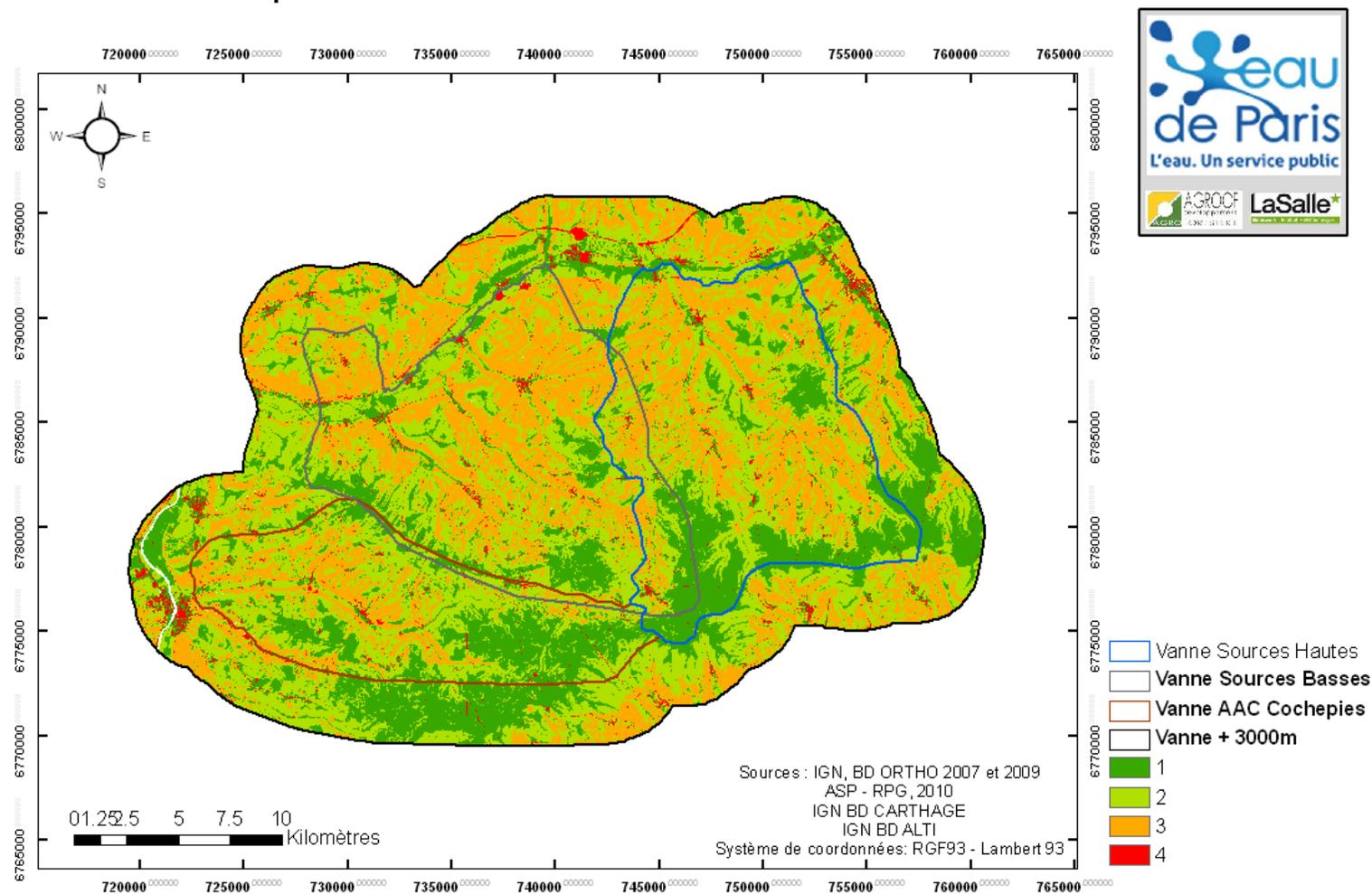


Figure 19 : Carte de l'aptitude au ruissellement finale au sein de la zone Vanne + 3000m (selon la méthode cartographique du BRGM, Jauffret, 2001)

2.5. Production de la carte d'aptitude au ruissellement finale

Pour chacun des pixels (25*25m) composant la zone d'étude, les notes d'aptitude au ruissellement finales proviennent des sommes pondérées des quatre notes respectivement obtenues à partir de la pente, de la lithologie, de l'occupation des sols et de la densité de drainage. Les poids utilisés sont, rappelons-le, ceux présentés au sein du tableau 6.

La carte finale obtenue (Figure 19) indique bien que la majeure partie des sols arables sont d'aptitude forte alors que les sols sous massifs forestiers et les sols arables en bordures de ces derniers y sont respectivement pas ou peu propices; il est à noter qu'en bordure de forêts, la pente est généralement faible, correspondant aux zones de plateau. A l'opposé, les zones anthropisées (bâties, routes, etc.), du fait de revêtements imperméables aux eaux de pluie sont d'aptitude très forte au ruissellement. A partir de ces premiers résultats, et malgré le poids élevé donné à la lithologie, il apparaît que ce sont essentiellement les critères "pente" et "occupation du sol" qui conditionnent l'aptitude au ruissellement provenant de la méthode d'estimation usitée. Concernant les seules zones arables, deux catégories semblent prédominer : les parcelles agricoles à forte pente et les parcelles agricoles contiguës aux zones bisées amont de plateau. Entre elles, le caractère prépondérant différenciant ces parcelles semblant être la classe de pente.

A partir de ce résultat, une note moyenne a été donnée à chaque parcelle agricole en intersectant (procédure statistique zonale) le raster de ruissellement final au parcellaire. Puis, à partir de cette valeur moyenne de ruissellement, une note de classe de ruissellement (5 classes de ruissellement distinguées) a été attribuée à chaque parcelle. Les classes ont été décidées selon la méthode des seuils naturels (Jenks) proposée sous ArcGis 10.0. La classe 1 (ruissellement inexistant) avait des notes moyennes de ruissellement inférieures à 10; la classe 2 (ruissellement faible) avait des notes moyennes de ruissellement comprises entre 10 et 22.5; la classe 3 (ruissellement moyen) avait des notes moyennes de ruissellement comprises entre 22.5 et 27.5; la classe 4 (ruissellement fort) avait des notes moyennes de ruissellement comprises entre 27.5 et 31.75; enfin, la classe 5 (ruissellement très fort) avait des notes moyennes de ruissellement supérieures à 31.75.

La méthode employée, dite "cartographique d'évaluation de l'aptitude au ruissellement" délivre un résultat probant et permet une différenciation spatiale de l'aptitude au ruissellement des sols du territoire étudié; ce résultat était attendu d'une méthode recourant aux indicateurs à notation. Elle permet donc d'identifier sur la globalité de la zone, la variabilité des aptitudes au ruissellement et facilite la localisation des zones de concentration des flux ruisselant.

Cependant, certaines limites et/ou précautions sont perceptibles :

- dès lors que l'on considère la géologie fissurée du territoire, au sein de laquelle les nombreux effondrements pourraient capter les ruissellements de surface et les drainer directement en profondeur, ce résultat peut sembler moins complet.
- Un second aspect de ce résultat invite aussi à discussion. Savoir si une zone, une parcelle agricole par exemple est apte au ruissellement est intéressant. Mais outre sa propre propension à ruisseler, des eaux de ruissellement d'origine extraparcellaire sont aussi susceptibles d'être concentrées sur la parcelle considérées, d'accroître alors le ruissellement voire de provoquer ravine, arrachement de substrat. De fait dans le cadre du projet expérimental Eau de Paris, identifier les parcelles ruisselantes nécessitent

aussi de les différencier dans un second temps de par leur position au sein des sous-bassins versants, selon les flux amont qui s'y accumulent.

De fait, si l'aptitude au ruissellement est un indicateur pertinent du risque potentiel encouru en chaque endroit du territoire, il doit cependant être interprété en tenant compte (i) du "potentiel d'infiltration" via le réseau de bétoures et/ou des vallées sèches existant sur le territoire et (ii) de l'accumulation de flux amont qui se déverseraient et ruisselleraient sur la parcelle considérée. Ainsi, lui superposer localement les surfaces drainées par les bétoures et/ou les vallées sèches et ajouter aux parcelles la quantité de surface drainée amont semblent nécessaires.

Dans la suite de l'étude, les notes moyennes et les classes d'aptitude au ruissellement pour chacune des parcelles agricoles ont été conservées au sein du fichier SIG final destiné à la priorisation des parcelles à aménager. Deux informations supplémentaires, à savoir l'accumulation de flux amont et l'appartenance des parcelles agricoles à des zones de drainage via les bétoures et/ou les vallées sèches, leurs seront octroyées. La production de ces deux informations supplémentaires vous est plus avant.

3. Délimitation des parcelles potentiellement drainées par les effondrements de surface (i.e. bétoures et vallées sèches)

L'objet de cette partie est de différencier au sein du territoire d'étude les parcelles agricoles contribuant aux ruissellements susceptibles d'être captés par les fractures karstiques de surface et de fait, de précipiter les eaux de ruissellement directement vers les nappes sous-jacentes. Ces processus sont inhérents au caractère infiltrant des sols et sous-sols. Il s'agit donc d'estimer spatialement le risque d'infiltration des eaux de surface.

Parmi les méthodes d'estimation de risque d'infiltration, deux modèles à indicateurs (hybrides) sont couramment utilisés : SUCROS (Footways) et l'IDPR (Indice de Développement et de Persistance de Réseaux) du BRGM (Mardhel, 2006). Si SUCROS est destiné à des estimations sur de grandes emprises (EU, nationale et régionale), l'IDPR est plus couramment utilisé à l'échelle de bassins versants (Regazzoni et al., 2010).

L'IDPR utilise très peu de données d'entrée : le réseau hydrographique réel (fourni par la BD Carthage de l'IGN) et le réseau hydrographique potentiel issu du MNT (BD ALTI de l'IGN). Cependant, l'IDPR est connu pour mal représenter le risque d'infiltration au sein de bassins versants de faible amplitude altimétrique (notre cas) ou encore en tête de bassin versant. C'est pourquoi si nous avons décidé d'utiliser la méthodologie de l'IDPR, nous n'attendons pas d'elle une estimation du risque d'infiltration pour chaque pixel du territoire, mais plutôt ses sorties intermédiaires telles le réseau hydrographique potentiel qui correspond, en l'absence de cours d'eau permanents en surface, des potentielles vallées sèches que nous souhaitons relier aux parcelles agricoles qui les accueilleraient. Par contre, dans le but de disposer en tout point du territoire, de la propension des sols à infiltrer les eaux ruisselantes de surface, nous utiliserons directement la carte de l'IDPR national, calculé et proposé par le BRGM sur sa plateforme de téléchargement Infoterre⁴. Nous le distinguerons en le dénommant IDPR_{BRGM}.

⁴ <http://infoterre.brgm.fr/>

3.1. Obtention et localisation des "vallées sèches"

Respectant la méthodologie IDPR, nous avons à partir du MNT produit le réseau hydrographique potentiel. Celui-ci est généré à partir des zones préférentielles d'écoulement des eaux de surface (thalwegs).

On s'attachera initialement, à corriger toutes les potentielles "dépressions" au sein desquelles les "écoulements" pourraient être drainés et disparaître du fait d'une altimétrie très inférieure à tous les pixels environnant (i.e. "cuvettes"); elles sont en effet considérées comme des artefacts altimétriques. En outre, de sorte de s'assurer que la réalité observée sur le terrain était prise en compte lors de la détermination des écoulements, toutes les surfaces en herbes, en haies, asphaltées etc. ont été rehaussées de 10 cm d'altitude, ceci pour tenir compte du fait que les parcelles agricoles ont quasiment toujours été observées plus bas que les autres éléments du paysage. De même, concernant les bétoires, dont nous disposons de la localisation, une zone de 2m de diamètre autour des bétoires a été créée et l'altitude en ces zones a été fixée à 70m, valeur altimétrique minimale observée sur la zone Vanne+3000m. Ainsi, à proprement parlé, les zones préférentielles d'écoulement ont été produites à partir d'un MNT corrigé selon les éléments de l'occupation des sols, à savoir un modèle numérique d'altitude (MNA). Les chemins préférentiels d'écoulements ou réseaux potentiel obtenus sont présentés figure 20.

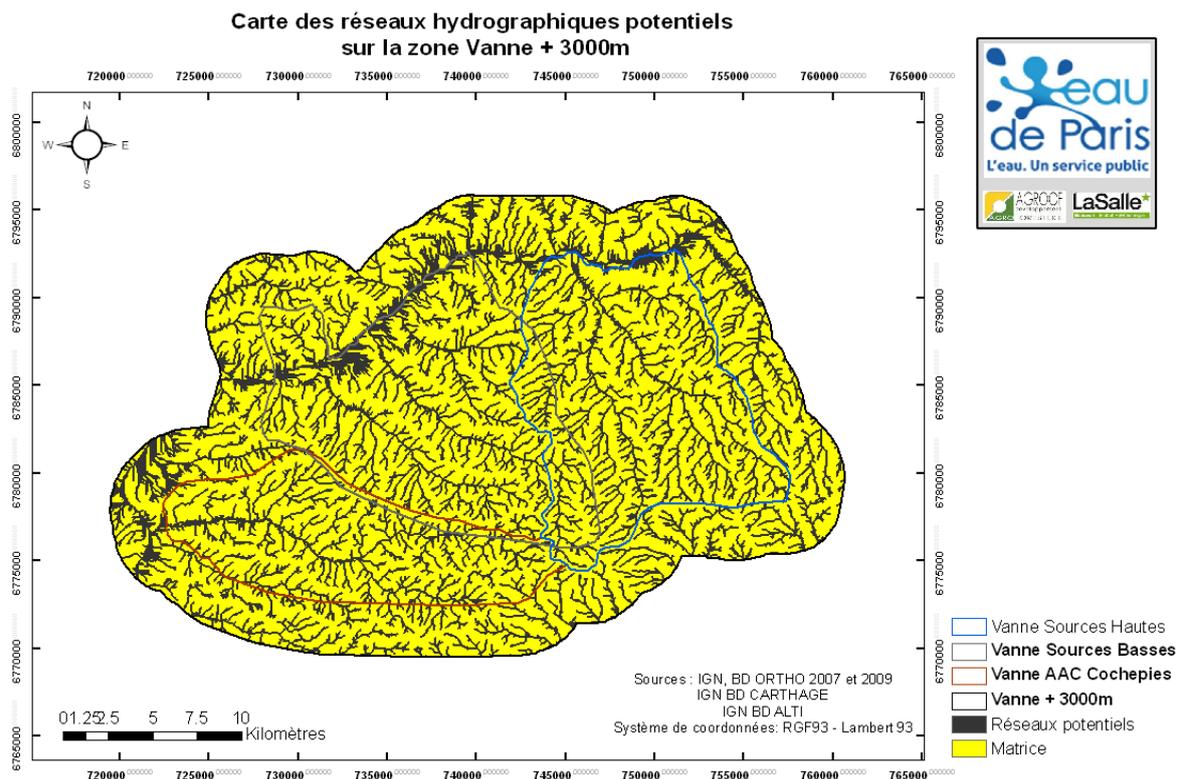


Figure 20 : Carte du réseau potentiel hydrographique (selon la méthode BRGM de l'IDPR, Mardhel, 2006)

3.2. Calcul de l'IDPR (méthode disponible dite "ASET")

Respectant la méthodologie IDPR, et à partir du réseau hydrographique potentiel (il contient les cours d'eau avérés comme ceux estimés exister), l'étape suivante correspond à confronter ce réseau potentiel au réseau réel. Pour ce faire, la distance euclidienne (DE) pour chaque pixel de la zone d'étude au plus proche cours d'eau existant (BD Carthage, $DE_{réelle}$) et au plus proche cours d'eau hypothétique (réseau hydrographique potentiel, $DE_{potentielle}$) est calculée. Ces deux distances sont alors confrontées telles que $[(DE_{potentielle}+1) / (DE_{réelle} + 1)] * 1000$. Un (1) mètre est ajouté pour chacune des distances, de sorte de permettre la division dans le cas où l'une et/ou l'autre des distances serait de zéro (0). Le résultat obtenu étant l' $IDPR_{ASET}$.

Les valeurs d' $IDPR_{ASET}$ obtenues sont comprises entre 0 et plus de 14000; ce résultat est conforme aux résultats couramment observés (Mardhel, 2006).

Elles ont été reclassées selon les seuils généralement usités en la matière. A savoir,

- $IDPR < 400$: Infiltration très majoritaire par rapport au ruissellement superficiel
- $400 < IDPR < 800$: Infiltration majoritaire par rapport au ruissellement superficiel

Dans ces deux cas, l'eau ruisselant sur les terrains naturels rejoint un axe de drainage défini par l'analyse des talwegs sans que celui-ci ne se concrétise par l'apparition d'un axe hydrologique naturel

- $800 < IDPR < 1200$: Infiltration et ruissellement de même grandeur. Il y a conformité entre la disponibilité des axes de drainage liés au talweg et les écoulements en place
- $1200 < IDPR < 1600$: ruissellement superficiel majoritaire par rapport à l'infiltration vers le milieu souterrain. L'eau ruisselant sur les terrains naturels rejoint très rapidement un axe hydrologique naturel sans que la présence de celui-ci soit directement justifiée par un talweg.
- $IDPR > 1600$: stagnation transitoire ou permanente des eaux, menant à deux interprétations différentes. Si la nappe est proche de la surface des terrains naturels, (cours d'eau et zones humides), le terrain est saturé et l'eau ne s'infiltré pas. Si la nappe est profonde, le caractère ruisselant peut démontrer une imperméabilité des terrains naturels

D'après les résultats de l' $IDPR_{ASET}$, on observe (Figure 21) que la majeure partie des terres agricoles présentent une classe d' $IDPR_{ASET}$ de valeur 1 indiquant une propension à l'infiltration généralisée sur le territoire d'étude. Seuls les thalwegs principaux (pour les zones de plateau et les contreforts) présentent une valeur d' $IDPR_{ASET}$ de valeurs 2 ou 3. Enfin ce sont les lits majeurs de la Vanne mais aussi de l'Yonne qui présentent des valeurs d' $IDPR_{ASET}$ de 4 et 5.

Si ces résultats sont conformes du fait que (i) les zones réellement et de manière permanente en eau voient leurs valeurs d' $IDPR_{ASET}$ proches ou supérieures à 1600 et (ii) les thalwegs principaux constamment ou temporairement en eau au cours de l'année (c'était le cas pour certains lors de la campagne automnale de terrain) sont affublés de valeurs d'IDPR comprises entre 2 et 3, il n'en reste pas moins que l' $IDPR_{ASET}$ ne semble pas à même de différencier le reste de la surface étudiée.

Cet état de fait est certainement conséquence des limites signalées de la méthode de l'IDPR (peu précise en tête de bassin et/ou au sein de bassin versant à faible amplitude

altimétrique). En outre, selon Mardhel (Février 2013, communication personnelle), la méthode IDPR souffre d'un certain biais d'estimation, surtout en tête de bassins, et nécessite une correction de ce biais par pondération de l'IDPR calculé par le "coût de déplacement de l'eau" en chaque point du territoire. Même si nous avons essayé de reproduire cette correction, elle reste aujourd'hui seule propriété du BRGM qui n'en délivre pas le détail tant que cette dernière n'aura pas fait l'objet d'un dépôt en propriété intellectuelle. Pour palier ce biais et disposer d'une méthode corrigée robuste, nous avons décidé (i) de confronter nos résultats aux résultats de l'IDPR_{BRGM} (Figure 21) et de ne considérer, dans la suite de ce document, que l'IDPR_{BRGM} comme juste, et (ii) de nous faire assister par V. Mardhel, en 2013-14, lors de la phase d'évaluation de l'aptitude à l'infiltration des sols sur le bassin versant de Villemer-Villeron.

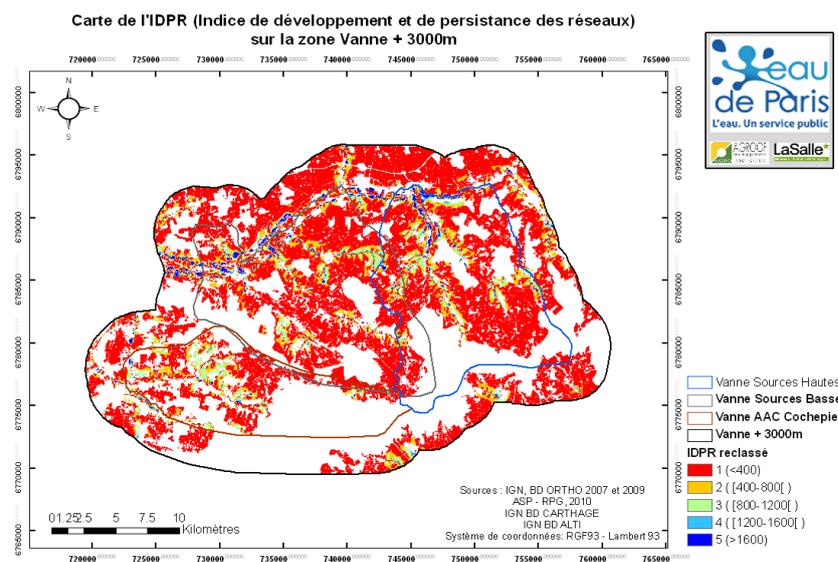
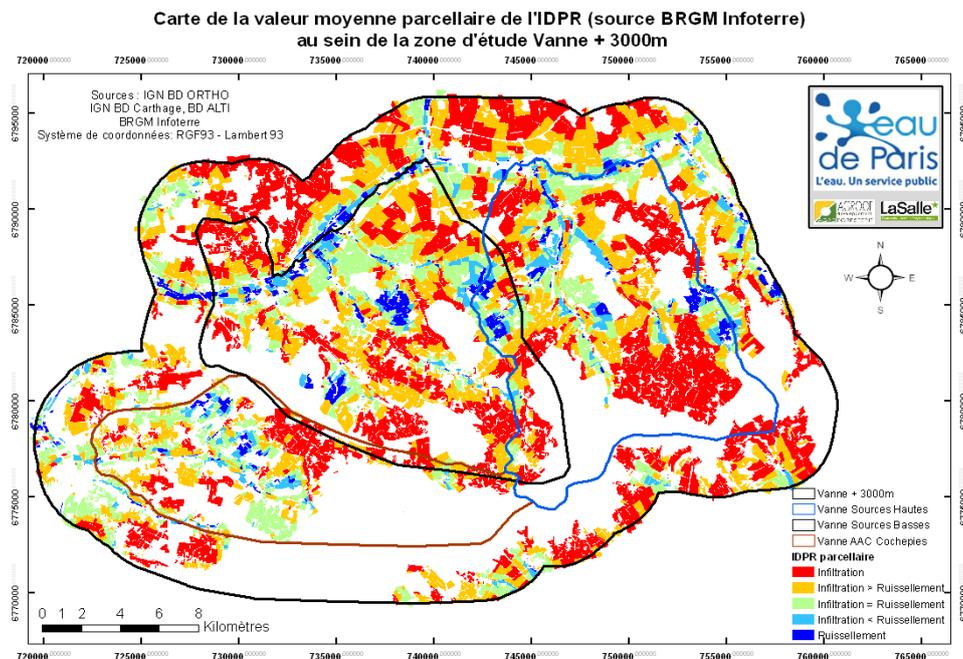


Figure 21 : Cartes des classes de valeur de l'IDPR_{ASET} (en haut) et de l'IDPR_{BRGM} (en bas) (d'après Mardhel, 2006)



Entre les deux cartes obtenues, on observe une plus grande diversité d'IDPR en chaque point du territoire pour l'IDPR_{BRGM} par rapport à l'IDPR_{ASET}. Même si les zones peu infiltrantes identifiées par la méthode ASET se retrouvent aisément au sein de la carte IDPR_{BRGM}, on s'aperçoit, alors qu'elles correspondraient essentiellement aux seules zones de concentration altimétriques (thalwegs), qu'elles sont plus élargies et diversifiées sur la carte de l'IDPR_{BRGM}. La capacité de distinction de l'IDPR_{ASET} semble par trop restreinte par rapport à l'IDPR_{BRGM}. En outre, certaines zones jusque là considérées comme majoritairement infiltrantes (IDPR_{ASET}) apparaissent moyennement infiltrantes voire autant infiltrantes que ruisselantes (zones au centre du territoire). Par contre, les plateaux amont des AAC Hautes Sources et Basses Sources, comme la limite Nord du territoire d'étude restent majoritairement infiltrantes.

3.3. Validation des vallées sèches et distinction de leur niveau d'infiltration selon l'IDPR_{BRGM}

De l'IDPR_{ASET}, un résultat intermédiaire a été conservé et utilisé: il s'agit du réseau hydrographique potentiel. Il représente l'ensemble des axes de concentration majeurs des eaux de ruissellement pour lesquels (i) le ruissellement pourrait être fortement majoritaire à l'infiltration, ou au contraire, du fait d'une roche mère crayeuse et potentiellement fracturée, (ii) l'infiltration supplanterait le ruissellement et participeraient au transfert rapide des polluants d'origine agricole vers les nappes d'eau sous-terraines.

L'objectif est d'une part de valider ces vallées sèches produites à partir de la méthode de l'IDPR (IDPR_{ASET}) et d'autre part de les distinguer quant à leur propension à infiltrer les eaux ruisselantes de surface.

Pour cela, la carte des réseaux potentiels a été confrontée à la carte des axes de ruissellement "avérés" produite par photo-interprétation, recensement en mairies et campagne terrain en 2007, lors de la délimitation des AAC, par le bureau d'études SOGETI (Figure 22).

Si dans l'ensemble, les axes potentiels de ruissellement correspondent bien aux axes de ruissellement SOGETI, cela est surtout vrai pour les parties aval des axes de ruissellement; par contre, à l'amont, le réseau hydrographique potentiel issu de l'IDPR propose des axes de ruissellement potentiels non perçus et/ou observés lors de la campagne de 2007. Ces axes amont correspondent bien à des dépressions au sein du paysage (vérification *in situ*). Cependant, ces thalwegs amont sont généralement moins marqués et de fait impossibles à observer sur ortho-photoplans. En conséquence de quoi, si les observations SOGETI sont des informations précieuses du fait qu'elles sont établies par recoupement d'informations (déclaratives, imagerie, campagne de terrain) elles ne permettent cependant pas une prise en compte complète de la variabilité altimétrique et ne permettent pas l'identification de zones amont contributives aux processus de ruissellement et /ou infiltration. Nous avons donc décidé de considérer les axes de ruissellement issus de la méthode IDPR comme réalistes et plus complets.

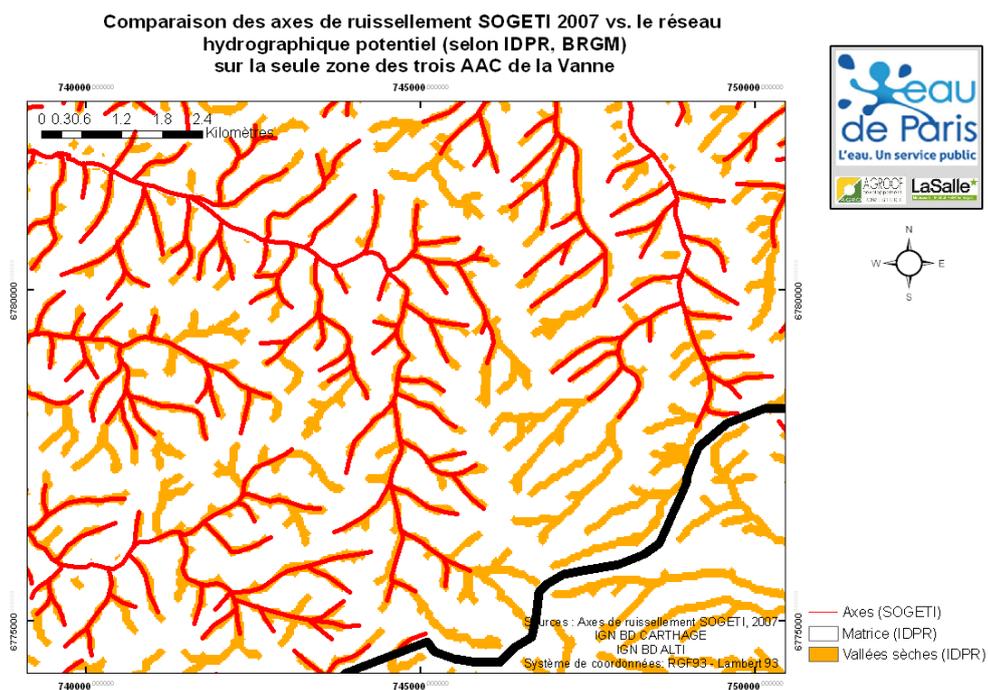
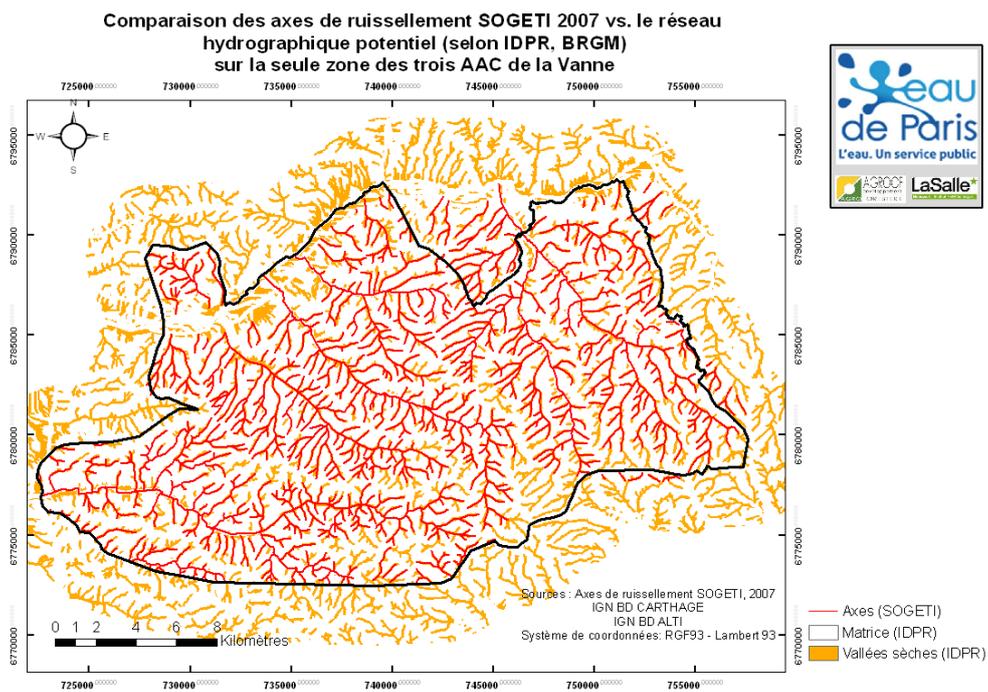


Figure 22 : Confrontation des réseaux hydrographiques potentiels (IDPRASET) aux axes majeurs de ruissellement (SOGETI, 2007)

Par la suite, dans le but de distinguer les axes de ruissellement potentiel selon qu'ils sont plutôt ruisselant (classe d' $IDPR_{BRGM}$ de 3 à 5) ou infiltrant (classe d' $IDPR_{BRGM}$ de 1 et 2), nous avons pratiqué une statistique zonale des axes de ruissellement potentiels sur l'indice d'IDPR sous-jacent. L'objectif est ici de distinguer les axes de ruissellement potentiels plutôt infiltrant, c'est-à-dire les vallées sèches, de ceux ruisselants.

Les axes de ruissellement potentiels ont été vectorisés (procédure *raster to polygon* en choisissant les pixels de valeur "1", c.-à-d. correspondant aux axes de ruissellement) puis une procédure de *fusion* a été conduite pour regrouper tous les pixels appartenant à un axe

de ruissellement continu donné. Au total, 955 polygones correspondant aux axes de ruissellement potentiels sont identifiés. Une zone tampon de 25 mètres autour de ces polygones a été ajoutée de sorte d'élargir certains des polygones qui sont très peu larges mais aussi de considérer l'IDPR_{BRGM} très proche de ces polygones. Ces polygones élargis sont alors intersectés (procédure *statistique zonale*) au raster d'IDPR_{BRGM} de sorte d'attribuer à chaque polygone, la valeur moyenne d'IDPR_{BRGM} sous-jacente et de permettre la distinction des vallées sèches (classes 1 et 2) des axes de ruissellement (classes 3, 4 et 5). Les résultats sont présentés figure 23.

Globalement, pour les AAC Hautes et Basses Sources de la Vanne, les vallées sèches à infiltration très majoritaire se situeraient en amont, au sein des zones de plateau alors que les axes de ruissellement des contreforts et de l'aval proche de la Vanne seraient plutôt moyennement infiltrant et un peu plus ruisselant (même si infiltration > ruissellement). Par contre, concernant l'AAC de Cochepies, deux résultats sont observés. Tout d'abord, du fait de grandes étendues forestières, très morcelées, au sein desquelles les parcelles agricoles sont alors éparses et peu nombreuses, la valeur de l'IDPR médian est égale à 0 du fait d'axes n'intersectant aucune valeur d'IDPR (code <Nul>) sous-jacente. Ces axes de ruissellement potentiels apparaissent alors grisés au sein de la figure 22. Ensuite, alors que le relief sur cette partie de la zone d'étude est encore moins variable qu'ailleurs, l'ensemble de la zone comprise au sein de l'AAC présenterait un IDPR de classe 1, c.-à-d. très infiltrant. On notera en sus, qu'au nord de la Vanne, zone non comprise au sein des AAC, les axes de ruissellement potentiels apparaissent majoritairement très infiltrants, correspondant à des vallées sèches.

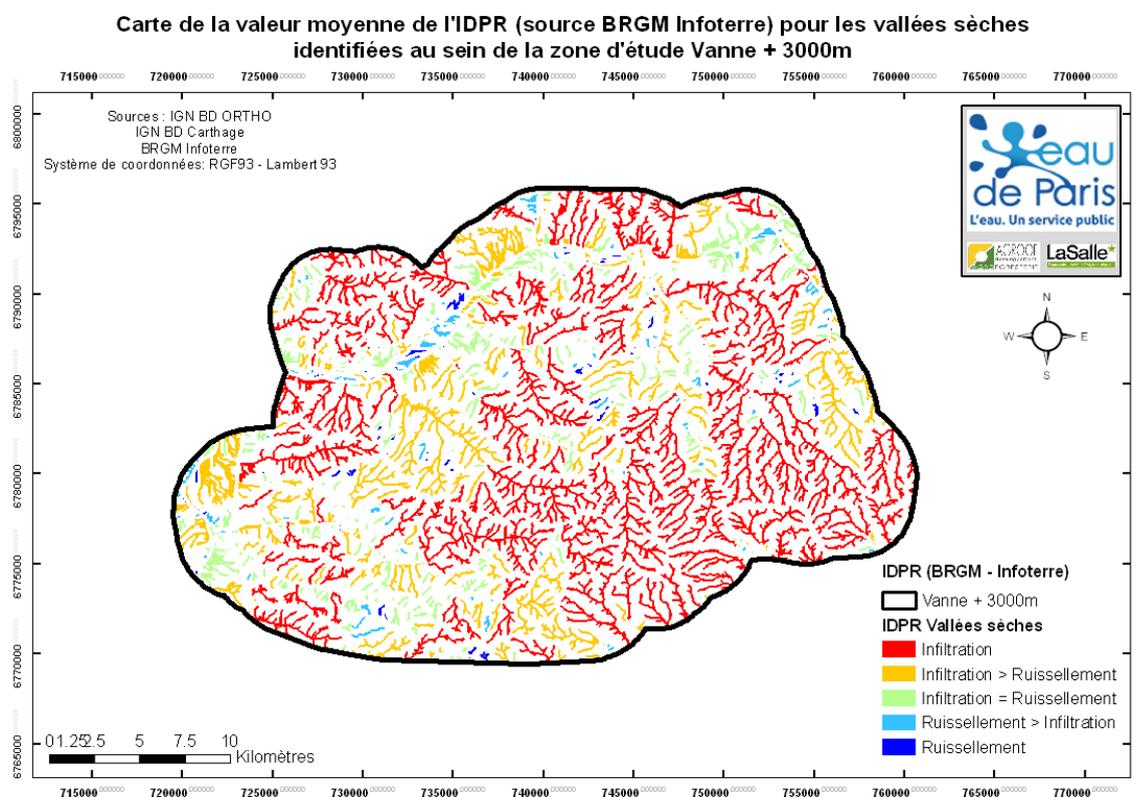


Figure 23 : Distinction des vallées sèches infiltrantes à très infiltrantes des axes de ruissellement selon l'IDPR_{BRGM}

De cette méthode de l'IDPR_{BRGM}, nous considérerons par la suite que seuls les axes de ruissellement dotés d'une note de classe moyenne d'IDPR_{BRGM} de 1 et 2 correspondent aux vallées sèches présentes sur la zone d'étude. Les autres axes de ruissellement potentiel (classe d'IDPR 3, 4 et 5) seront considérés comme ruisselant. Finalement le fichier des vallées sèches (classe IDPR_{BRGM} 1 et 2) a été confronté aux parcelles agricoles du fichier parcellaire et toute parcelle intersectant une de ces vallées sèches s'est vu attribuer le code "1" nous permettant plus tard de la différencier des parcelles n'hébergeant pas de vallées sèches ("0"). En effet nous émettons ici l'hypothèse que les parcelles accueillant en leur sein une vallée sèche se doivent d'être spécifiquement aménager, des aménagements certainement amont et intra-parcellaires sur l'axe de ruissellement, de sorte de maîtriser au mieux les risques d'infiltration en la parcelle.

Pour les parcelles non intersectées par un axes (ruisselant ou vallée sèche), elles se sont vues affecter le code "10". Le résultat est présenté en figure 24.

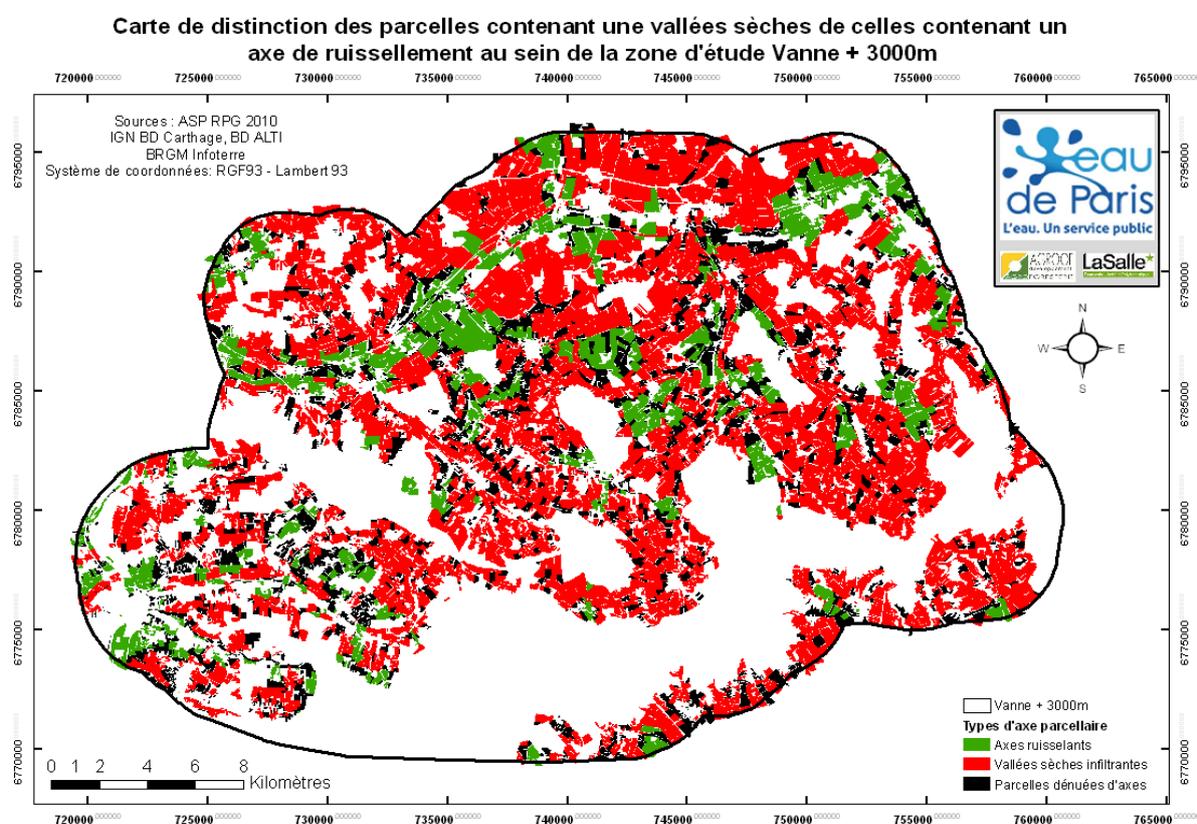


Figure 24 : Distinction des parcelles agricoles selon qu'elles contiennent un axe ruisselant (vert), une vallée sèche (rouge) ou aucun axe (noir)

3.4. Données supplémentaires d'accumulation et de longueur de flux à la parcelle

En complément des résultats présentés ci-avant, comme indiqué au § - "carte d'aptitude au ruissellement finale" (p. 59), les valeurs parcellaires moyennes et maximales de longueur et d'accumulation de flux amont ont été ajoutées au fichier parcellaire de sorte de pouvoir différencier les parcelles selon qu'elles se trouvent certes sur un axe de ruissellement/infiltration, mais aussi

- qu'elles se trouvent très en amont de cet axe de ruissellement (valeur de longueur de flux faible) ou très en aval (valeur de longueur de flux élevée),

- et enfin, selon qu'elles concentrent (valeur maximale d'accumulation élevée) ou non (valeur maximale d'accumulation faible) les flux sur une partie restreinte de leur surface (ravine, zone de dépression).

Ces valeurs ont été générées à partir du MNA au pas d'un mètre via les procédures *accumulation de flux* et *longueur de flux* d'ArcGIS 10.0 et attribuées aux parcelles selon la procédure *statistique zonale* appliquée au parcellaire. Les résultats obtenus vous sont présentés figure 25 (a) et (b).

- Concernant les longueurs de flux (m), les parcelles recevant de grandes longueurs de flux, c'est-à-dire les parcelles pour lesquels les flux de ruissellement venant de l'amont sur une grande distance et s'accumulant et/ou transitant sur la parcelle étudiée, sont essentiellement situées sur les communes de (i) Boeurs-en-Othe, Bérulle et Rigny-le-Ferron pour l'AAC Hautes sources, puis, Les Sièges, Molinons, Poissy-sur-Vanne et Cerisiers pour l'AAC Basses Sources. Chose surprenante, alors que l'on pourrait s'attendre à ce que les parcelles à longueur de flux élevée soient concentrées à l'aval des axes de ruissellement, c'est-à-dire proche de la Vanne, des parcelles présentent d'importantes longueurs de flux très en amont du territoire, sur les plateaux (cas de Boeurs en Othe, Bérulle). Pour ces communes, ces longueurs de flux sont souvent expliquées par l'existence d'axes de ruissellement très amont, très marqués dès les massifs forestiers surplombant ces communes. A l'inverse l'AAC de Cochepies ne semble pas "souffrir" de risque d'accumulation amont des eaux de ruissellement important du fait de longueurs de flux généralement faibles.
- Concernant l'accumulation maximale de flux (ha), les parcelles présentant d'importantes accumulations maximales de flux, c'est-à-dire une grande surface amont contribuant au ruissellement et qui se concentre sur un (ou plusieurs) pixel(s) (1*1m) de la parcelle étudiée, sont logiquement situées au sein des communes précédemment citées; on remarquera cependant, qu'au sein de l'AAC de Cochepies, la commune de Ville Chétive présente quelques parcelles où, même si les longueurs de flux sont relativement restreintes, l'accumulation maximale y est élevée. Il s'agirait là de parcelles pour lesquelles les ruissellements en provenance de surface très peu distantes des parcelles incriminées sont concentrés sur une surface restreinte faisant office d'exutoire.

Attention : Il est tout de même important ici, de rappeler que ces longueurs de flux et accumulations maximales ne sont que potentielles. En effet, les procédures permettant de les calculer ne tiennent pas compte d'éventuels aménagements d'hydraulique douce ou civils qui pourraient canaliser, chenaliser ces ruissellements et les empêcher de ruisseler au sein des parcelles, en continu. De même, malgré la prise en compte des haies, bosquets etc. au sein du MNA ayant servi à générer ces résultats, le fait de ne pas disposer du réseau complet des fossés et autres systèmes de récupération des eaux ruisselantes (buses, déversoirs, lagunes etc.) ne nous permet pas de disposer d'un mode de cheminement réaliste des eaux ruisselantes au sein des parcelles agricoles. Tout au plus nous permettent-elles de correctement différencier, localiser les sites à risque (ruissellement amont important, érosion concentrée), mais leur mode d'obtention invite à une vérification *in situ* de l'existence de tels aménagement d'hydraulique douce avant de conclure du caractère ruisselant de ces parcelles.

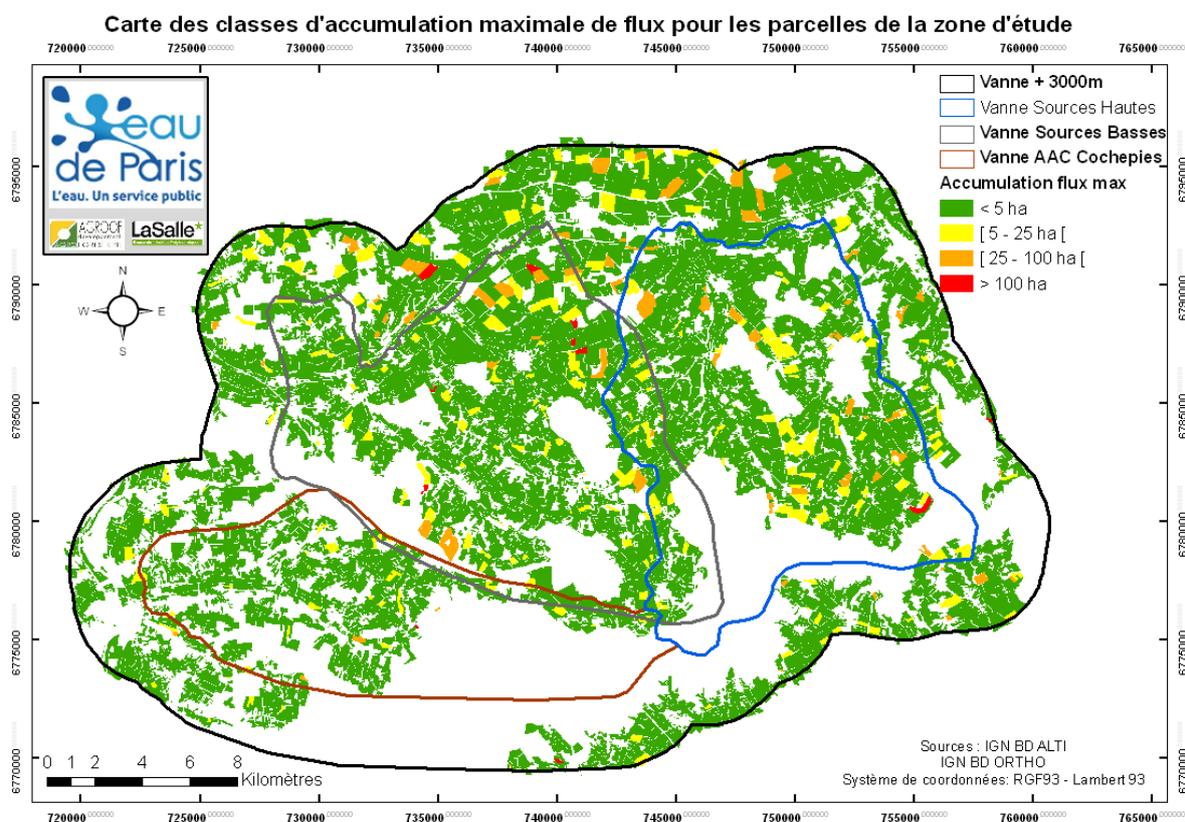
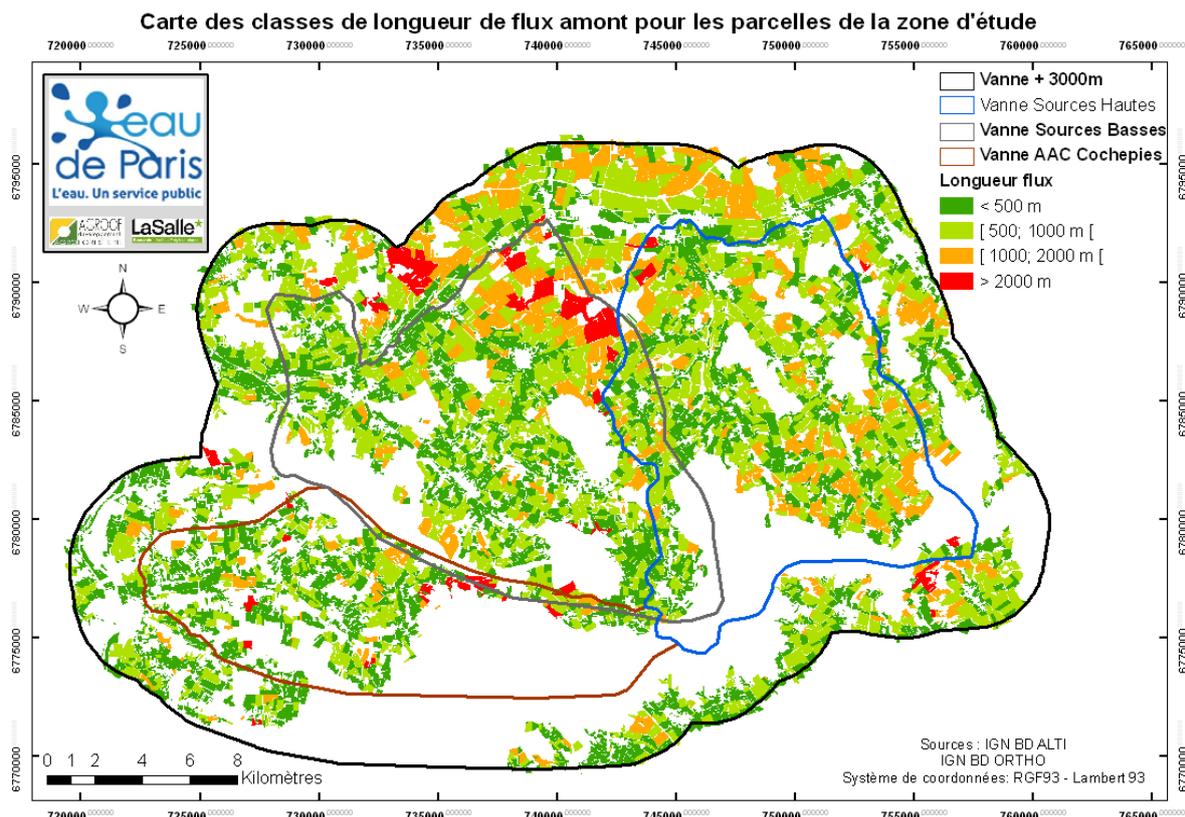


Figure 25 : Cartographies (a) des longueurs de flux amont (m) contribuant au ruissellement et (b) de l'accumulation maximale (ha) au sein d'une parcelle donnée

3.5. Obtention et localisation des bassins de dépression des bétoires

Si déterminer l'indice de développement et de persistance des réseaux nous a permis de différencier les zones majoritairement infiltrantes, cela a été réalisé indépendamment de la géologie du sous-sol et surtout sans tenir compte de la nature fracturée du réseau karstique existant sur la zone. Si l'IDPR nous permet ainsi d'imaginer les axes de ruissellement pour lesquels l'eau de ruissellement est concentrée en son sein et s'infiltré, il est d'autres structures karstiques, non linéaires mais ponctuelles pouvant intercepter des eaux de ruissellement et les précipiter (avec ce qu'elles véhiculent) directement vers les eaux sous-terraines. Au sein de notre zone d'étude, 121 effondrements ont été recensés par les services d'eau de Paris, qu'ils aient été par le passé rebouchés (bétonnés ou comblés) ou qu'ils soient aujourd'hui encore "ouverts". Ces 121 bétoires dont une carte papier (sur fond IGN 1/25000^{ème}) les localisant nous a été partagé par Eau de Paris; les bétoires y figurant ont été positionnées en respectant cette carte mais aussi en s'appuyant sur l'interprétation des orthophotoplans.

A partir du modèle numérique d'altitude (MNA, pixel = 1*1m), au sein duquel les bétoires se sont vues dimensionnées telle des cercles de 2m de diamètre, et l'altitude au sein de ces cercles ayant été portée à 70m (altitude minimale observée sur toute la zone d'étude), elles devenaient les seules dépressions altimétriques (i.e. cuvettes) en présence sur la zone, lieux préférentiels d'infiltration ponctuelle. Les bétoires sont présentées au sein de la figure 26.

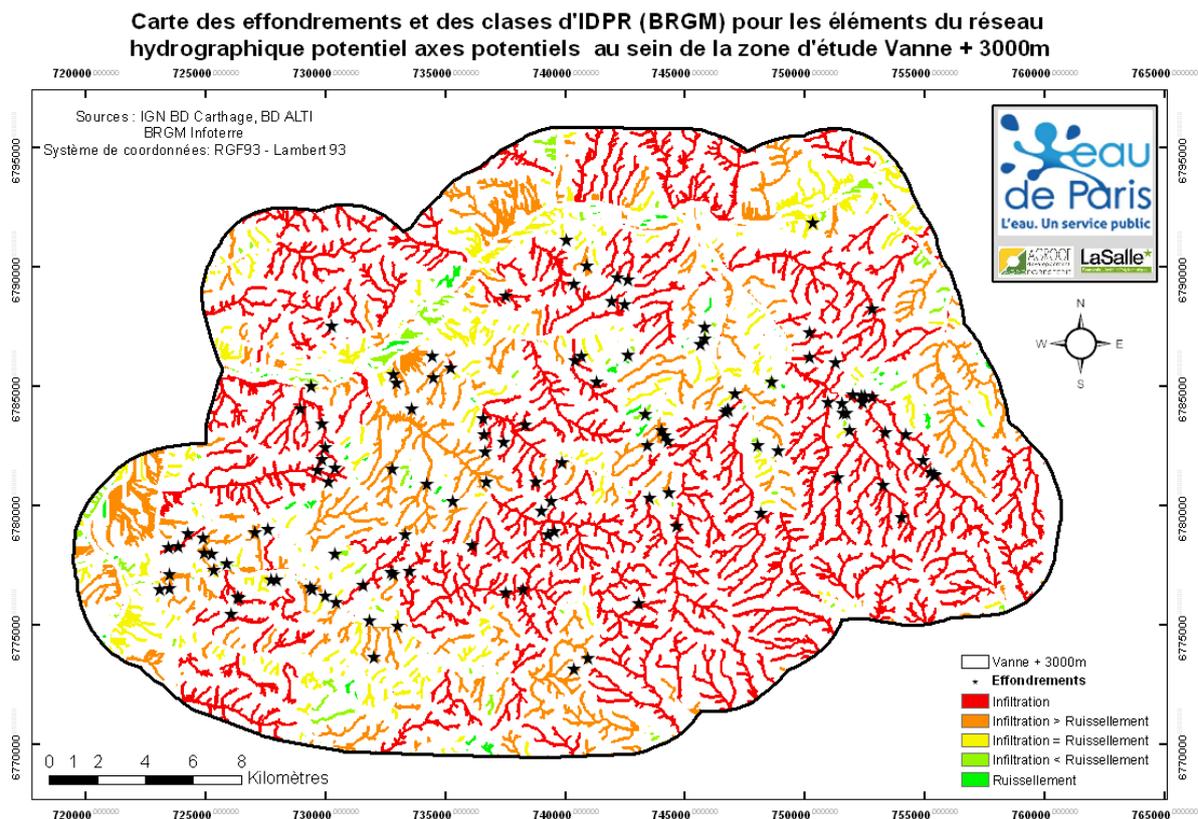


Figure 26 : Localisation des effondrements de la zone d'étude et valeur d'IDPR

En ayant alors recours aux procédures *Direction de flux* et *bassins versants* de la boîte à outils proposées par ArcGIS10.0, les bassins de dépression correspondant aux bétoires ont été générés. Il s'agit des surfaces contribuant potentiellement au ruissellement localisé

autour d'une béttoire et ayant comme exutoire (par infiltration ponctuelle) la béttoire correspondante. Les bassins de dépression générés portent alors le même identifiant que l'effondrement lui correspondant de sorte de faire aisément le lien entre un effondrement et son bassin de dépression. A partir des 121 béttoires, autant de bassins de dépression ont été générés; cependant, seuls 87 bassins de dépression sont comprises ou contigües à des parcelles agricoles; le reste des béttoires ayant été localisées au sein de massif forestiers. L'ensemble des bassins de dépression obtenus sont présentés figure 27.

Carte de localisation des 122 bassins de dépression relatif aux béttoires au sein de la zone d'étude

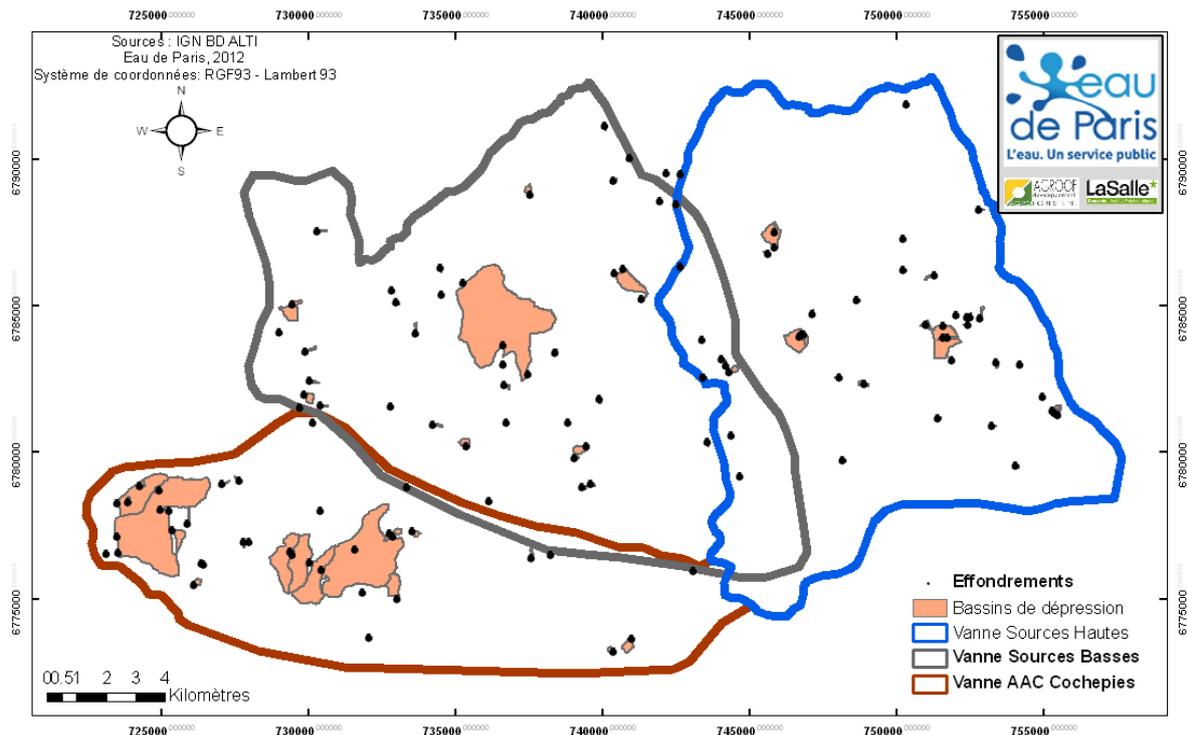


Figure 27 : Localisation des bassins de dépression relatifs aux 121 béttoires présentes sur la zone d'étude

Pour l'ensemble des basins de dépression, la surface contributive moyenne est de l'ordre de 20.03 ha (\pm 88.23ha). Le plus grand bassin de dépression observé fait 693.8 ha; il est situé au cœur de l'AAC Basses Sources et 174 parcelles agricoles l'entourant contribueraient à l'infiltration ponctuelle via la béttoire correspondante. Alors que les plus petits ($n=3$) sont de l'ordre de 2m², ce qui correspond approximativement à la surface de la béttoire telle que déclarée en tant que dépression. Au global, ce sont 751 parcelles agricoles (7,6% du nombre total de parcelles) qui font partie des bassins de dépression pour une SAU totale de 2443 ha (7,2% de la SAU agricole de notre zone d'étude).

4. Vulnérabilité écologique de la zone d'étude

L'objectif du marché public étant de localiser les espaces agricoles susceptibles de participer aux transferts vers les eaux de surface et sous-terraines d'intrants azotés, de molécules phytopharmaceutiques et de matière en suspension, responsables de la dégradation de la qualité des eaux captées, par des aménagements agroforestiers intra- comme inter-parcellaire, il nous a semblé important de considérer les bénéfices éventuels de ces aménagements sur la biodiversité en général. De fait, parce que ces aménagements sont herbo-ligneux avant toutes choses, nous avons tenu à incorporer une dimension "vulnérabilité écologique" à notre méthode globale de différenciation et localisation des parcelles à aménager.

Du fait de la nature herbo-ligneuse des aménagements à concéder, il nous a semblé opportun de nous concentrer sur une approche structurelle et fonctionnelle paysagère, telle celle prôner par la mesure nationale de renforcement/restauration des Trames Vertes et Bleues (TVB)⁵. Il s'agit d'une mesure phare du Grenelle de l'Environnement qui porte l'ambition d'enrayer le déclin de la biodiversité au travers de la préservation et de la restauration des continuités écologiques. On entend par continuité écologique l'ensemble des zones vitales (réservoirs de biodiversité) et des éléments (corridors écologiques) qui permettent à une population d'espèces de circuler et d'accéder aux zones vitales. La Trame verte et bleue est ainsi constituée des réservoirs de biodiversité et des corridors qui les relient.

Du fait d'alignements herbo-ligneux intra- et/ou inter-parcellaires, l'agroforesterie représente un important potentiel de restauration voire de confortation des corridors écologiques au sein des territoires qui en sont dénués. L'agroforesterie pourrait ainsi représenter une opportunité de recréer des "cœurs de nature" en situation openfield comme des corridors en situation fragmentée (c'est-à-dire à habitats naturels fragmentés et résiduels espacés). Les atouts de l'agroforesterie sont certes encore mal connus. Cependant les travaux en cours laissent présager de l'intérêt localisé dans un premier temps (lombrics, carabes, syrphes, pollinisateurs et passereaux) de ces aménagements, mais pourraient représenter une réelle opportunité y compris pour des communautés et familles animales plus diversifiées.

En conséquence de quoi, l'approche retenue ici a été d'estimer spatialement les manques ou besoins de connectivité au sein du territoire d'étude et de déterminer quelles parcelles agricoles pourraient, si elles étaient agroforestées, corriger ce défaut de connectivité, contribuer à la restauration locale de la connectivité écologique. Il s'agit donc bien là d'évaluer la vulnérabilité écologique du territoire et de différencier les parcelles agricoles selon ce critère. Pour ce faire, parmi les méthodes disponibles, nous avons retenue la méthode des coûts de déplacement selon la perméabilité des milieux. Un rapport technique spécifique de cette partie du diagnostic est disponible (ASET-TV B, Décembre 2012). Nous ne nous attacherons donc ici qu'à vous en présenter la méthode dans ses grandes lignes comme les résultats principaux obtenus.

Le principe de la méthodologie des coûts de déplacement

La méthode des coûts de déplacement cherche à calculer pour chaque pixel d'une emprise donnée, le coût de déplacement, pour une espèce écologique e , entre deux réservoirs de biodiversités (i.e. cœurs de nature pour l'espèce e considérée). Par exemple, si la distance physique entre deux cœurs de habitats favorables à l'espèce e est de 500m, mais que, du

⁵ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-La-Trame-verte-et-bleue,1034-.html>

fait d'éléments paysagers entre ces deux habitats défavorables à l'espèce e (exemple de zone urbaine, route, rivière...), la distance de déplacement peut s'avérer être de 1500m du fait de la faible perméabilité de l'espace au déplacement de e. En conséquence de quoi, le coût de déplacement devient supérieur à la distance réelle du fait d'un (d') élément(s) moins perméable.

Pour obtenir pour une espèce donnée, le coût de déplacement est calculé pour chaque pixel de la zone d'étude. Pour cela, il est nécessaire de disposer de :

- la distance entre les réservoirs de biodiversité pour chaque espèce repère utilisée
- la distance de dispersion maximale de chaque espèce repère considérée
- la note de perméabilité de chaque type de milieux vis-à-vis de chaque espèce repère considérée

Le résultat de la méthode est la cartographie continue sur la zone du coût de déplacement pour une espèce repère choisie. La valeur des pixels du raster (ou image) obtenu représente le coût de déplacement pour l'espèce choisie. Il s'agit de la distance relative entre les réservoirs de biodiversité pour cette espèce. Par exemple, pour une distance réelle de 500 m, le coût de déplacement peut être de 1 500 m. Cela signifie que sur cette distance réelle, il y a un obstacle qui représente pour l'espèce un effort important pour le traverser, car ce milieu est moins perméable. C'est pourquoi le coût de déplacement est supérieur à la distance réelle.

Pour disposer en tous points de la zone d'étude de la note de perméabilité des milieux la composant, il est nécessaire de disposer d'une carte précise (pixel = 1*1m ici) de l'occupation des sols. Elle a été produite par photo-interprétation à partir des orthophotoplans les plus récents puis combinées au parcellaire agricole. La combinaison avec le parcellaire (et les rotations types déclarées dans celui-ci) a permis de différencier les parcelles agricoles selon les cultures qu'elles accueillent le plus souvent; cela est utile pour certaines espèces repères qui seraient inféodées préférentiellement aux pâtures, ou parcelles céréalières etc. Une fois combinée, chaque polygone de la carte de l'occupation des sols se voit attribuer une note de connectivité selon le caractère structurant vs. bloquant des classes d'occupation des sols (Tableau 12).

Tableau 12 : Les différentes notes de connectivité attribuées aux classes d'occupation des sols (COS)

Notes	Code connectivité	Connectivité	Description
1	S	Structurant	Milieu de vie
2	A+	Très attractif	Zone d'alimentation ++
3	A	Attractif	Zone d'alimentation
4	F	Favorable	Peu d'obstacles majeurs
5	F-	Peu favorable	Peu d'obstacles majeurs, peu attractif
6	R	Répulsif	Présence d'obstacles
7	R+	Très répulsif	Quasi-infranchissable
8	B	Bloquant	Infranchissable

Ces notes de connectivité sont alors attribuées pour chaque COS, et pour chaque espèce repère utilisée dans l'analyse des besoins de connectivité. Dans notre cas, 6 espèces repères ont été retenues; elles devaient à la fois être commune (biodiversité commune) et

représenter une gamme d'espèces inféodée tant aux milieux naturels fermés (forêt) qu'agricole ou encore semi-naturel urbain (jardin, prairies temporaires...).

Les "notes" de connectivité pour chaque COS et chaque espèce repère sont présentées au sein du tableau x suivant. Elles ont été déterminées en considérant les caractéristiques biologiques et les préférences indiquées au sein des guides détaillant l'écologie des espèces repères. Elles ont été soumises aux experts du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) pour correction/validation.

Tableau 13 : Les notes de connectivité prêtées à chaque COS pour chacune des espèces repères retenues (S = structurant; A+ = très attractif; A = attractif; F = favorable; F- = peu favorable; R = répulsif; R+ = très répulsif; B = bloquant)

Milieux	Alouette des champs	Chevreuil	Crapaud commun	Ecureuil roux	Hérisson commun	Lièvre commun
Zone forestière	R+	S	S	S	S	A
Bosquet	R+	S	A	A	S	S
Jardin boisé	F-	F-	A	A+	A+	A
Zone parquée boisée	F-	F-	F-	F	F	F
Haie	F-	F	A	F-	F	F
Zone en herbe	A	F	F-	R+	A	A
Friche	A	A+	S	R+	F	A+
Cultures céréalières	S	A	F-	R	R	F
Autres cultures	F	A	F-	R	R	F
Verger et vignoble	F-	F	A	A+	F	F-
Prairie	A	F	F-	R	A	A
Bâti	B	B	B	B	B	B
Jardin non boisé	F	R	A+	R+	A+	F
Zone parquée non boisée	F-	R	R	R+	A	F-
Route et voie ferrée	F-	R	R+	R+	R+	R+
Autoroute	B	B	B	B	B	B
Cours et plan d'eau	F-	R	A+	R+	R+	R

En parallèle de quoi, au travers d'une recherche bibliographique spécifique et de discussion avec ces experts, les distances maximale de déplacement des espèces repères considérées ont été arrêtées.

A partir des notes de connectivités et des distances maximales de déplacement des espèces repères retenues, une note de perméabilité des milieux a été calculée. La méthode de calcul est inspirée de celle développée au sein du Guide méthodologique de constitution des trames vertes et bleues en Bourgogne (2011). Le tableau 14 suivant présente les résultats concernant les coûts de déplacement selon la catégorie de connectivité et la distance maximale de déplacement des espèces repères retenues.

Tableau 14 : Les notes de perméabilité prêtées à chaque COS pour chacune des espèces repères retenues (les distances maximales de placement par espèce repère sont indiquées ligne 3)

		Alouette des champs	Chevreuil	Crapaud commun	Ecureuil roux	Hérisson commun	Lièvre commun
Distance maximale	d	3500	12400	500	400	300	3000
Taille de la cellule	p	1	1	1	1	1	1
Raison	q	3,542	4,244	2,682	2,598	2,493	3,465
Milieux structurants	U1	1	1	1	1	1	1
Milieux très attractifs	U2	3,542	4,244	2,682	2,598	2,493	3,465
Milieux attractifs	U3	12,548	18,012	7,195	6,7499	6,216	12,007
Milieux favorables	U4	44,451	76,441	19,299	17,537	15,500	41,608
Milieux peu favorables	U5	157,457	324,418	51,765	45,561	38,646	144,179
Milieux répulsifs	U6	557,769	1376,834	138,850	118,372	96,355	499,606
Milieux très répulsifs	U7	1975,810	5843,296	372,440	307,537	240,243	1731,224
Milieux bloquants	U8	6999	24799	999	799	599	5999

A partir de ces données, par espèce repère, sont alors produites les cartes de connectivité, de perméabilité des milieux puis les cartes des corridors écologiques potentiels reliant les "cœurs de nature" spécifiques entre eux. A la fin du processus de traitement de l'information géographique, 6 cartes des corridors écologiques potentiels (une par espèce repère) sont disponibles. Elles sont alors rasterisées et assemblées entre elles de sorte de ne disposer que d'une carte unique représentative des 6 espèces repères retenues. Pour ce faire, la carte spécifique rasterisée de chaque espèce repère s'est vue attribuer une note (un poids) selon que l'espèce repère était d'intérêt pour un agriculteur. Pour déterminer quel poids appliqué à chaque espèce, nous avons tous ensemble mené un recensement des "perceptions" auprès d'étudiants ASET (n=15) tenant le rôle des agriculteurs et donnant une note d'intérêt pour chaque espèce repère (i.e. *"En tant qu'agriculteur, quelle note d'intérêt (sur 10 – 1 : pas d'intérêt voire gênante à 10 : très intéressante) donneriez-vous à l'espèce e si elle se trouvait sur votre exploitation agricole ?"*). Les poids spécifiques ainsi obtenus sont présentés au sein du tableau 15.

Tableau 15 : Classement et pondération associés à chaque espèce repère retenue

Classement	Espèce	Pondération
1	Hérisson commun	0,24
2	Ecureuil roux	0,17
3	Lièvre commun	0,16
4	Chevreuil	0,15
5	Crapaud commun	0,14
6	Alouette des champs	0,14

L'ensemble des notes attribuées par espèce repère a alors permis de déterminer le poids spécifique multiplicateur de chacun des pixels de la carte rasterisée des corridors

écologiques potentiels de l'espèce repère en question. Pour obtenir une carte unique, les valeurs pixellaires pondérées pour chaque espèce ont alors été sommées telles que :

$$P_{i, \text{ toutes espèces}} = \sum_1^s (W_{\text{espèce } e} \times P_{i, \text{ espèce } e}) \quad \text{eq.1}$$

Avec $P_{i, \text{ toutes espèces}}$ = la valeur multispécifique sommée et pondérée pour le pixel i
 $W_{\text{espèce } e}$ = le poids de chaque espèce e (voir tableau 15)
 $P_{i, \text{ espèce } e}$ = la valeur du pixel i au sein de la carte des corridors potentiels de l'espèce repère e

Au sein du raster unique obtenu, la somme pondérée oscille alors entre 1 (corridors écologiques plurispécifique très connectés entre eux) à 5 (défaut de connexion entre corridors écologiques plurispécifique). Il représente pour chaque pixel du raster obtenu, le besoin moyen local (c'est-à-dire plurispécifique) en connectivité (Figure 28).

Le raster obtenu a alors été intersecté avec le fichier de formes du parcellaire de sorte que chaque parcelle agricole se voit affectée de la valeur moyenne des pixels sous-jacents; une note moyenne de besoin en connectivité écologique a ainsi été attribuée à chacune des parcelles le composant.

Au regard de la distribution des fréquences de la note parcellaire moyenne obtenue en matière de besoin en connectivité, 4 classes de parcelles ont été différenciées selon les quartiles naturels de cette variable :

- les parcelles pour lesquelles un aménagement parcellaire est non indispensable (classe 1, $x < 3.95$)
- les parcelles pour lesquelles un aménagement parcellaire est possible (classe 2, $3.95 < x < 4.20$)
- les parcelles pour lesquelles un aménagement parcellaire est souhaitable (classe 3, $4.20 < x < 4.50$)
- les parcelles pour lesquelles un aménagement parcellaire est recommandé (classe 4, $4.50 < x < 5.00$)

Le parcellaire ainsi différencié est présenté figure 29. Les parcelles pour lesquelles l'aménagement intra- ou inter-parcellaire pourrait répondre à un besoin de connectivité écologique (classes 3 et 4) sont principalement concentrées le long de la Vanne, de chaque côté de celle-ci. Ce résultat est cohérent avec le fait (i) que les réseaux urbain, routier, ferroviaire, aquatique (Vanne elle-même) et de grillages le long de l'autoroute sont denses et contigus les uns aux autres, selon un axe est-ouest, et empêcheraient tous déplacements, (ii) que les parcelles agricoles de grandes dimensions ayant bénéficiées de remaniements fonciers agricoles sont concentrées le long de la Vanne et (iii) que les structures équivalent topographiques (SET) dont les haies sont très fragmentées voire inexistantes dans ces zones là. Les parcelles ainsi différenciées pourraient, consécutivement à un réaménagement paysager, participer de l'accroissement de la connectivité écologique locale. Elles permettraient en outre de renforcer dans leurs parties aval les connectivités des différents vallons nord-sud qui se succèdent lorsque l'on va de Sens vers Troyes.

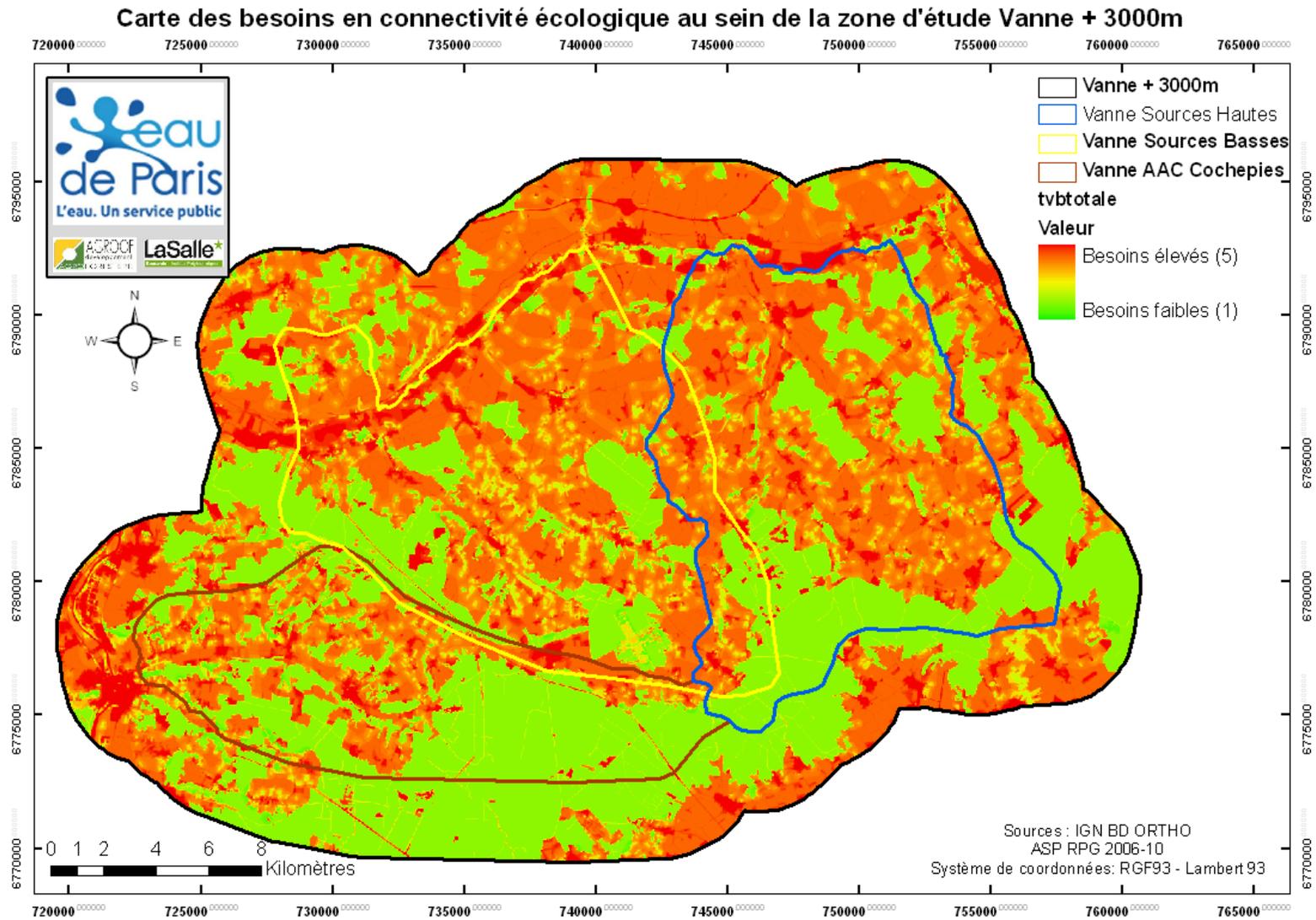


Figure 28 : Variabilité des besoins moyens plurispécifiques en connectivité écologique au sein de la zone d'étude

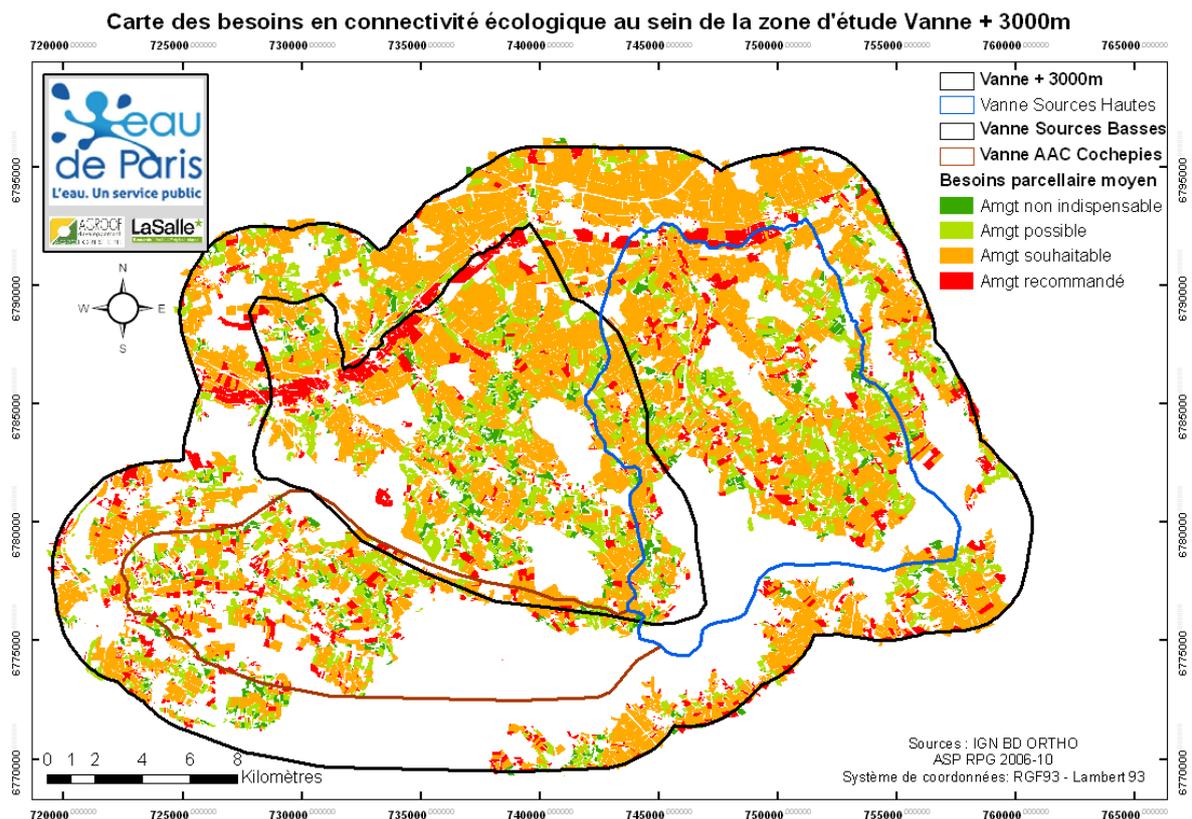


Figure 29 : Variabilité des besoins moyens plurispécifiques en connectivité écologique à la parcelle au sein de la zone d'étude

V. IDENTIFICATION SELECTIVE DES PARCELLES AGRICOLES A AMENAGER

Au cours de la partie précédente, nous nous sommes attachés à différencier les parcelles agricoles selon leur participation propre aux processus d'érosion, de ruissellement, d'infiltration de sorte que leur aménagement agroforestier permettrait de limiter ces risques et accroître la connectivité écologique locale.

A partir de ces résultats individuels, après reclassement, nous allons procéder à l'identification multicritère des parcelles agricoles qui devraient accueillir divers types d'aménagement de sorte de réduire les risques de transferts d'intrants azotés, molécules phytopharmaceutiques et autres matière en suspension vers les eaux de surface et souterraines. Si l'agroforesterie (sous différentes formes) est le système d'aménagement envisagé au cours de ce projet, tel que commandité, nous tiendrons cependant compte des diverses autres actions proposées par Eau de Paris sur le territoire de la Vanne (remise en herbe, conversion à l'agriculture biologique) de sorte de tenir compte des enjeux parcellaires rencontrés, parfois très différents entre parcelles.

1. Méthodologie de priorisation des parcelles : l'Analyse Multi-Critère (AMC)

L'identification des parcelles à aménager repose sur une priorisation (s'apparentant à aux méthodes de classification traditionnelle) des parcelles selon qu'elles présentent une plus ou moins forte sensibilité au ruissellement, à l'infiltration, à l'érosion etc. Elle repose alors sur une méthode d'agrégation des diverses vulnérabilités établies.

Cette revient donc à conduire une analyse Multi-Attributs (AMA) ou Multi-Critères qui sont très souvent utilisées lors d'une prise de décision (Allier *et al.*, 2006). Ces méthodes, et l'AMC surtout, permettent au décideur de choisir entre plusieurs scénarii ou solutions qui s'offrent à lui. Le scénario est créé par une suite de critères qui sont agrégés et qui, mis bout à bout, constitue une combinaison singulière. Il s'agit ensuite, après pondération des critères et/ou des scénarii, d'établir un classement des scénarii ou des solutions, pour une prise de décision renseignée. De surcroît, l'AMC (i) autorise une concertation renforcée entre acteurs et décideurs conduisant à des plans d'action participatifs et consensuels (Previl *et al.*, 2003), (ii) présente une très grande compatibilité avec les systèmes d'information géographique (Barki *et al.*, 2007) et (iii) permet de prendre en compte aisément le grand nombre de critères physiques (vulnérabilités, besoins en connectivité, etc.) générés lors des diagnostics de vulnérabilité individuels précédents (Fares *et al.*, 1994).

Malgré qu'il existe un très grand nombre de méthodes d'AMC, Linkov *et al.* (2004) et Allier *et al.* (2006) indiquent que la plupart des outils d'aide à la décision (OAD) de gestion ou de développement environnemental se cantonnent à l'agrégation (a) totale ou (b) partielle des critères entrant dans la hiérarchisation des solutions (El Magnouni, 1997).

- L'agrégation partielle ou méthode de sur-classement : l'idée est classer un scénario par rapport aux autres selon la combinaison de critères qu'il présente. D'après le principe de Condorcet, « *une action surclasse une autre si elle est au moins aussi bonne que l'autre relativement à une majorité de critères, sans être nettement plus mauvaise que cette autre relativement aux autres critères* » (Roussa, 2007). Il s'agit alors de comparer les solutions deux-à-deux afin de les classer par rapport au nombre de critères performants de chaque solution. Cependant, cette méthode exige que les critères soient indépendants les uns par rapport aux autres, ensuite elle n'associe pas les scores obtenus par critères et de fait ne simplifie pas l'information, enfin, elle est peu compatible avec l'outil

informatique SIG (pour rappel : 9853 parcelles à comparer deux à deux ...) car très peu de logiciels autorisent de conduire des AMC partielle et encore moins sont disponibles sur le marché.

- L'agrégation totale : à la différence avec la première, l'agrégation totale cherche à optimiser une fonction qui donne une note globalisée (voir Tableau 1 ci-après) en attribuant à chaque critère un score. Elle nécessite que tous les critères soient numériques (quantitatifs ou ordinaux) et elle autorise (voire invite) à pondérer les critères entre eux de sorte de refléter au mieux la réalité rencontrée sans quoi aucune note globale ne pourrait être attribuée. L'agrégation totale utilise la somme ou le produit pondéré des critères pour attribuer une note finale aux différents scénario/solutions afin de les classer entre eux. Elle a l'avantage d'être simple et facilement informatisable, pour un très grand nombre d'individus. En outre, elle apparaît bien adaptée à la prise de décision consensuelle car les acteurs et les décideurs pondèrent les critères avec une note d'importance ou d'utilité selon leur libre arbitre (Allier, 2006). Maintenant, l'agrégation totale possède l'inconvénient de simplifier les situations complexes en agrégeant des critères et engendrant une certaine perte d'information. De fait s'il est conseillé de l'utiliser pour restreindre l'information et permettre un classement, une priorisation, il est inconcevable de ne pas décrire au sein de ce classement des groupes de situations/scénarii explicites, renseignés à partir de l'information initiale, à savoir les valeurs des critères.

Dans cette étude, et afin de prioriser chacune des parcelles (par rapport aux autres) nécessitant un aménagement selon une note unique et globale de vulnérabilité, nous avons choisi de conduire une analyse multicritère par agrégation totale. Comme indiqué ci-avant, les divers critères considérés ici sont les notes de vulnérabilité générées, mais aussi les informations supplémentaires conservées telle par exemple la longueur de flux à la parcelle, information inséparable e la vulnérabilité au ruissellement d'une parcelle. Ces notes de vulnérabilité doivent, afin de bien considérer la réalité connue des modes de transfert des polluants d'origine agricole sur le territoire de la Vanne, être pondérés de sorte de correctement les hiérarchiser entre eux. Pour ce faire, un jeu de poids a été établi avec Eau de Paris (Larroque, 2013, communication personnelle); il attribue un poids par vulnérabilité et est présenté dans le tableau 16 suivant.

Tableau 16 : Poids accordé à chacun des critères de vulnérabilité considéré au sein de l'analyse multicritère totale conduite pour priorisation des parcelles à aménager

Ordre d'importance	Famille de critères	Critères	Poids initial	Poids final
1	Ruissellement		40%	30.77 %
2	Infiltration	Bassins de dépression (bétoires)	30%	23.075 %
		Vallées sèches		23.075 %
3	Erosion		20%	15.38 %
4	Besoins de connectivité		10%	7.7 %

Parce que les quatre variables de vulnérabilité " Ruissellement, Infiltration, Erosion et Connectivité" ont toutes été rendues discrètes (classes de 1 à 5, sauf Connectivité allant de 1 à 4), il est alors possible d'appliquer directement les poids ainsi établis aux valeurs

discrètes (i.e. numéro de classe) de vulnérabilité des parcelles lors du calcul de la note globale de vulnérabilité parcellaire. Elle est calculée telle que :

$$NGV_i = \sum_1^j (NdV_{i,j} \times W_j) \quad \text{Eq. 2}$$

Avec NGV_i = note globale de vulnérabilité de la parcelle i
 $NdV_{i,j}$ = note discrète de vulnérabilité j de la parcelle i
 W_j = le poids de la vulnérabilité j

2. NGV_i et première localisation des parcelles, communes susceptibles d'être aménagées

Consécutivement aux processus de diagnostic spatialisé conduits, un grand nombre de variables décrivant les vulnérabilités mais aussi d'autres caractéristiques à la parcelle ont été générées et conservées au sein du fichier SIG final (Vanne_2012_final.shp). Les différentes variables constituant le fichier correspondant, leurs caractéristiques, particularités et significations sont données au sein de l'annexe H. Parce que partie de ces variables pourraient ne pas être indépendantes les unes des autres (i.e. corrélées entre elles) ou ne pas participer de la différenciation/priorisation des parcelles, il est nécessaire avant tout d'analyser le degré de corrélation pouvant exister entre ces différentes variables. Une analyse en composante principale (ACP) sur les notes discrètes de vulnérabilité puis sur ces dernières auxquelles à été jointe la note globale de vulnérabilité (NGV_i) a été pratiquée.

Selon les sorties descriptives de l'ACP ($\alpha=.05$), deux composantes principales suffisent à expliquer 62.5% de la variabilité observée à partir des 9945 parcelles de la table initiale (respectivement, 37.4 et 25.1% pour les composantes 1 et 2). La matrice des coefficients de corrélation (Spearman) indique (Tableau 17) :

- Qu'aucun coefficient de corrélation ne dépasse une valeur de 0.7, seuil considéré généralement comme le seuil minimal accepté, et donc qu'aucune des notes discrètes de vulnérabilité n'est significativement corrélée à une autre, nous permettant de conclure à leur indépendance entre elles,
- Qu'aucune des notes discrètes de vulnérabilité prises individuellement n'est fortement corrélée à la NGV_i ; cela permet de conclure à l'indépendance de la NGV_i vis-à-vis de ces composantes et à l'efficacité de la méthode d'agrégation totale pondérée;

Tableau 17 : Tableaux des corrélations des notes discrètes de vulnérabilité et de la NGV_i

Variables	NGV_i	Erosion	Ruissellement	Infiltration	Connectivité
Erosion		1	0.232	0.070	-0.328
Ruissellement		0.232	1	-0.009	-0.158
Infiltration		0.070	-0.009	1	-0.045
Connectivité		-0.328	-0.158	-0.045	1
NGV_i	1	0.621	0.542	0.657	-0.190
Erosion	0.621	1	0.232	0.070	-0.328
Ruissellement	0.542	0.232	1	-0.009	-0.158
Infiltration	0.657	0.070	-0.009	1	-0.045
Connectivité	-0.190	-0.328	-0.158	-0.045	1

On remarque cependant que la NGV_i est majoritairement expliquée, dans l'ordre décroissant, par les facteurs infiltration, érosion, ruissellement puis connectivité et ce malgré que le poids octroyés à ces facteurs décroissent dans un tout autre ordre. Cela signifie que l'information la plus discriminante entre parcelles est avant tout le niveau de vulnérabilité à l'infiltration, puis à l'érosion et que les besoins en connectivité sont beaucoup moins discriminants. Ils n'en restent cependant pas moins utiles. Malgré cela, la non-interdépendance des facteurs de vulnérabilité entre eux et un niveau de signification proche de 65.8% permet de considérer la NGV_i comme informative et suffisante pour différencier les parcelles entre elles.

Les notes de NGV_i sont comprises entre 1.29 et 6, avec une NGV_i moyenne de 3.46 (± 0.67). Or, la distribution n'étant pas normale au seuil $\alpha=0.05$ ($W = 0.977$, P-value < 0.0001 , $n=9892$), la valeur médiane a été retenue. Elle est de 3.55. Cette valeur est utilisée par la suite pour délimiter les 5 classes de vulnérabilité globale des parcelles; elle est la borne supérieure de la classe 2 (NGV_i faible). La répartition spatiale à la parcelle de la NGV_i vous est présentée au sein de la figure 30.

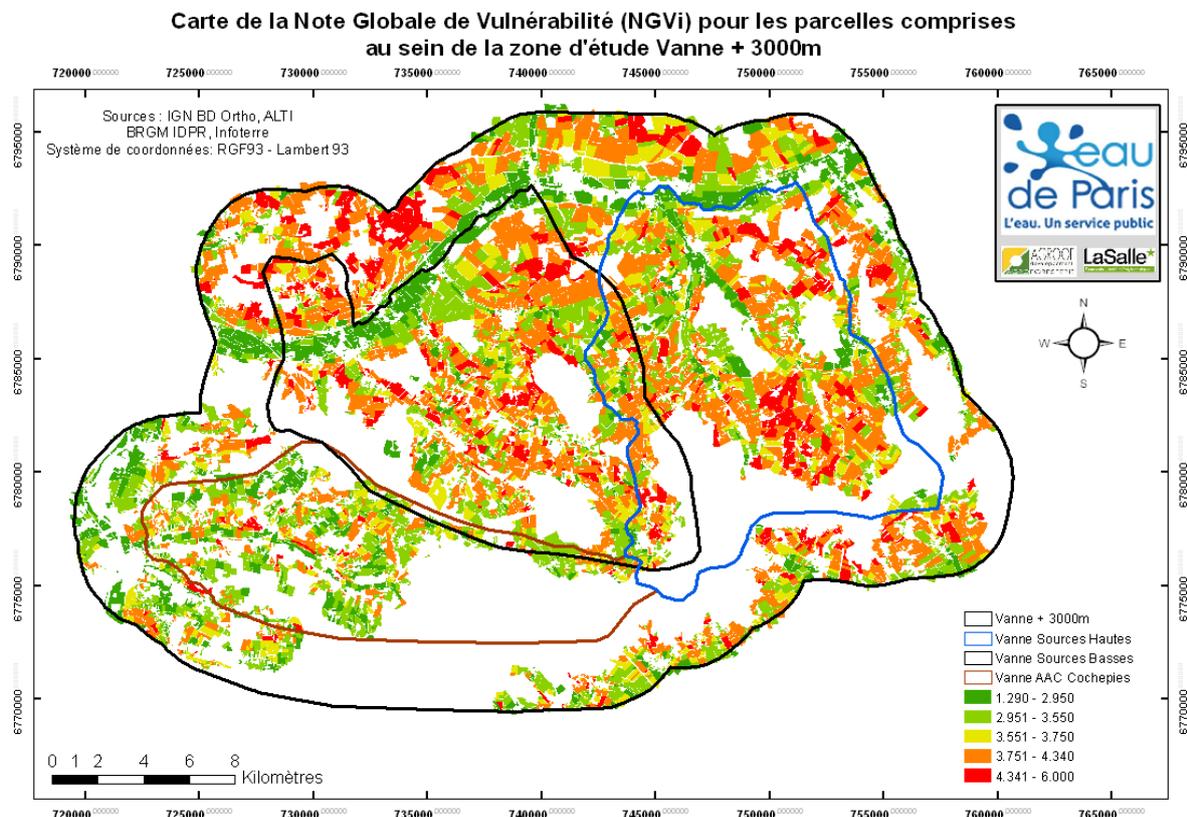


Figure 30 : Variabilité spatiale de la note globale de vulnérabilité parcellaire (NGV_i) au sein de la zone d'étude

De prime abord, les parcelles les plus vulnérables sont localisées :

- Très en amont de l'AAC Sources Hautes, un large groupe de parcelles très vulnérables sont concentrées sur la commune Boeurs en Othe, plus bas une seconde zone est partagée entre les communes de Bérule, Rigny-le-Ferron et Paisy-Cosdon
- Concernant l'AAC Basses Sources, on retrouve deux zones principales, la première centrée sur Vaudeurs, la seconde à cheval entre Les Sièges, Molinons et Poissy-sur-Vanne

- Enfin, pour l'AAC de Cochepies, conformément aux relevés de qualité de l'eau, relativement très peu de parcelles sont très vulnérables (classe 5) ou vulnérables (classe 4).

Lorsque moyennée à la commune, la note de NGVi obtenue indique que les communes très en amont, au sud-est de la zone d'étude (Turny, Chailley, Champlost) et celles au centre de l'AAC Basses Sources (Cerisiers, Les Sièges, Vaudeurs, Coulours, Vaumort) sont très vulnérables (Figure 31). Si ces dernières étaient d'ors et déjà identifiées à partir des notes de NGVi à la parcelle, les premières semblent ne pas correspondre à la liste initiale. Ce biais vient du processus d'obtention de la note moyenne communale, qui, indépendamment de la superficie cultivée à l'intérieur d'une commune octroie à toute la commune la valeur moyenne obtenue. On comprend alors que les communes telles Turny, Champlost, Bussy-en-Othe ou encore Joigny pour lesquelles

- (i) la SAU participant du territoire d'étude Vanne+3000m est très restreinte par rapport à la superficie communale
- (ii) et/ou pour lesquelles seulement quelques parcelles (appartenant à Vanne+3000m) sont affublées d'une NGVi parcellaire très élevée

induisent logiquement une moyenne communale très élevée. Pour corriger ce biais, nous avons procédé au calcul de la surface agricole (SAU) de chaque commune à partir du parcellaire (contenu dans Vanne+3000m); puis nous avons découpées les communes réelles pour ne considérer que leur surface comprise au sein de Vanne+3000m; enfin nous

SAU_{Communale intra Vanne+3000m}

avons calculé le ratio **Superficie_{Communale intra Vanne+3000m}** qui a été multiplié à la note moyenne de NGVi communale pour correction. Les NGVi communales corrigées permettent cette fois d'observer une concentration de la vulnérabilité globale correspondant mieux à l'observation faite de la NGVi à l'échelle parcellaire, essentiellement sur les AAC Hautes et Basses Sources. Les communes présentant des notes de NGVi supérieures à la moyenne des communes (2.27) sont alors distinguées en trois classes géométriques qui indiquent que :

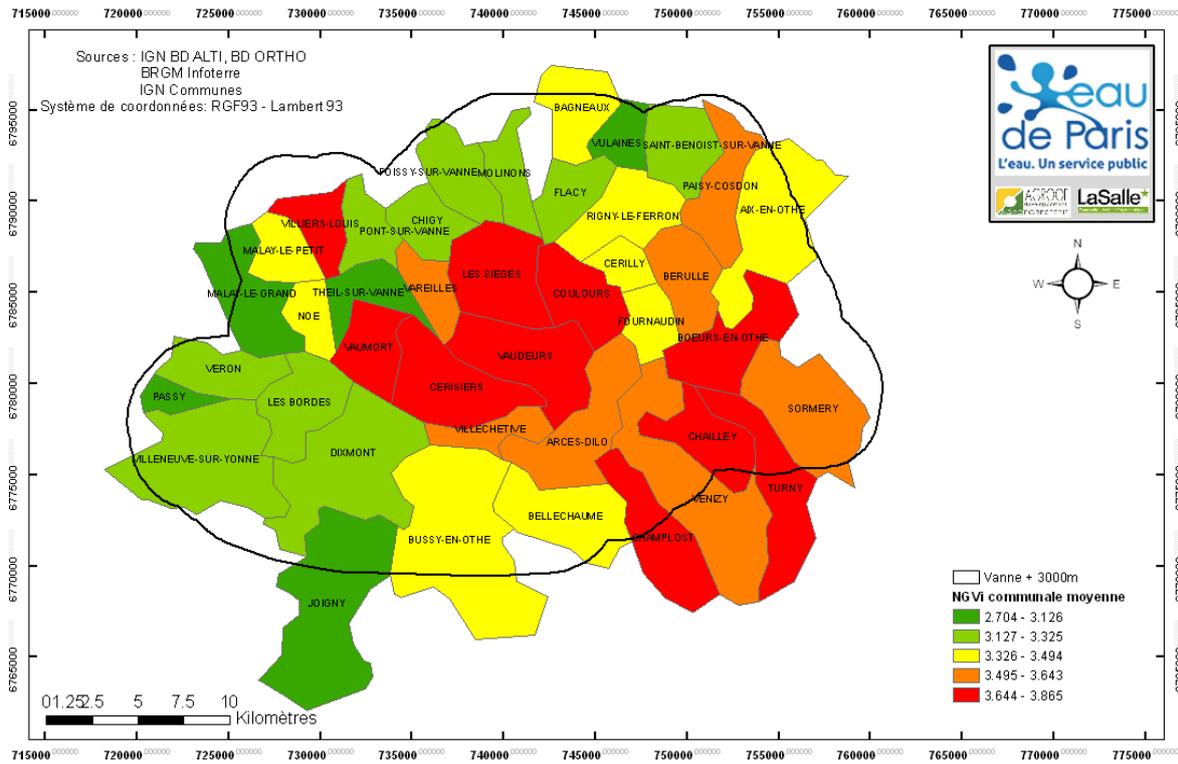
- Boeurs-en-Othe, Coulours et Rigny-le-Ferron pour l'AAC Hautes Source,
- Molinons, Foissy-sur-Vanne, Chigy et Vareilles pour l'AAC Basses Sources

sont les communes au sein desquelles les risques de transfert par Infiltration et/ou érosion et/ou ruissellement sont les plus forts et où les besoins en connectivité sont les plus élevés.

D'autres communes telles Fournaudin pour l'AAC Hautes Source, et Les Sièges et Flacy pour l'AAC Basses Sources présentent des niveaux de vulnérabilité forts à ne pas omettre.

Dans l'ensemble, à l'échelle communale, et mise à part la commune de Boeurs-en-Othe, l'ensemble des communes qu'un projet d'aménagement foncier devrait prioriser pour tenter d'améliorer la qualité physico-chimique des eaux superficielles comme sous-terraines va des contreforts de la zone d'étude à la Vanne, et ce pour les deux AAC Hautes et Basses Sources. A l'inverse, parce qu'elle ne présente aucune commune dépassant la NGV communale moyenne, l'AAC de Cochepies semble relativement exempte de situations à risque et ne devrait pas, autre que ponctuellement, faire l'objet d'un plan d'action et d'aménagement foncier agricole conséquent.

Carte de la NGVi communale



Carte de la NGVi communale corrigée

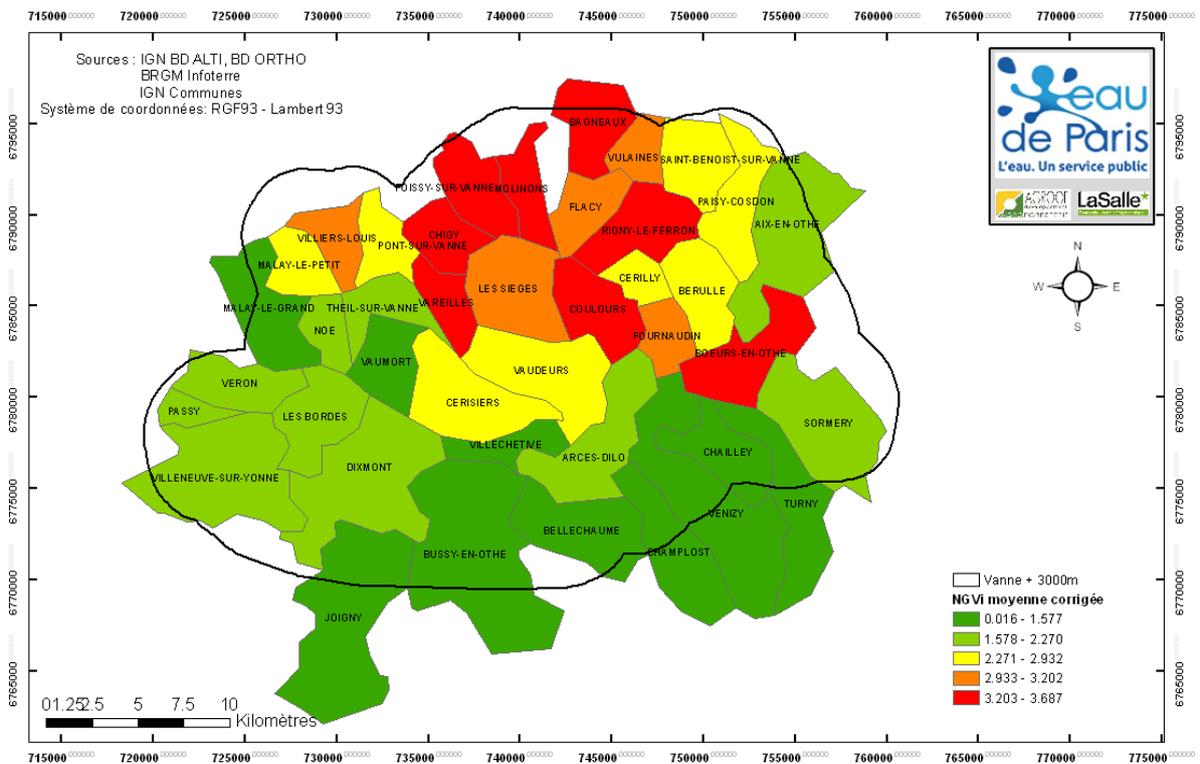


Figure 31 : Variabilité spatiale de la NGVi moyenne communale; brute (haut) et corrigée par le

$$\text{ratio } \frac{\text{SAU}_{\text{Communale intra Vanne+3000m}}}{\text{Superficie}_{\text{Communale intra Vanne+3000m}}} \text{ (bas)}$$

3. Discrimination et priorisation des parcelles à aménager

3.1. Critères parcellaires de différenciation

Individuellement, une parcelle agricole est difficilement aménageable en agroforesterie du fait de quatre critères, qui vous sont présentés ci-après par ordre décroissant d'importance (Agrooof Développement, 2012 – Communication personnelle) :

- En premier lieu, son orientation. Parce que des lignes d'arbres intra-parcellaires mais aussi en bordure de parcelle (que ce soit des lignes d'arbres type lignes de peupliers, de marronniers, platanes... ou des haies) peuvent concurrencer les plantes annuelles cultivées du fait de l'ombre portée qu'elle génère sur la parcelle, on cherche à planter ces lignes d'arbres le plus proche possible d'un axe nord-sud ce qui permet aux cultures, selon le moment de la journée, de bénéficier à minima d'une demi-journée d'ensoleillement et ne réduit la quantité de lumière reçue que de 20% (contre 40 à 60% en situation d'implantation Est-Ouest) (Dupraz & Liagre, 2008). **L'angle maximal toléré par rapport au nord est de 30°** (Agrooof Développement, 2012 - communication personnelle). Ce critère est considéré lorsque l'on considère les parcelles individuellement, comme exclusif.

Pour toutes les parcelles du parcellaire, suite à leur délimitation, une ligne a été tracée de sorte qu'elle représente (i) le sens de travail au sein de la parcelle (à partir des passages de tonneaux, d'implantation des cultures) ou (ii) dans le cas où cela n'était pas visible (cas des prairies) la plus grande longueur interne de la parcelle. Son orientation par rapport au nord a été calculée (procédure *Compass*). Puis toutes les parcelles ayant une orientation comprise entre [0-30]&[150-180] et celles ayant une orientation de -180° ont été affublées du code "1" (orientation propice), les autres du code "0" (orientation non propice).

La figure 32 ci-après vous permet de distinguer les parcelles à orientation favorable aux agroforesteries des autres.

Il est à noter que de très nombreuses parcelles le long de la Vanne mais aussi en amont des AAC Hautes et Basses Sources ne présentent pas d'orientation favorable à tous types d'agroforesterie (de hautes tiges). De prime abord, d'autres types d'aménagement tels ceux appelant aux changements de technique culturale et/ou à l'association des cultures (SDSCV, cultures en association) mais aussi ceux à aménagements permanents ligneux à basses tiges (micro-haies, systèmes bocagers, bandes enherbées et mellifères...) seraient plus pertinentes du seul point de vue de l'orientation.

Cependant, ce critère n'a de valeur que lorsque l'on considère les parcelles une à une. Si la possibilité est donnée

- par un agriculteur, de considérer plusieurs de ses parcelles d'un bloc alors qu'elles sont Est-ouest,
- par plusieurs agriculteurs détenteurs de parcelles Est-ouest contiguës,

l'ensemble pourrait alors présenter un axe majeur nord-sud ou avoir une forme proche du carré qui pourrait alors être tout à fait normalement agroforesté. Si des parcelles de grande taille et/ou carrées sont aujourd'hui cultivées est-ouest, il n'est pas exclue que le sens du travail de ces parcelles puisse être changé et de fait, les parcelles, agroforestables. Pour illustration, à partir de la même orientation nous avons dans un

second temps distinguées les parcelles à orientation > 30° mais démontrant d'une superficie supérieure ou égale à 15ha, des autres (Figure 33).

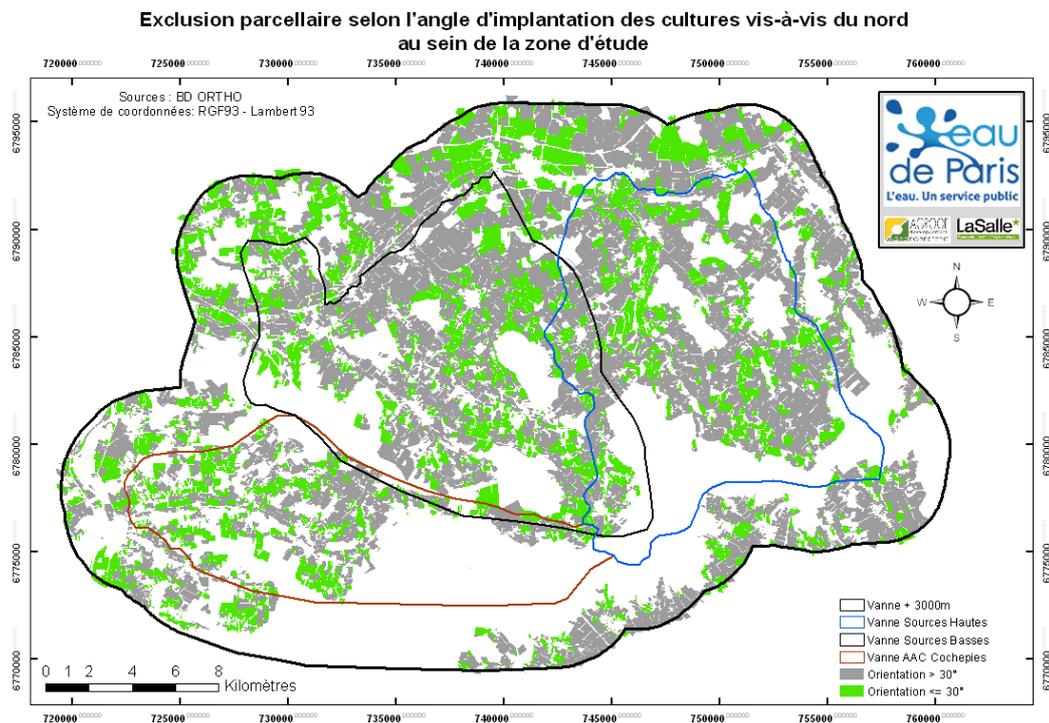


Figure 32 : Distinction à la parcelle du potentiel agroforestier selon l'orientation des parcelles

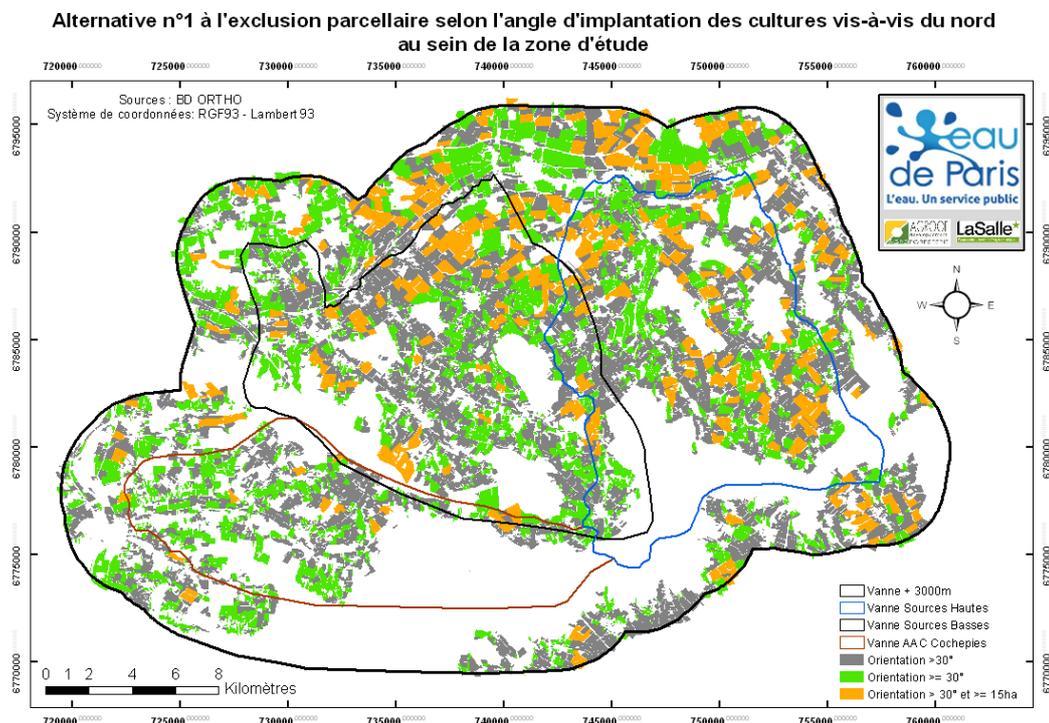


Figure 33 : Alternative N°1 de distinction du potentiel agroforestier selon l'orientation des parcelles et la superficie

Cependant cette première alternative reste très discutable. En effet, en sélectionnant les parcelles de superficie supérieure ou égale à 15ha, certaines parcelles de forme très

complexes, d'autres présentant un goulot d'étranglement en leur milieu etc. ont été sélectionnées. De fait, leur conformation pourrait alors, malgré leur taille, ne pas permettre leur aménagement. En outre, le choix d'une superficie seuil de 15ha est subjective; elle n'avait d'autre but que de démontrer des limites du caractère "exclusif" du critère orientation de la parcelle.

Par ces différents essais, nous avons cependant initiée une réflexion qui nous permet de deviner qu'au-delà de l'orientation, certes critère premier du potentiel agroforestier d'une parcelle, sa taille comme sa forme sont des critères importants qui pourraient contrebalancer une orientation défavorable à l'agroforesterie. L'ensemble de ces critères semblant devoir être considérés ensembles.

- Intéressons-nous maintenant à la surface des parcelles. Imaginer l'implantation de lignes d'arbres au sein d'une culture intercalée nécessite tant pour l'efficacité de l'aménagement que pour sa faisabilité, une surface minimale. Elle est généralement considérée égale à **2ha** (SCOP Agroof, 2012 - communication personnelle). Nous avons donc analysée la variabilité de la superficie des parcelles générée sous ArcGis.

La superficie moyenne des parcelles agricoles au sein du territoire est de 4.14 ha (± 55.6) et sa valeur médiane est de 2.11ha. Ce résultat laisse à penser qu'ici les parcelles sont plutôt de petites tailles, pour lesquelles l'implantation agroforestière intra-parcellaire pourrait s'avérer difficile, et qui donc, inviterait à favoriser des projets collectifs (plusieurs parcelles et/ou plusieurs agriculteurs voisins) d'aménagement plutôt qu'individuels. Cependant, si la plus petite parcelle identifiée est de 0.07ha, la plus grande est de 80.84ha et les 20% des parcelles les plus grandes représentent près de 60% de la SAU du territoire (42% pour les 10% des parcelles les plus grandes). Prises toutes ensembles, ces informations nous invite à distinguer à minima trois types de superficie :

- Celles trop réduites (≤ 2 ha) pour un aménagement individuels intra-parcellaire, voire inter-parcellaires –seraient envisagés pour celles-ci des aménagements collectifs intra- comme inter-parcellaires
- Celles de superficie moyenne (4-5 ha) pour lesquelles l'implantation de systèmes agroforestiers est possible
- Et celles sans aucune limite surfacique à l'aménagement agroforestier intra-parcellaire du fait de taille importante (la moyenne de la surface étant de 11.1ha pour la classe surfacique [5-80.84]).

Au sein de la figure 34, sur laquelle figure la distinction entre ces trois catégories, il apparaît très clairement que les très petites parcelles (<2ha) sont essentiellement localisées au sein de l'ACC de Cochepies où elles sont réparties sur l'ensemble du territoire.

A l'inverse les parcelles moyennes à grandes (>5ha) sont très localisées autour de la Vanne, là où la topologie est plus facile, la disponibilité en eau plus grande; ce sont les zones au sein desquelles il est courant de retrouver certaines cultures de rente à marge forte (maïs grain, tournesol, colza, légumes de plein champ, fleurs...voire Annexe B) où les parcelles doivent participer, par leur taille, de l'optimisation du revenu, de la marge économique.

Variabilité de la superficie parcelaires (m²) au sein de la zone d'étude

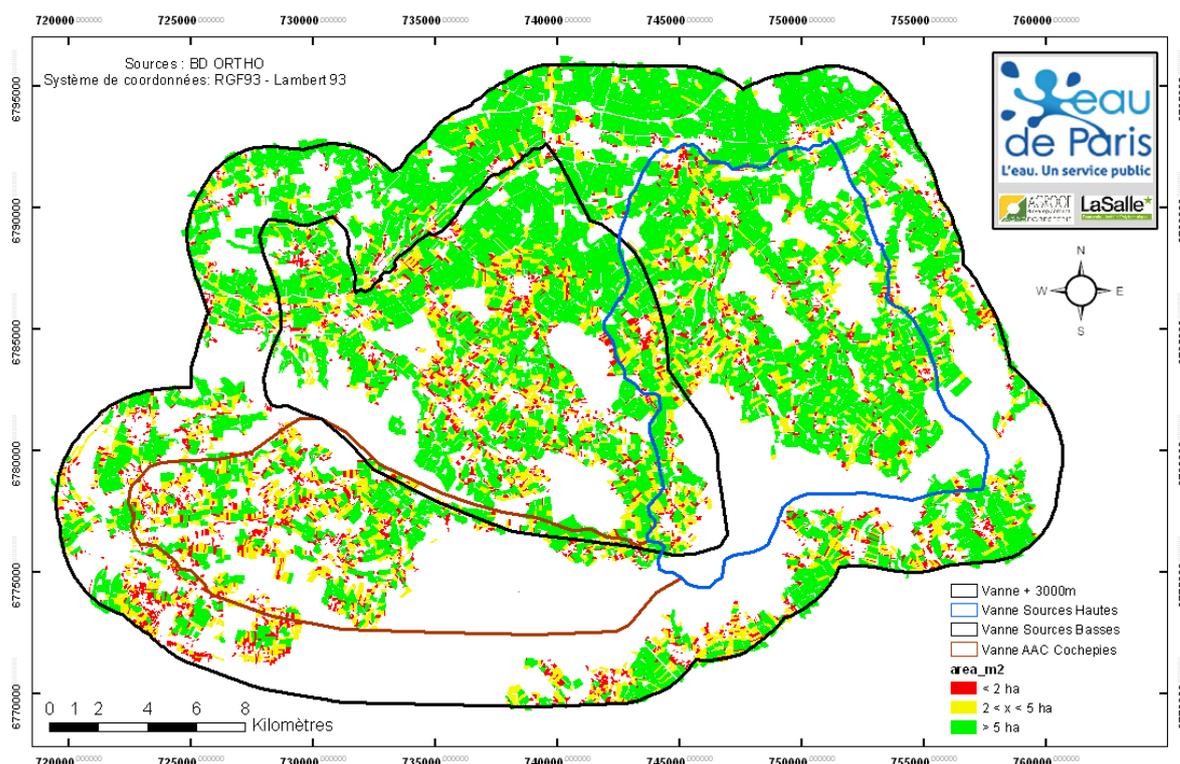


Figure 34 : Distinction des parcelles agricoles selon leur superficie

Mis en parallèle de la NGVi, ces résultats suggèrent que la taille des parcelles serait conditionnée avant tout par le système d'exploitation lui-même (et inversement) : les petites parcelles (souvent séparées par des zones semi-naturelles non cultivées) seraient plus intimement reliées à des systèmes d'exploitation agricole de polyculture-élevage (la majeure partie des prairies et donc de l'élevage bovin se trouvent sur l'AAC de Cocheplies, voire Annexe B) et seraient favorables à une limitation des risques de transfert (de leur fait comme de celui de la structure paysagère proche). A l'opposé, les systèmes céréaliers et légumiers (voire maraichers) nécessiteraient des parcelles de très grande taille, conséquence de réaménagements fonciers agricoles, et réduiraient d'autant les éléments permanents paysagers susceptibles de participer à la limitation des transferts.

- En troisième place vient la morphologie de la parcelle. Parce qu'au sein de parcelles circonvoles, c'est-à-dire à bordures très complexes et sinueuses, il est difficile de pouvoir aligner des arbres mais aussi de positionner plusieurs lignes d'arbres parallèles pour rechercher une efficacité vis-à-vis de la limitation des transferts, des parcelles de forme parallépipèdes sont préférées. Pour déterminer quelles parcelles peuvent alors présenter une forme (indépendamment de leur superficie) propice à une implantation en ligne en leur cœur ou sur leurs pourtours, divers indices de conformation existent (indice de circularité de Miller, indice de compacité de Gravelius, ratio périmètre-surface ...). Nous avons retenu dans notre cas et parce qu'il s'est avéré le plus précis et le plus différenciant (Prevaltera, 2011) l'indice de dimension fractale (FRAC).

L'indice de dimension fractale est calculé à partir du périmètre et de la surface d'une entité surfacique (une parcelle *i*) selon la formule suivante :

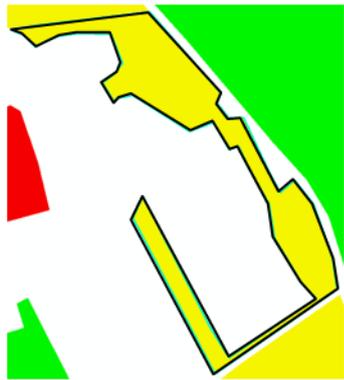
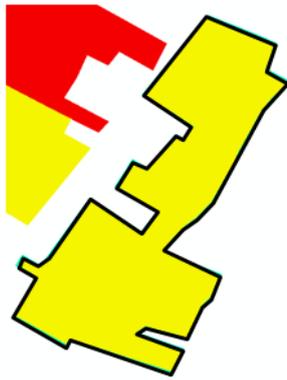
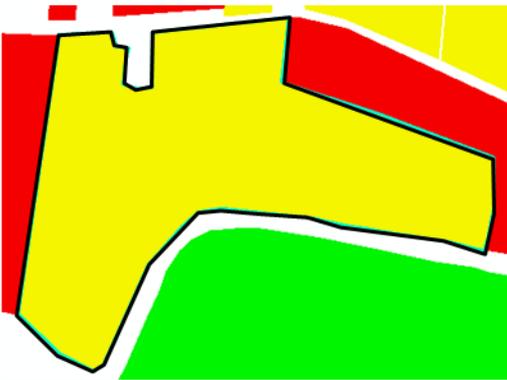
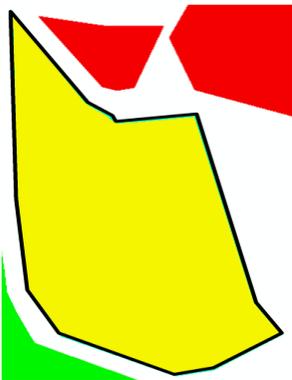
$$FRAC = \frac{2 \ln(0,25P_i)}{\ln A_i} \quad \text{eq. 3}$$

Avec FRAC = l'indice de dimension fractale,
 P_i = le périmètre et A_i = la surface d'une parcelle i

Le résultat obtenu est proche de 1 pour les formes compactes telles que des carrés, et se rapproche de 2 pour les formes aux bordures très complexes et/ou pour les formes très effilées. Concernant le jeu de parcelles dont nous disposons, et après calcul, FRAC est compris entre 0.99 et 1.35, signifiant que si certaines parcelles présentent des formes un peu plus circonvolues et/ou étroites c'est-à-dire dont le périmètre est très important par rapport à la surface (FRAC proche de 1.35), d'autres sont plutôt carrés (FRAC = 0.99).

La distribution des fréquences est non normale ($W = 0.842$, $p\text{-value} < 0.0001$, $\alpha = 0.05$ avec $n = 9892$; résultat non montré) avec une moyenne de 1.04 (± 0.04), si bien que la médiane est ici considérée. **Elle est de 1.03** : l'essentiel des parcelles du territoire présentent donc une forme plutôt parallépipède semblant propice à l'implantation d'agroforesteries linéaires (intra- comme inter-parcellaires).

Pour illustration, à surface proche, voici quatre exemples de conformation parcellaire dotées de leur indice de dimension fractale :

	
S = 4.1ha	S = 4.2ha
FRAC = 1.23	FRAC = 1.11
	
S = 4.0ha	S = 4.0ha
FRAC = 1.06	FRAC = 1.03 (valeur médiane)

Inférieur à $FRAC = 1.03$, les parcelles présentent des formes généralement proches du rectangle, puis du carré en s'approchant de $FRAC = 1$.

Cet indice de dimension fractale revêt une certaine importance. En effet, nous avons vu précédemment qu'en sus de l'orientation, la superficie mais aussi la forme des parcelles (i.e. $FRAC$) pourraient contrebalancer une orientation défavorable. Grâce à ce résultat nous pouvons désormais prétendre qu'une valeur de $FRAC$ inférieure ou égale à 1.03 nous permettrait de sélectionner des parcelles, certes mal orientées, mais suffisamment compactes (voire grandes) pour imaginer pouvoir changer le sens d'implantation des cultures et les agroforester. Reste cependant la superficie minimale à partir de laquelle imaginer cela.

- Enfin, parce qu'implanter des arbres au sein d'une parcelle impose que celle-ci ne fasse pas l'objet de certaines servitudes interdisant l'aménagement d'éléments topographiques hauts (éoliennes, lignes électriques, panoramas) comme des aménagements à exploration racinaire importante (réseau gaz, drains, conduites...), il est nécessaire de tenir compte de la présence en les parcelles de tels éléments. On gardera cependant en tête que parce que l'agroforesterie conjugue bande enherbée et arbres en ligne, il est toujours possible d'interrompre les lignes d'arbres mais en préservant la bande enherbée à l'aplomb de tels réseaux tout en préservant une capacité de limitation des risques grâce à cette dernière. Par contre deux éléments sont exclusifs pour la conversion des terres agricoles en agroforesterie : les éoliennes qui nécessitent un paysage ouvert gage de productivité électrique et les drains agricoles qui ne sauraient tolérés la présence d'arbres sur la parcelle. Ne disposant pas d'éoliennes sur le territoire en date de l'étude et parce que la connaissance des parcelles drainées n'est pas disponible, aucune servitude exclusive n'a été considérée. A l'inverse, le réseau des fils électriques et autres réseaux de télécommunication sont visibles (au moins partiellement quand non enterrés) sur les orthophotoplans. Nous avons donc tracé pour l'ensemble du territoire, à partir des structures de supports de ces réseaux et/ou de leurs ombres portées au sol, les réseaux "électriques aériens". Ils ont alors été joints au parcellaire de sorte de différencier les parcelles traversées par ces réseaux; ces dernières se sont vues codées "1" alors que celles qui en sont dépourvues sont codées "0" (voire Annexe H). La figure 35 vous présente le résultat de cette distinction.

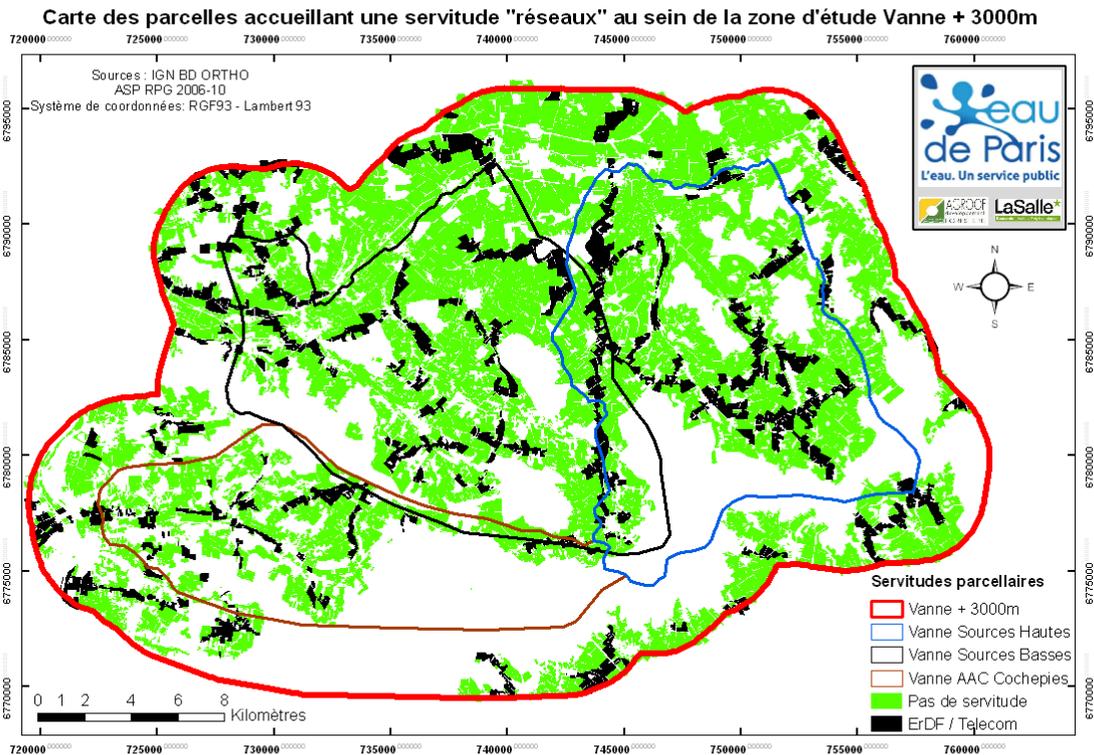


Figure 35 : Distinction des parcelles agricoles parcourues par un réseau électrique

3.2. Aménagements parcellaires agroforestiers individuels ou collectifs ?

D'un point de vue pratique, il est généralement difficile de convenir avec les agriculteurs, même lorsque ceux-ci se disent intéressés, d'aménagements intra-parcellaires et a fortiori inter-parcellaires sur leurs seules parcelles, et ce d'autant plus qu'elles sont considérées vulnérables. Une alternative possible est alors d'identifier des zones regroupant plusieurs parcelles, généralement vulnérables voire très vulnérables, et de travailler avec l'ensemble des agriculteurs concernés sur des aménagements collectifs. Le fait de partager la démarche apparaît alors pour ceux-ci moins intrusive, moins coûteuse (en termes de surfaces à convertir comme de pertes éventuelles de productivité) tout en permettant au maître d'ouvrage de respecter ses objectifs de réduction et de gestion des risques.

Dans cette partie, à l'échelle de la parcelle agricole, nous avons alors cherché à distinguer les parcelles qui démontreraient de limites à l'aménagement individuel et pourraient de fait faire l'objet d'un aménagement collectif.

Pour ce faire, deux données ont été prises en compte :

- Tout d'abord, le rayon moyen parcellaire ; il s'agit du rayon calculé en considérant que la

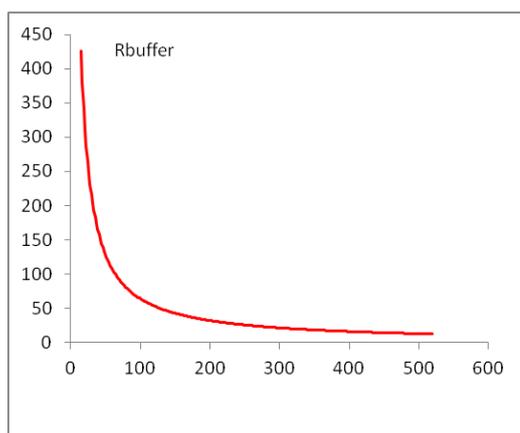
surface de la parcelle est ronde ($S = \pi r^2$) et donc que son rayon correspond à $r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$. Pour l'ensemble des parcelles existantes, ce rayon a été calculé. Il est compris entre 12 et 421m pour la parcelle la plus large, avec une un rayon moyen, toutes parcelles confondues de 96.91m ($\pm 61.14m$); la distribution des fréquences du rayon indiquant une distribution non Gaussienne, la médiane a été retenue. Elle est de 82m (résultat non montré). Inversement, le modèle puissance ($r = 0.564 \times S^{0.5}, R = 1$) permet de

déterminer pour une surface donnée, la valeur de son rayon. Ici la surface seuil de 2ha a été introduite et son rayon moyen calculé. Une parcelle de 2ha présente un rayon moyen de l'ordre de 80m; ce qui est cohérent avec la valeur médiane observée.

- Ensuite, pour déterminer si une petite parcelle "vulnérable - très vulnérable" pourrait faire l'objet d'un aménagement collectif, c'est-à-dire un aménagement unique appliqué à elle-même mais aussi à des parcelles adjacentes elles-mêmes vulnérables, nous nous sommes intéressés aux parcelles dont la surface était au maximum de 2ha et dont la note de NGVi était "vulnérables - très vulnérables"(NGVi € [3.55-6]). L'objectif est de dénombrer dans une zone donnée autour de ces petites parcelles le nombre de parcelles qui seraient elles-mêmes "vulnérables - très vulnérables" et pourraient participer de l'aménagement collectif. Seulement se pose le problème de la distance autour de notre petite parcelle à laquelle "rechercher" ces parcelles. La logique voudrait que seuls des aménagements individuels soient considérer pour des grandes parcelles au contraire des petites, pour lesquels il serait collectif. En effet, la surface de la parcelle augmentant, l'entourage d'une parcelle aurait de moins en moins d'incidence sur le choix d'un aménagement collectif du fait (i) qu'elle peut abriter une agroforesterie conséquente du fait de sa superficie, (ii) qu'elle pourrait être le siège d'un système de culture plus intensif (d'une NGVi élevée?) et qu'une agroforesterie devrait mieux maîtriser si elle était intra-parcellaire. De ces hypothèses de travail, nous avons cherché à produire une distance de recherche inversement proportionnelle au rayon des parcelles. Nous y sommes parvenus en centrant et inversant la distance de recherche (r_{Buffer}) autour du rayon moyen parcellaire ($r_m = 80m$) en utilisant le ratio surfacique de correction suivant :

$$r_{buffer,i} = \frac{r_m}{r_i} \times r_m \quad \text{eq. 4}$$

avec r_i = le rayon de la parcelle i



La figure ci-contre vous montre l'effet obtenu par cette normalisation à la moyenne des valeurs de r_i , donc de superficie des parcelles. Plus une parcelle est de grande taille (plus son r_i augmente), plus le rayon de recherche dans son voisinage, r_{buffer} sera réduit.

En recodant les parcelles à NGVi "vulnérables - très vulnérables" = "1" (et les autres "0"), et après jointure spatiale, il a été possible de déterminer pour chaque petite parcelle ($\leq 2ha$) le nombre de parcelles l'entourant, le nombre de parcelles vulnérables à très vulnérables l'entourant au sein de cette zone tampon (r_{Buffer}). Puis en affichant le nombre de parcelles à NGVi vulnérables à très vulnérables limitrophes à une petite parcelle vulnérables à très vulnérables, il est possible de localiser les zones où ces dernières devraient faire l'objet d'un aménagement collectif avec celles l'entourant. Ces zones vous sont présentées au sein de la figure 36.

Nombre de parcelles "vulnérables à très vulnérables" comprises au sein de la distance de recherche des petites (<2ha) parcelles "vulnérables à très vulnérables"

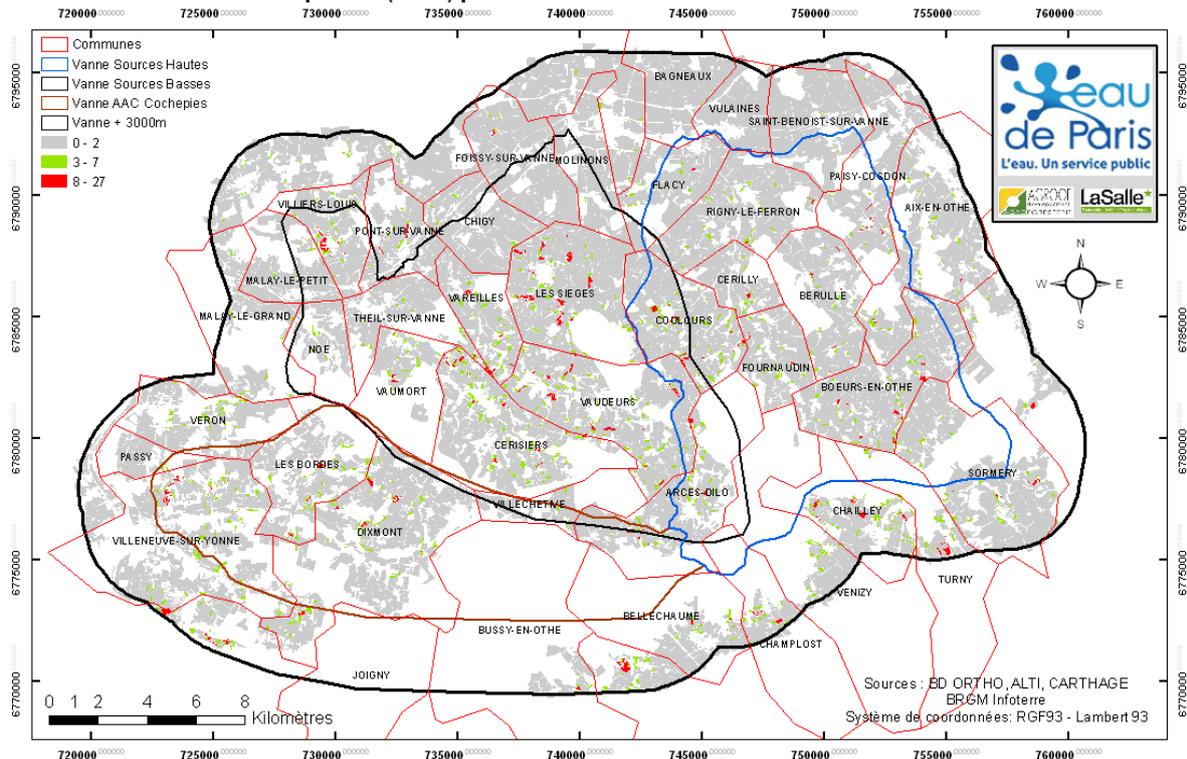


Figure 36 : Distinction des zones préférentielles d'aménagement agroforestier collectif pour les petites (<2ha) parcelles vulnérables à très vulnérables (NGVi > 3.55)

Les petites parcelles concernées sont essentiellement situées au sein de l'AAC Basses Sources, sur les communes de Cerisiers, Vaudeurs, Varelle et Les Sièges. D'autres, mais moins fréquentes apparaissent au sein des communes de Boeurs-en-Othe voire de Coulours pour l'AAC Hautes Sources. Une fois encore l'AAC de Cochepies est peu concernée.

3.3. Première typologie parcellaire pour le choix du type d'aménagement à la parcelle

L'ensemble des résultats présentés ci avant nous ont permis d'approcher le principe selon lequel les divers critères parcellaires de conformation ou encore de servitude peuvent interagir entre eux et conditionner (ou contrebalancer) les stratégies de différenciation des parcelles et donc des types d'aménagement à leur consentir. La difficulté ici réside dans le fait qu'il est nécessaire de différencier les parcelles selon

- leurs notes discrètes de vulnérabilité (NdVi), c'est-à-dire pour chaque type de vulnérabilité (et connectivité),
- leurs caractéristiques intrinsèques (superficie, orientation, forme...)
- comme celles des parcelles voisines.

Ajouté à cela la note globale de vulnérabilité (NGVi) des parcelles ainsi que les parcelles puissent être traversées par une vallée sèche, héberger une bétail ou encore accumuler d'importants flux de ruissellement, la distinction des quelques 9853 parcelles nécessite donc d'incorporer tous ces éléments, dans un ordre logique, pour décider justement de leur priorisation et des types d'aménagement à y déployer.

Cette partie est de fait dédiée à l'analyse des dissemblances pouvant exister entre parcelles. Pour traiter d'un échantillon de cette taille, avec autant de critères de différenciation, il est possible (i) de confier l'ensemble à une procédure de regroupement automatisé du type "classification", ou (ii) d'établir un arbre de décision (decision tree). Cependant, établir un arbre de décision implique une certaine subjectivité de la part de son élaborateur ; et deux personnes ayant des préoccupations différentes se distingueraient par l'ordre selon lequel ils introduiraient les divers critères de différenciation retenus (i.e. prioriseraient, les premiers critères introduits ayant le plus de poids dans la différenciation résultant du procédé); les résultats des deux arbres de décision ainsi générés seraient alors différents.

Afin d'éviter une part de la « subjectivité » inhérente à la méthode des arbres de décisions tout en permettant une distinction robuste des parcelles entre elles et au sein d'une population importante (n = 9853), nous avons opté pour une solution mixte faisant appel

- (i) à une procédure statistique automatisée de classification ascendante hiérarchique (CAH) de la population de parcelles afin de distinguer dans un premier temps un nombre restreint de classes de parcelles selon leur ressemblance en termes de vulnérabilité discrète (i.e. à partir des notes de vulnérabilité à l'érosion, au ruissellement, à l'infiltration et autre besoin en connectivité),
- (ii) puis, pour chacune des classes de parcelles obtenues, nous établirons un arbre de décisions unique permettant (au sein d'une classe donnée) de différencier plus avant les parcelles selon les caractéristiques parcellaires (superficie, groupes de culture), leurs critères de conformation (FRAC, orientation) et de servitude mais aussi selon leur environnement proche (bassin de dépression, vallée sèche, aménagement collectif ou non...)
- (iii) ce qui permettra à termes de proposer pour chaque classe de parcelles des aménagements-types correspondant au mieux aux descriptions des parcelles, que ces aménagements soient agroforestiers (intra- comme inter-parcellaires, individuels comme collectifs) ou autres (conversion biologique, bandes enherbées, remise en herbe ...).

CAH des parcelles selon les notes discrètes de vulnérabilité

Les notes discrètes de vulnérabilité pour chacun des critères « Ruissellement (RSLT)», « Infiltration (INFIL)», « Erosion (EROS)» et « Besoin en connectivité écologique (CONNECT) » telles que produites à la parcelle, ont été analysées au sein de JUMP6.0 (The SAS Institute, 2005) selon une suite de procédures statistiques au seuil α de 5%.

- Etape 1 : Préparation des données

Parmi les 9853 parcelles constituant la population totale de parcelles, 182 parcelles présentent une ou plusieurs notes discrètes de vulnérabilité égale à zéro. Pour toutes ces parcelles, il s'agit des notes de besoin en connectivité (CONNECT) et/ou de vulnérabilité à l'infiltration. Pour le premier cas, il s'agit de parcelles limitrophes de la zone d'étude Vanne+3000m pour lesquelles la connectivité n'a pu être calculée puisque situées en bordure de zone ; dans le second cas, il s'agit de très petites parcelles qui ne contenaient que quelques rares pixels du raster IDPR_{BRGM} de valeur égale à zéro. Dans tous les cas, ces parcelles ont été exclues des étapes statistiques suivantes.

- Etape 2 : Analyse des histogrammes de distribution

Pour déterminer si pour chacune des classes de parcelles obtenues il sera possible de conduire une analyse de la variance et tenir compte de leurs valeurs moyennes (ou médianes) pour description, une analyse de la distribution des valeurs discrètes de vulnérabilité a été conduite. Un test de Kolmogorov-Smirnoff-Lillifors (KSL) a été conduit pour déterminer de la normalité des distributions obtenues. Ce test n'est pas un test du Chi² mais un test selon une fonction de distribution empirique ; il offre divers avantages par rapport au test du Chi² tels qu'une puissance accrue et une invariance respectant l'histogramme de distribution. Pour chacune des valeurs discrètes, le test a montré que les variables n'étaient pas normalement distribuées (p-value <0.01 pour des D-value de 0.097, 0.117 0.156 et 0.087 pour respectivement RSLT, CONECT, EROS, INFIL). Il en va de même avec la note globale de vulnérabilité NGVi (D-value de 0.065 et p-value <0.01). De fait les classes de parcelles qui seront obtenues après CAH ne pourront bénéficier d'un test de Student pour comparaison de moyennes ; le test non paramétrique Wilcoxon-Kruskal Wallis lui sera préféré. En outre, les seules valeurs médianes seront utilisées pour décrire ces classes de parcelles.

- Etape 3 : Analyse en composantes principales (ACP)

Considérée individuellement, chaque note discrète de vulnérabilité peut être utilisée en l'état pour conduire une classification hiérarchique ascendante. Cependant, si certaines d'entre elles étaient fortement corrélées (coefficient de corrélation > à 0.70 ou < à -0.70), cela reviendrait à utiliser deux ou plusieurs fois la même information parcellaire pour différencier les parcelles entre elles ; ce qui au final biaiserait la CAH en surpondérant certaines variables de classification. Pour éviter cette situation, la procédure statistique la plus courante est de conduire une analyse en composante principale de sorte de vérifier dans un premier temps le niveau de corrélation entre les variables de classification, les NdVi (elles seront aussi confrontées à la NGVi pour compréhension), puis d'utiliser non pas les valeurs des NdVi mais leurs coordonnées sur les composantes principales de l'ACP ce qui permet généralement de réduire le nombre de variables de classification à un nombre de composantes principales moindre. Enfin, une rotation des composantes de l'ACP sera envisagée de sorte de réduire d'autant une possible multicollinéarité des NdVi entre elles.

Le tableau des coefficients de corrélation ci-contre montre qu'aucune des NdVi n'est fortement corrélée à une autre ; seule EROS montre un faible niveau de corrélation (24%) avec RSLT, ce qui ne suffit pas à en conclure qu'elles véhiculent la même information au sujet des parcelles et n'impose pas d'éliminer une de ces deux variables.

En outre, quand confrontées à NGVi, les coefficients de corrélation des valeurs discrètes de vulnérabilité confirment bien l'importance décroissante de RSLT, EROS et INFIL et l'extrême sous représentativité de CONECT dans le calcul de NGVi.

	RSLT	CONECT	EROS	INFIL	NGVi
RSLT	1	-0,082	0,242	-0,029	0,667
CONECT	-0,082	1	-0,185	0,080	0,116
EROS	0,242	-0,185	1	-0,074	0,609
INFIL	-0,029	0,080	-0,074	1	0,556
NGVi	0,667	0,116	0,609	0,556	1

L'ACP a donc été lancée en conservant les 4 notes discrètes de vulnérabilité et aucune rotation des composantes n'est plus envisagée pour éliminer les risques

d'autocorrélation et de multicollinéarité. Le résultat de l'ACP montre que 2 composantes principales suffisent à résumer et véhiculer près de 60% de la variabilité totale (81% pour 3 composantes).

	Composante 1	Composante 2	Composante 3	Composante 4
Eigenvalue	1,38	0,99	0,90	0,73
%	34,41	24,84	22,49	18,27
% cumulé	34,41	59,25	81,73	100
RSLT	0,535	0,447	0,437	-0,569
CONNECT	-0,487	0,253	0,768	0,330
EROS	0,636	0,173	0,023	0,751
INFIL	-0,269	0,841	-0,468	0,048

Au sein de ces deux composantes principales, il est logique d'observer EROS et RSLT contribuant toutes deux de manière positive à la composante 1 (0.636 et 0.535 respectivement) alors que CONNECT y contribue de manière plus restreinte et négativement (-0.487); au sein de la deuxième composante INFIL est contributrice majoritaire (0.841).

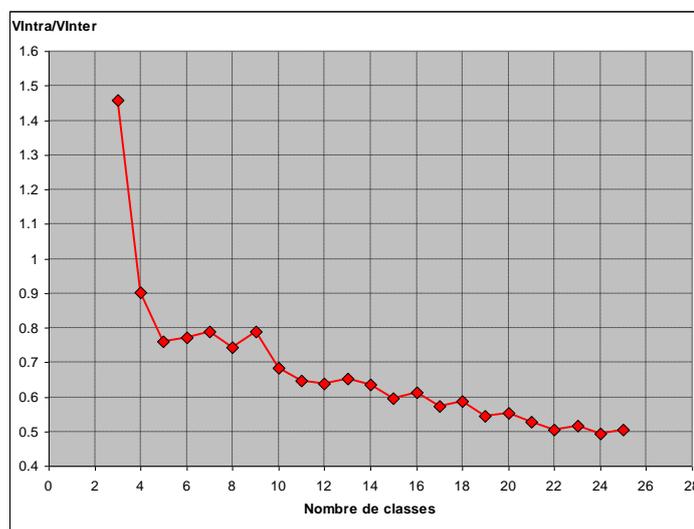
Les coordonnées de chaque parcelle sur ces deux composantes principales ont été sauvegardées et utilisées lors de la CAH réduisant de moitié le nombre d'information utilisée en son sein.

- Etape 4 : Classification ascendante hiérarchique et détermination du nombre de classes de parcelles

De sorte de constituer différentes classes de parcelles, par CAH, les coordonnées des parcelles sur les composantes 1 et 2 de l'ACP sont utilisées comme variables d'entrée. La méthode de CAH retenue est la méthode Ward d'agglomération itérative des individus par minimisation de la distance euclidienne interindividuelle au sein des classes et maximisation de la distance euclidienne entre classes générées. Si la CAH conduit automatiquement ce processus, elle ne permet cependant pas de savoir combien de classes une population contient ; on entend par « nombre de classes » le nombre optimal permettant de réduire la variabilité intraclasse et d'accroître la variabilité interclasses, et ce conjointement. Pour cela, il faut conduire diverses CAH successives en demandant un nombre croissant de classes (CAH à 3 classes, CAH à 4 classes ...) et pour chaque CAH, calculer pour chaque classe qui en est issue, la moyenne et l'écartype par classe d'une variable indicatrice. Ici, la variable indicatrice retenue était la NGVi ; vingt-trois CAH successive ont été réalisées de sorte de disposer des résultats pour un nombre de classes allant de 3 à 25. Pour une CAH donnée, sont alors calculées (i) la moyenne des écartypes NGVi obtenus par classe i.e. variabilité intraclasse moyenne et (ii) l'écartype des moyennes NGVi obtenues par classe i.e. variabilité interclasse.

Le ratio $V_{\text{intraclasse}} / V_{\text{interclasse}}$ est alors calculé et son évolution en fonction du nombre de classes permet de déterminer graphiquement le nombre de classe pour lequel le ratio est le plus bas (distance entre individus dans les classes minimisée et distance entre classes maximisée) tout en retenant un nombre de classes peu élevé permettant une interprétation

facilitée et suffisante des classes obtenues. L'évolution du ratio en fonction du nombre de classes attendu des CAH vous est présentée dans la figure ci-dessous.



On peut voir sur ce graphique que le ratio $V_{\text{intraclasse}} / V_{\text{interclasse}}$ diminue progressivement avec le nombre croissant de classes demandé. Cependant deux stades particuliers de décroissance de ce ratio indiquent un gain important de robustesse dans la différenciation des classes entre elles (décrochage). Le premier intervient à $n = 5$ classes, le second à partir de 11 classes. Par la suite, le gain en robustesse est constant avec l'augmentation du nombre de classes. Cherchant à optimiser d'une part le ratio des variabilités et le nombre de classes de parcelles à décrire d'autre part, nous avons retenu $n = 11$ classes. Seule la CAH à 11 classes a été conservée ; appliquée à toutes les parcelles y compris les 182 parcelles exclues plus haut. L'appartenance de chaque parcelle de la population totale à une des 11 classes ainsi distinguées a été enregistrée sous forme de variable catégorielle allant de 1 à 11. Elle permettra, par classe, de déterminer les valeurs médianes de NdVi (et autres caractéristiques parcellaires) et ainsi de décrire et interpréter les classes obtenues pour en imaginer les types d'aménagement à leur concéder.

- Etape 5 : Description des classes de parcelles

Du fait de distributions non normales, les caractéristiques médianes parcellaires ont été préférées aux valeurs moyennes. Des tests non paramétriques ont été conduits de sorte de considérer les différences significatives de ces valeurs médianes entre elles, entre classes de parcelles.

Concernant en premier lieu les notes discrètes de vulnérabilités, les notes médianes de vulnérabilité (et de NGVi) pour chacune des 11 classes ont été considérées. Des probabilités très inférieures au seuil alpha de 5% aux tests du Chi² démontrent de la "significativité" des différences de valeurs médianes entre classes. Regroupées au sein

du tableau 18 suivant, et colorées de « très fort » (rouge) à très faible » (vert), elles permettent de différencier les 11 classes issues de la CAH.

Tableau 18 : Valeurs médianes de NdVi et NGVi, type majoritaire de vulnérabilité et priorisation d'intervention de chacune des 11 classes issues de la CAH

N° classes	n	RSLT	INFIL	EROS	CONECT	NGVi	Ordre de priorité	Vulnérabilité
		Médianes	Médianes	Médianes	Médianes	Médianes		
1	949	32.0	913.0	4.0	4.2	4.0	2	RSLT
2	1788	27.0	437.0	1.7	4.4	3.5	4	INFIL
3	1193	23.0	718.0	1.0	4.7	2.8	8	INFIL-CONECT
4	542	29.0	1550.0	1.3	4.4	2.9	9	RSL-CONECT
5	1934	30.0	302.5	3.8	4.2	4.1	1	Toutes
6	644	20.0	231.0	1.0	4.4	3.0	6	INFIL
7	37	26.0	0.0	1.0	0.0	2.9	11	Aucune
8	1410	30.0	896.0	2.8	4.4	3.5	3	RSLT
9	807	25.0	155.0	2.3	4.2	3.7	5	INFIL
10	445	22.0	1660.0	1.0	4.7	2.1	10	CONECT
11	104	0.0	471.5	1.0	4.6	2.6	7	INFIL-CONECT
Chi² (DDL=10)		4812.7	3070.3	5765.7	6670.4	6445.1		
probabilité >Chi²		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001		

Si l'on considère le besoin parcellaire en connectivité comme secondaire (comme cela a été fait lors du calcul de la NGVi), une seule classe (N°5) présente des parcelles agricoles très fortement vulnérable tant au ruissellement (et à l'érosion, processus consécutif au ruissellement car n'est considérée ici que l'érosion hydrologique) qu'à l'infiltration.

A l'inverse, d'autres classes sont majoritairement exposées soit à l'une ou à l'autre de ces deux (trois) vulnérabilités :

- au ruissellement et à l'érosion, dans le cas des classes N°1 et N°8, soient 2359 parcelles,

- à l'infiltration dans le cas des classes N°2, N°6 et N°9 soient 3239 parcelles.

Concernant les classes N°3, N°4 et N°11, la vulnérabilité est composite ; elle concerne les besoins en connectivité d'une part mais surtout l'infiltration (N°3 et 11) et le ruissellement (N°4). Les besoins en connectivité étant une fois encore secondaire, ces classes devront être traitées selon la vulnérabilité lui étant associée.

Enfin, la classe N°7 (n=37) regroupe très peu de parcelles ; elle est présente du fait des valeurs zéro que prennent les NdVi CONECT et INFIL. En règle générale ces parcelles ne présentent pas un niveau élevé de vulnérabilité et ne sont donc pas prioritaires pour un quelconque aménagement. Elles présentent en outre des superficies très restreintes, inférieures à 2ha.

A partir des valeurs médianes et en respectant les poids octroyés à chacune des NdVi lors du calcul de la NGVi, un ordre de priorisation a pu être déterminé en prêtant aux valeurs médianes la valeur 2 quand « rouge », 1 quand « orange », 0.5 quand « jaune » et 0.25 quand « verte ». Les cinq premières classes prioritaires sont dans l'ordre décroissant de priorité les classes N°5, 1, 8, 2 et 9. Elles représentent près de 69% des parcelles du territoire (n=6888). Elles ne peuvent cependant pas être aménagées de manière identique selon les classes auxquelles elles appartiennent, donc les vulnérabilités dont elles font preuve.

- Etape 6 : interprétation des classes de parcelles

RSLT : vulnérables au ruissellement, une parcelle voit ses sols arrachés par les flux de ruissellement surfacique ou sub-surfaciques qui la parcourt, ce qui induit l'érosion. Ces flux de surface, généralement temporaires quand surfaciques, ont cependant une durée de vie et un débit variables selon qu'ils concentrent de grandes longueurs de flux et/ou drainent une surface ruissellante amont élevée (ce qui conditionne les volumes qui se concentrent sur la parcelle comme le temps nécessaires à l'épuisement de ces flux) et enfin la pente de la parcelle qui quand elle est élevée va accélérer les écoulements et accentuer les phénomènes d'arrachement des sols et de transferts.

Lutter contre le ruissellement impose donc de réduire tant les quantités de flux parvenant sur cette parcelle, c'est-à-dire réduire le ruissellement amont (aménagement préventif pour la parcelle considérée) que de briser les flux de ruissellement (aménagement curatif) sur ladite parcelle. Le ruissellement et l'érosion étant surfaciques ou sub-surfaciques, seuls des aménagements de surface permettent ceci ; le fait que ces aménagements puissent être « ancrés » dans les horizons de surface limitant aussi les risques d'arrachement et de transfert sub-surfaciques. Ainsi dans le cas du ruissellement et de l'érosion en découlant, ce sont essentiellement des systèmes agroforestiers qu'il semble nécessaire de considérer.

En outre, dans le cas de parcelles à vulnérabilité RSLT (EROS) élevée, la longueur, la surface de ruissellement amont permettrait dans un deuxième temps de distinguer :

- un besoin en aménagement agroforestier itératif, répété au sein de la parcelle (i.e. agroforesterie en lignes et culture intercalaire) lorsque la longueur ou la surface ruissellante amont est importante
- un besoin en aménagement agroforestier simple, unique au sein ou en bordure de parcelle (i.e. ligne agroforestière de type haies de bordure ou talus intra-parcellaire, fascines vivantes) lorsque la longueur ou la surface ruissellante amont est faible

Cependant mettre des lignes d'arbres intercalées au sein de la parcelle nécessite une orientation, une conformation et/ou une superficie parcellaire propices. Alors que dans le cas d'agroforesteries de bordure seule l'orientation pourrait avoir une certaine importance si les « haies agroforestières » sont aussi composées de strates arborées hautes.

Ces premiers éléments de distinction des aménagements types à concéder correspondraient aux classes N°1, N°4 et N°8 majoritairement vulnérables au ruissellement et à l'érosion.

INFIL : vulnérable à l'infiltration, une parcelle voit les eaux de pluies excédentaires, c'est-à-dire non retenues par les sols agricoles, et/ou les flux s'y accumulant (de l'amont) s'infiltrer vers les horizons sous terrains en son sein

- très rapidement dans le cas où une zone préférentielle d'infiltration (bétoire, vallée sèche) se trouverait au sein de cette parcelle
- plus lentement si l'ensemble de la parcelle est infiltrant.

Dans le cas d'infiltration préférentielle en des zones localisées de la parcelle, il apparaît probable que les aménagements destinés devront

- limiter voire empêcher tous risques de ruissellement dirigés vers ces zones préférentielles dans le cas où une parcelle serait très infiltrante localement mais aussi ruisselante par ailleurs (cas de la classe N°5),
- empêcher tous risques d'infiltration sur l'ensemble de sa surface, cette infiltration pouvant par la suite est redirigée en sub-surface vers une zone préférentielle (bétoire ou vallée sèche) ou directement sur toute sa surface vers les nappes sous-terraines.

Dans le premier cas (parcelle à infiltration localisée et ruissellement généralisé), les aménagements déjà évoqués ci avant peuvent répondre à l'enjeu. On cherchera cependant en sus à créer une barrière physique efficace en surface comme en sub-surface autour et sur la zone localisée. Ainsi à côté des aménagements agroforestiers intra-parcellaires en ligne dans sa partie ruissellante ou linéaires de bordure (selon sa superficie et son orientation), des aménagements agroforestiers de types bosquets et/ou haies seraient à créer autour des bétoures, sur la vallée sèche. D'autres aménagements de type enherbement tel ceux proposés par Eau de Paris pourraient le cas échéant convenir ; on gardera cependant en tête que leur capacité de limitation sub-surface des transferts sera moindre en l'absence d'individus arborés à potentiel racinaire d'interception en profondeur.

Dans le second cas, lorsque toute la surface de la parcelle est majoritairement infiltrante sans zone préférentielle d'infiltration, ce devrait être l'ensemble de la surface qui devrait bénéficier d'alternatives permettant de (i) limiter directement la pression phytosanitaire et/ou azotée sur la parcelle (techniques de protection intégrée, désherbage voire désherbage mécanique, conversion AB ...), (ii) limiter indirectement la pression phytosanitaire et/ou azotée sur la parcelle (cultures en association, rotation longue avec légumineuses pérennes, semis direct sous couvert végétal...). Dans le premier cas, Eau de Paris propose actuellement deux alternatives d'intérêt : la conversion à l'agriculture biologique mais aussi le réenherbement ; la préemption des terres à des fins de fermage sous conditions restant un outil pouvant s'avérer utile dans le cas des parcelles à infiltration très forte et généralisée.

EROS : vulnérable à l'érosion, une parcelle voit les eaux de pluies ruisselant en surface ou en sub-surface entraîner les terres agricoles et les déplacer (ainsi que les molécules phytosanitaires) selon l'angle d'écoulement moyen au sein de la parcelle. Limiter les processus d'érosion revient à limiter le potentiel d'arrachement des terres par les pluies (effet splash) mais aussi la fermeture du sol, de la battance, à l'origine du ruissellement épidermique et de l'arrachage des particules de sols.

Une fois encore, limiter l'érosion revient, à titre « préventif », à réduire les périodes de sols nus (donc des intercultures longues) et/ou à couvrir les sols pendant ces intercultures (non exportation des pailles laissées en surface, CIPAN, engrais verts, cultures de services, semis direct sous couvert végétal...). Par contre à titre « curatif », des aménagements en ligne au sein des parcelles ou en bordure de parcelle (quand celles-ci sont de taille relativement restreinte) ou des techniques de mise en relief des sols dans l'interrang (parebutte ...) permettraient de limiter le risque érosion.

Cependant l'implantation de ces aménagements ne sera efficace contre l'érosion comme contre le ruissellement si et seulement si la direction d'implantation (on fait l'hypothèse qu'il ne peut correspondre qu'à l'angle de travail des sols, ou à celui de la plus grande longueur de la parcelle) fait un angle d'au moins 30° avec l'angle de ruissellement et d'érosion au sein de la parcelle. L'angle moyen de ruissellement et d'érosion au sein de

la parcelle a été calculé pour chacune des parcelles lors du processus de détermination des longueurs de flux et des surfaces ruisselante amont. Cette information permet alors de déterminer, en utilisant l'orientation parcellaire déjà produite, si l'implantation d'aménagement (en ligne) au sein ou en bordure de la parcelle serait propice à l'interception des flux ruisselés, des terres érodées. La figure 37 ci-dessous présente l'écart angulaire entre l'angle d'écoulement moyen des flux ruisselant sur la parcelle et l'orientation de la parcelle; un écart angulaire supérieur ou égal à 30° est considéré comme étant efficace pour limiter les processus de ruissellement et d'érosion.

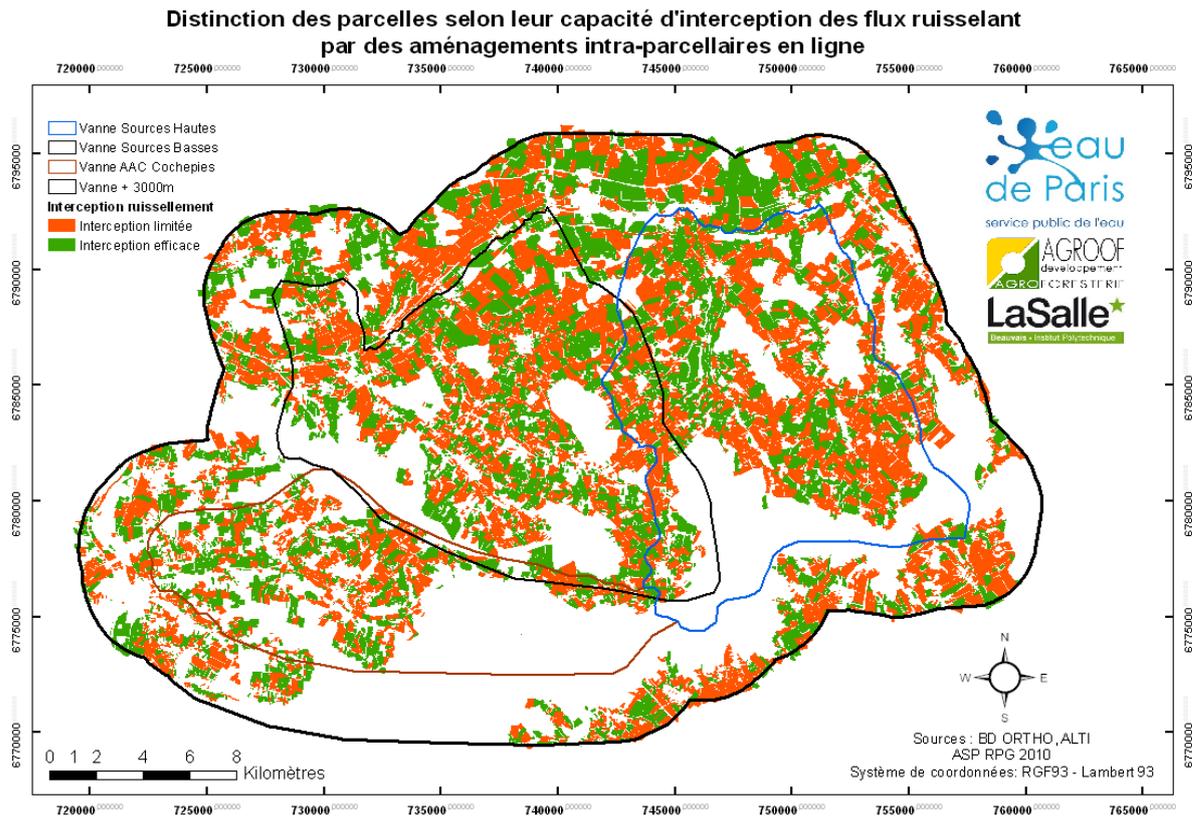


Figure 37 : potentiel d'interception des flux ruisselant intra-parcellaire par des aménagements agroforestiers en ligne au sein ou en bordure de parcelle

4301 parcelles présentent un écart entre angle de ruissellement et orientation d'au moins 30°. Codée « 1 » au sein de la table attributaire du fichier parcellaire final, cette information devra être prise précocement en compte pour les parcelles érosives/ruisselantes lorsque seront décidés ou non des aménagements agroforestiers en ligne intra- et/ou interparcellaires.

En dehors de ce critère supplémentaire, dans le cas de parcelles à vulnérabilité EROS (RSLT) élevée, la longueur, la surface de ruissellement amont permettrait dans un deuxième temps de distinguer :

- un besoin en aménagement agroforestier itératif, répété au sein de la parcelle (i.e. agroforesterie en lignes et culture intercalaire) lorsque la longueur ou la surface ruissellante amont est importante indiquant des parcelles à l'aval d'un axe privilégié de ruissellement, axes nécessitant de nombreuses lignes d'interception des flux de ruissellement (intra-parcellaires plutôt qu'inter-parcellaires)

- un besoin en aménagement agroforestier simple, unique au sein ou en bordure de parcelle (i.e. ligne agroforestière de type haies de bordure ou talus intra-parcellaire, fascines vivantes) lorsque la longueur ou la surface ruissellante amont est faible, c'est-à-dire à l'amont d'un axe de ruissellement

Cependant mettre des lignes d'arbres intercalées au sein de la parcelle nécessite une orientation, une conformation et/ou une superficie parcellaire propices. Alors que dans le cas d'agroforesteries de bordure seule l'orientation pourrait avoir une certaine importance si les « haies agroforestières » sont composées de strates arborées hautes.

CONNECT : présentant de fort besoin de (re)connectivité écologique, une parcelle se verrait aménager de telle sorte que (i) la distance cumulée de lisières soit maximisée et (ii) que diverses strates arborées comme arbustives composent les aménagements à concéder (en sus d'une grande diversité d'essences tant florifères que fructifères). Ainsi, même si les besoins en connectivité ne sont pas prioritaire, et donc même s'il ne conditionnent pas le type d'aménagement à concéder, ils orientent l'aménageur dans le choix du modèle agroforestiers en termes de structure et de fonctionnalité. Ainsi, dans le cas des classes N°3, 4 et 11, si un aménagement intra-parcellaire est décidé selon la deuxième vulnérabilité majoritaire (RSLT dans exemple), les lignes d'arbres agroforestières devront certes présenter des arbres de hautes tiges, mais celles-ci seront plus espacées de sorte de laisser place à des micro-haies, des arbustes diversifiés à floraisons étalées et une gestion de la bande enherbée (choix des espèces, pratiques d'entretien...) plus propice à la biodiversité commune. Le même genre de déclinaison est attendu dans le cas de petites parcelles à orientation défavorable de sorte de disposer en bordure de parcelle d'habitats diversifiés et propices.

3.4. Arbre de décision multicritère (ADD 1^{ère} étape) pour le choix des aménagements types potentiels à la parcelle

Afin de procéder à une attribution robuste des aménagements les plus efficaces et adaptés aux parcelles les plus vulnérables, une réunion de concertation entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre et ses partenaires a été organisée (le 2 Mai 2013, Montigny-sur-Loing). Son objectif était, aux vues des résultats disponibles, de décider de la hiérarchisation des critères de sélection parcellaires comme des types d'aménagement à consentir ; elle a permis aussi, aux vues des connaissances fines des processus hydrologiques de détérioration de la qualité des eaux d'Eau de Paris, de prioriser les types de vulnérabilité parcellaire ciblés. Suite à cette réunion, ont été considérés prioritaires :

- (1) le processus de ruissellement surfacique parcellaire (RSLT),
- (2) l'existence au sein d'une parcelle d'une zone préférentielle de dépression i.e. bétoire représentant une connexion potentielle directe des eaux de ruissellement avec les eaux captées,
- (3) l'appartenance d'une parcelle à un bassin de dépression de bétoire, c'est-à-dire l'appartenance d'une parcelle à une zone plus large sur laquelle les eaux ruisselantes sont amenées, de par la géomorphologie locale, à se concentrer et se déverser dans la bétoire
- (4) l'existence d'axes préférentiels d'écoulement des flux de ruissellement (vallées sèches ruisselantes) pouvant ou non conduire les eaux de ruissellement vers les zones préférentielles de dépression,
- (5) de la situation des parcelles le long d'un axe préférentiel de ruissellement aux zones de dépression préférentielle.

Ces critères sont **dans une première étape de l'arbre de décision, utilisées pour déterminer un aménagement type potentiel à la parcelle**. On entend par aménagement type potentiel – un aménagement pour lequel seule sa nature (intra- vs. inter-parcellaire, collectif vs. individuel, simple vs. renforcé...) est envisagée, mais pas sa composition (type d'arbres, d'infrastructure, en ligne avec culture intercalée...) – potentiel car non encore confronté aux caractéristiques intrinsèques de la parcelle (superficie, forme, orientation, potentiel d'interception du ruissellement...) et de son environnement proche (besoin proximal important d'aménagement plaçant pour des actions d'aménagement collectives ...) pour attester de sa faisabilité, de son réalisme.

Pour chacun des critères de distinction des parcelles et des aménagements types, les informations parcellaires suivantes sont utilisées :

- (1) la classe de vulnérabilité parcellaire obtenue de la CAH. Les classes N°5, 1, 8 et 4 (respectivement d'ordre de priorité 1, 2, 3 et 9) présentant une vulnérabilité forte au ruissellement, représentent la population initiale de parcelles sur laquelle sera conduit l'arbre de décision pour le choix des aménagements – cette population est constituée de 4831 parcelles (approx. 48% des parcelles du territoire d'étude)

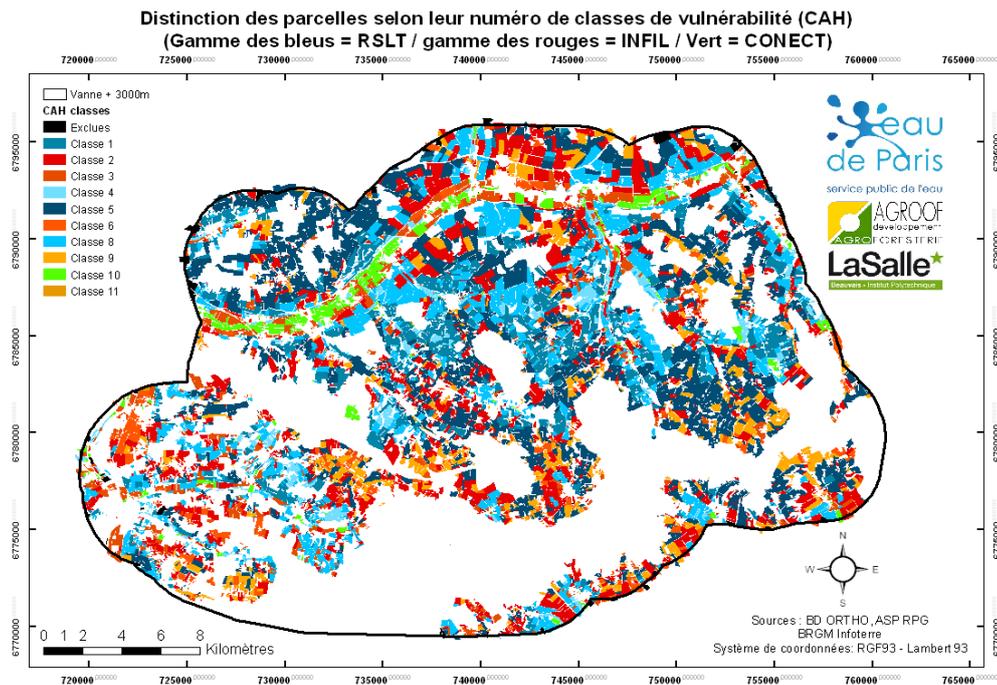


Figure 38 : Cartographie des classes de vulnérabilité parcellaires issues de la CAH

(2) l'existence d'une ou plusieurs bétouilles au sein même des parcelles a été obtenue en juxtaposant spatialement le fichier parcellaire au fichier « effondrements ». Chaque parcelle contenant en tout ou partie une bétouille en son sein s'est vue différenciée des autres et le nombre de bétouilles qu'elle contient, renseigné (voire figure 39 suivante)

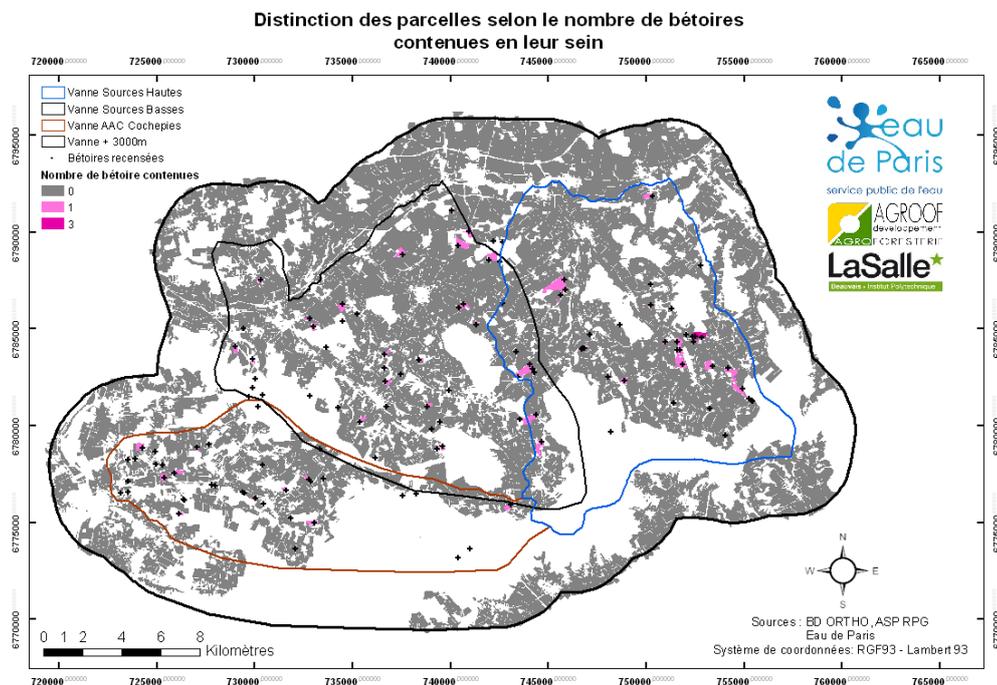


Figure 39 : Cartographie des parcelles contenant des bétouilles

(3) l'appartenance d'une parcelle à un bassin de dépression; les parcelles contribuant à un tel bassin de dépression sont d'ors et déjà différenciées (parcelles codées « 1 »),

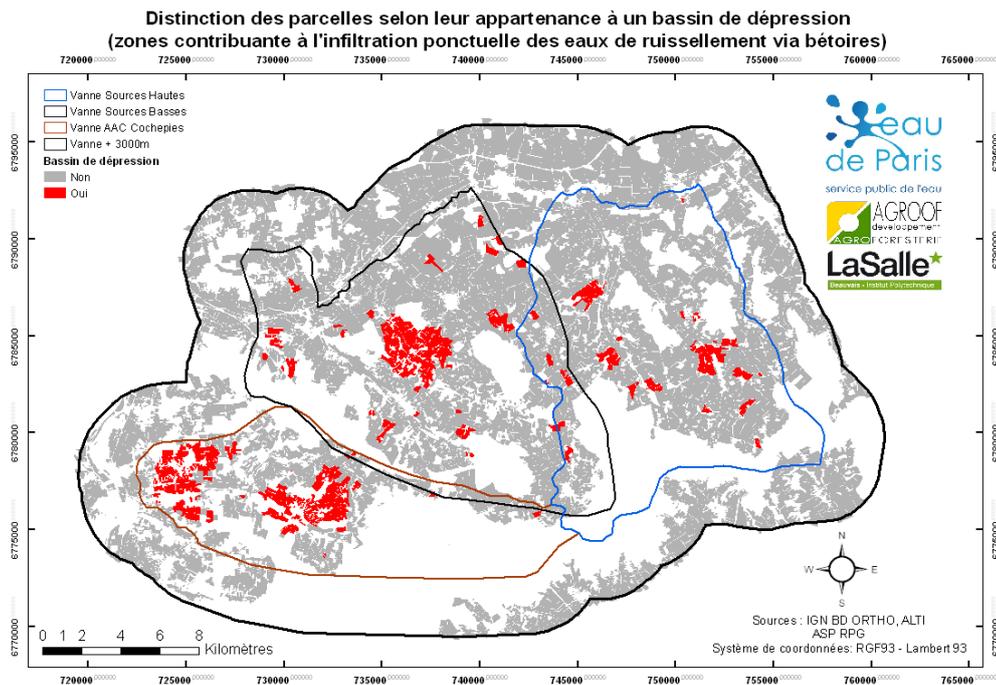


Figure 40 : Cartographie des parcelles comprises au sein des bassins de dépression

- (4) les parcelles parcourues par une vallée sèche ont été distinguées des autres ; en sus, la valeur moyenne d'IDPR ($IDPR_{BRGM}$) de la zone commune de la parcelle et de la (les) vallée(s) sèche(s) qui la parcourt a été affectée à la parcelle de sorte de pouvoir différencier les parcelles contenant une vallée sèche ruisselante ($IDPR \geq 1200$) des autres considérées peu ou pas ruisselantes (voire figure 41 ci-dessous).

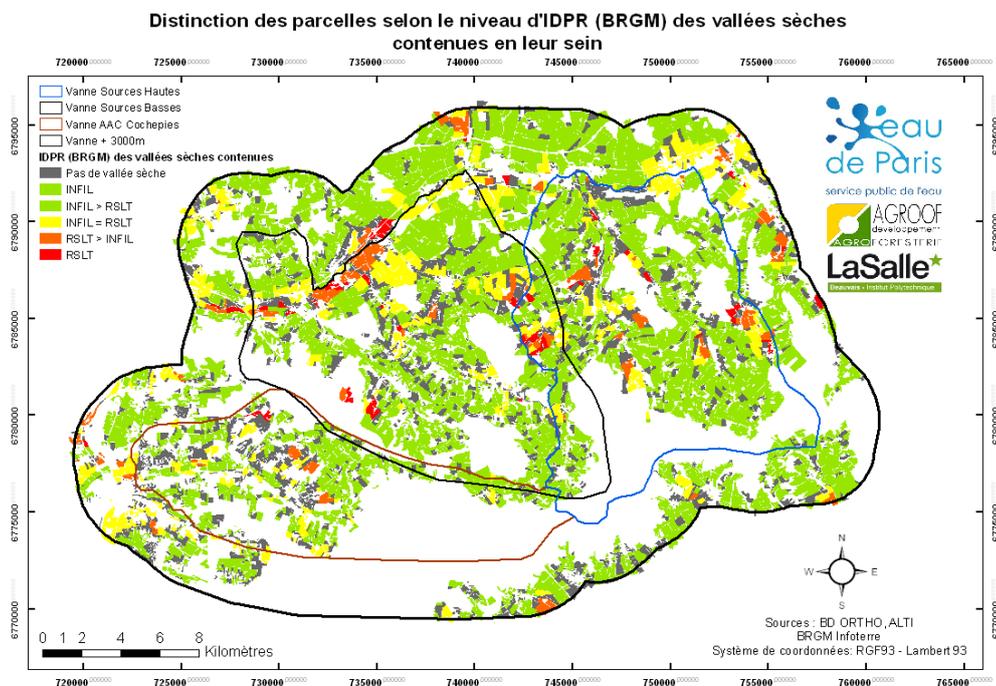


Figure 41 : Cartographie des parcelles contenant des vallées sèches et valeurs parcellaire d'IDPR

(5) enfin, la situation d'une parcelle le long d'un axe de ruissellement préférentiel, le long d'une vallée sèche, est obtenu à partir de la longueur de flux maximale calculée pour chaque parcelle ; elle vous est présentée à nouveau pour rappel ; trois classes de longueur de flux ont été spécifiées selon l'écart-type de cette variable : « faible longueur (i.e. très amont) », ≤ 701.3 m ; « longueur moyenne (position intermédiaire) » $\in [701.3 \text{ m} ; 1141.2 \text{ m}]$ et « longueur élevée (i.e. très aval) » $\geq 1141.2 \text{ m}$.

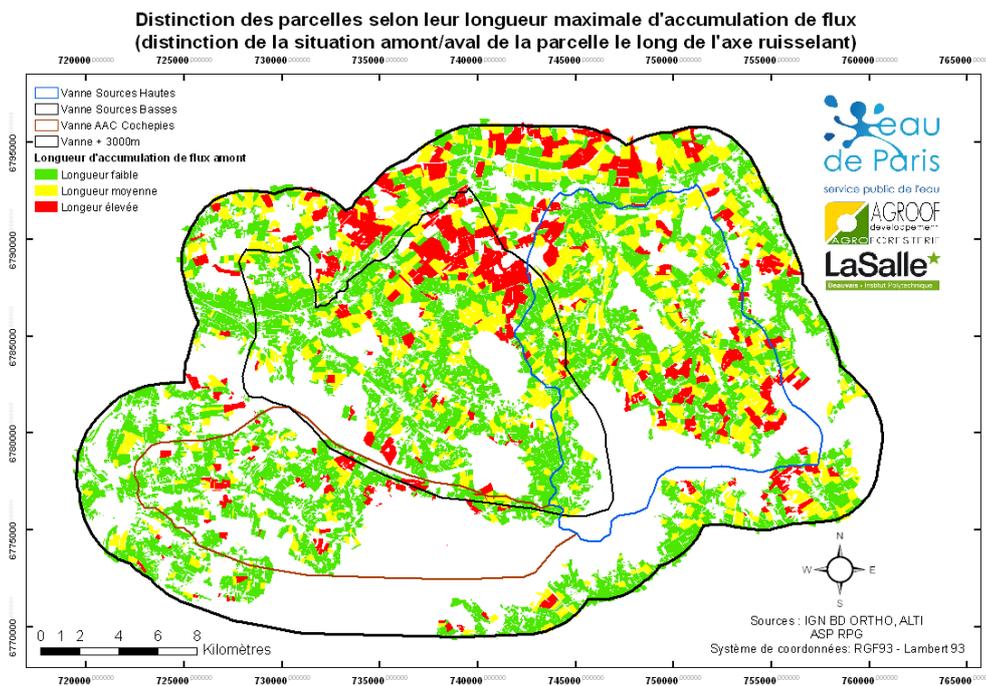


Figure 42 : Cartographie de la longueur de flux maximale à la parcelle

Chacun des critères énumérés ci avant ont alors servi à déterminer le type d'aménagement potentiel à la parcelle. On entend par *potentiel*, le fait qu'indépendamment de tous autres critères parcellaires et de l'environnement proche, un type d'aménagement peut être envisagé par parcelle, en fonction des seuls critères énumérés (classe de vulnérabilité, puis béttoire, puis appartenance à un bassin de dépression, puis vallée sèche, enfin, longueur de flux, et ce dans cet ordre). Les classes de vulnérabilité N° 5, 1 et 8, toutes RSLT sont recodées « R » alors que la classe N°4 est recodée « CR » du fait que les besoins en connectivité et le ruissellement soient tous deux élevés pour cette classe, et que des aménagements propices à la biodiversité devront être réfléchis.

Les parcelles ont été recodées selon les diverses modalités suivantes :

Classe de vulnérabilité	Classe de vulnérabilité	Béttoire	Bassin dépression	Vallée sèche	Longueur de flux
5	RSLT (R)	1	1	1	1 (faible)
1					2 (moyenne)
8					3 (élevée)
4	CONNECT_RSLT (CR)	0	0	0	

Pour exemple, le code « CR_0_1_1_3 » correspond alors à une parcelle tant vulnérable au ruissellement qu'écologiquement, ne disposant pas de béttoire mais contribuant au bassin de dépression d'une béttoire et accueillant une vallée sèche en son sein, vallée sèche située à l'aval de ce ruissellement du fait d'une longueur maximum de flux élevée (modalité 3).

En fonction des codes obtenus nous avons alors proposés, et dans l'ordre d'importance :

- des aménagements intra-parcellaires (IAP) si une bétoire et/ou une vallée sèche est présente sur la parcelle et/ou si la longueur de flux est de classe 2 ou 3,
- des aménagements inter-parcellaires (IEP) si une vallée sèche est présente sur la parcelle et que la longueur de flux est de classe 1 (sauf si une bétoire est présente)
- des aménagements inter-parcellaires (IEP) si ni bétoire et ni vallée sèche ne sont présentes mais que la parcelle appartient à un bassin de dépression et présente une longueur de flux de classe 1
- ces aménagements pouvaient alors être « renforcés – R » si une bétoire et/ou une vallée sèche est présente sur la parcelle,
- et « collectifs – C » si la parcelle appartient à un bassin de dépression,
- les deux ne s'excluant pas mutuellement.

L'ensemble des codes ainsi générés, le nombre de parcelles concernées par chaque code et le type d'aménagement potentiel par parcelle sont présentés au sein du tableau 19. Au total ce sont 7 types d'aménagement potentiels que nous envisageons au cours cette première étape. Les proportions relatives de ces **aménagements types potentiels** sont indiquées dans le tableau 20 ci-après.

Tableau 19 : Fréquences des aménagements types potentiels envisagés à la parcelle

Aménagements types potentiels	Nombre de parcelles concernées	Proportions (%)
IAP	1030	10.5
IAP_C	79	0.8
IAP_CR	44	0.4
IAP_R	45	0.5
IEP	3318	33.7
IEP_C	307	3.1
IEP_CR	8	0.1
INFIL	5022	50.969248

La majeure partie des parcelles (51%), parce qu'infiltrantes ou ayant seulement des besoins en connectivité écologique, ont vu leur code « INFIL (et autres) » maintenu de sorte d'éviter toute incompréhension pour les personnes ayant à prendre en main le jeu de données final. Elles n'ont pas fait l'objet ici d'attribution d'aménagement type potentiel. Parmi les parcelles restantes (49%), la majeure partie, du fait de l'absence de bétoire et/ou de vallée sèche et parce que la longueur de flux était faible, se sont vu affectés des aménagements de type inter-parcellaires (IEP, tous sous-types confondus) ; elles représenteraient près des trois quarts des parcelles ruisselantes à aménager. Seules 1198 parcelles (12% de la population initiale) feraient l'objet d'un aménagement intra-parcellaire (IAP). Enfin, parmi les 4831 parcelles ruisselantes, 438 (9%) devraient être collectivement aménagées et 97 (2%) devraient bénéficier d'un aménagement renforcé.

La répartition spatiale des aménagements types potentiels issus de l'arbre de décision (1^{ère} étape) est représentée au sein de la figure 43.

Tableau 20 : Fréquences et nature des codes existant au sein de la population de parcelles ruisselantes, et types d'aménagements potentiels à la parcelle

Codes	Vulnérabilité type	Nb. Parcelles	%	Bétoire (0/1)	BV Bétoire (0/1)	Vallée sèche (0/1)	Longueur de flux (1/2/3)	Aménagements types	Aménagements types (codé)
CR_0_0_0_1	RSLT_CONECT	362	3.7	0	0	0	1	Amngt inter-parcellaire	IEP
CR_0_0_0_2	RSLT_CONECT	38	0.4	0	0	0	2	Amngt intra-parcellaire	IAP
CR_0_0_0_3	RSLT_CONECT	11	0.1	0	0	0	3	Amngt intra-parcellaire	IAP
CR_0_0_1_1	RSLT_CONECT	63	0.6	0	0	1	1	Amngt inter-parcellaire	IEP
CR_0_0_1_2	RSLT_CONECT	6	0.1	0	0	1	2	Amngt intra-parcellaire renforcé	IAP_R
CR_0_1_0_1	RSLT_CONECT	45	0.5	0	1	0	1	Amngt inter-parcellaire collectif	IEP_C
CR_0_1_0_2	RSLT_CONECT	9	0.1	0	1	0	2	Amngt intra-parcellaire collectif	IAP_C
CR_0_1_1_1	RSLT_CONECT	2	0.0	0	1	1	1	Amngt inter-parcellaire collectif	IEP_C
CR_0_1_1_2	RSLT_CONECT	4	0.0	0	1	1	2	Amngt intra-parcellaire collectif renforcé	IAP_CR
CR_0_1_1_3	RSLT_CONECT	1	0.0	0	1	1	3	Amngt intra-parcellaire collectif renforcé	IAP_CR
CR_1_1_1_2	RSLT_CONECT	1	0.0	1	1	1	2	Amngt intra-parcellaire renforcé	IAP_R
INFIL	INFIL et autres	5022	51.0	non prises en compte				Pas d'aménagement	0
R_0_0_0_1	RSLT	2839	28.8	0	0	0	1	Amngt inter-parcellaire	IEP
R_0_0_0_2	RSLT	638	6.5	0	0	0	2	Amngt intra-parcellaire	IAP
R_0_0_0_3	RSLT	343	3.5	0	0	0	3	Amngt intra-parcellaire	IAP
R_0_0_1_1	RSLT	54	0.5	0	0	1	1	Amngt inter-parcellaire	IEP
R_0_0_1_2	RSLT	23	0.2	0	0	1	2	Amngt intra-parcellaire renforcé	IAP_R
R_0_0_1_3	RSLT	9	0.1	0	0	1	3	Amngt intra-parcellaire renforcé	IAP_R
R_0_1_0_1	RSLT	262	2.7	0	1	0	1	Amngt inter-parcellaire collectif	IEP_C
R_0_1_0_2	RSLT	53	0.5	0	1	0	2	Amngt intra-parcellaire collectif	IAP_C
R_0_1_0_3	RSLT	17	0.2	0	1	0	3	Amngt intra-parcellaire collectif	IAP_C
R_0_1_1_1	RSLT	6	0.1	0	1	1	1	Amngt inter-parcellaire collectif renforcé	IEP_CR
R_0_1_1_2	RSLT	2	0.0	0	1	1	2	Amngt intra-parcellaire collectif renforcé	IAP_CR
R_1_0_0_1	RSLT	1	0.0	1	0	0	1	Amngt intra-parcellaire renforcé	IAP_R
R_1_0_0_2	RSLT	4	0.0	1	0	0	2	Amngt intra-parcellaire renforcé	IAP_R
R_1_0_0_3	RSLT	1	0.0	1	0	0	3	Amngt intra-parcellaire renforcé	IAP_R
R_1_1_0_1	RSLT	22	0.2	1	1	0	1	Amngt intra-parcellaire collectif renforcé	IAP_CR
R_1_1_0_2	RSLT	5	0.1	1	1	0	2	Amngt intra-parcellaire collectif renforcé	IAP_CR
R_1_1_0_3	RSLT	6	0.1	1	1	0	3	Amngt intra-parcellaire collectif renforcé	IAP_CR
R_1_1_1_1	RSLT	3	0.0	1	1	1	1	Amngt intra-parcellaire collectif renforcé	IAP_CR
R_1_1_1_2	RSLT	1	0.0	1	1	1	2	Amngt intra-parcellaire collectif renforcé	IAP_CR
Total		9853	100.0						

Distinction des parcelles selon l'aménagement type potentiel leur correspondant (sans prise en compte des caractéristiques parcellaires et de l'environnement proche)

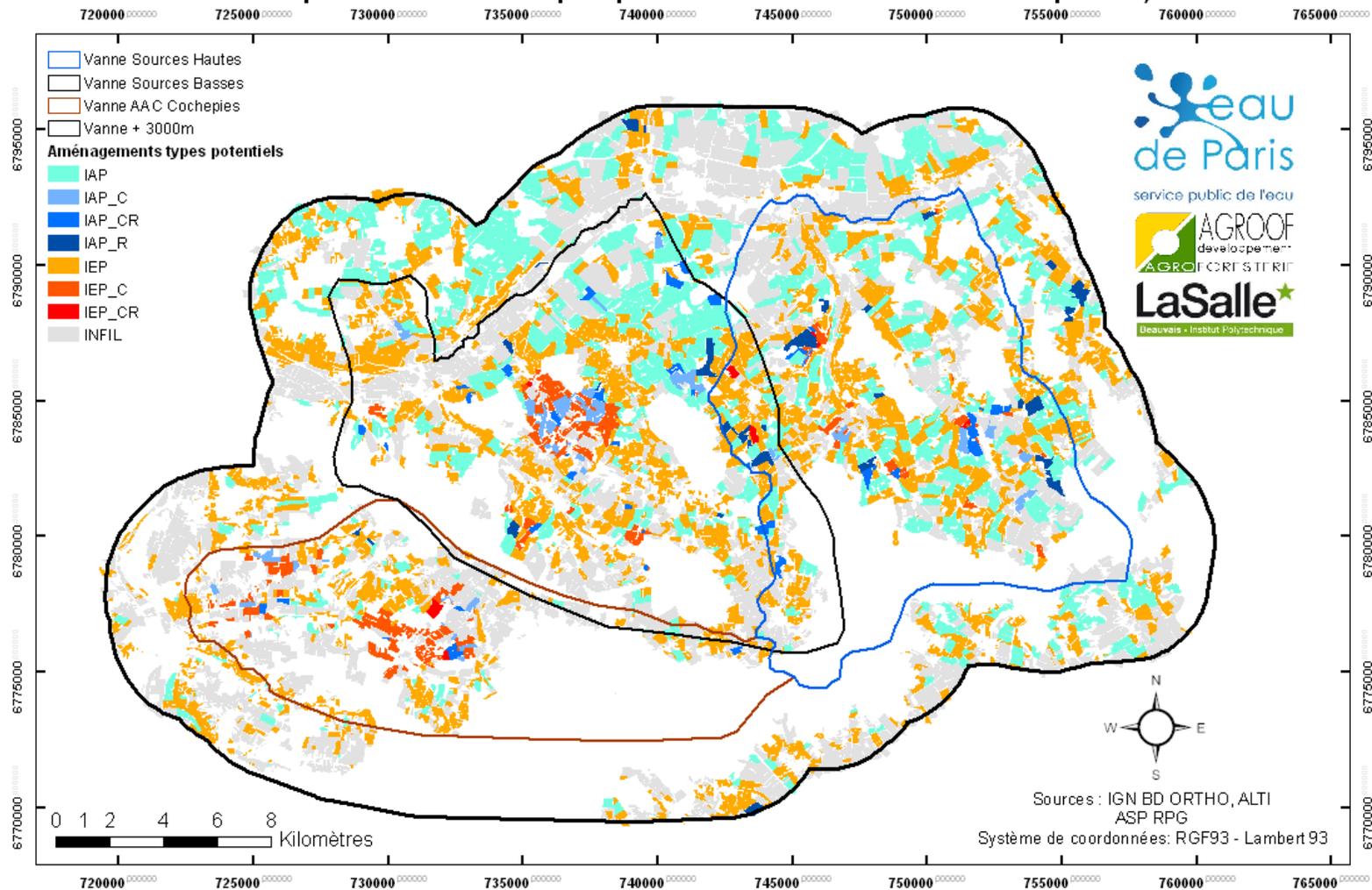


Figure 43 : Cartographie des aménagements types potentiels au sein de la zone d'étude Vanne+3000m

A première vue, la figure 43 permet de distinguer les zones à l'aval des AAC Sources Hautes et Basses pour lesquelles des aménagements intra-parcellaires souvent individuels (gamme des bleus) seraient les plus propices et adaptés.

A l'inverse, le coeur des AAC semblent devoir privilégier des aménagements collectifs et inter-parcellaires. Pour l'AAC Hautes Sources, une particularité à l'amont de cette zone est notable : une zone spécifique (autour des communes de Boeurs-en-Othe, Fournaudin et de Bérulle) concentrerait de nombreux aménagements intra- et inter-parcellaires collectifs. De même, autour des communes des Sièges et de Vareille (pour l'AAC Basses Sources) puis de Dixmont et de Villeneuve-sur-Yonne (pour l'AAC Cochepies), de nombreux aménagements inter-parcellaires collectifs apparaissent souhaitables.

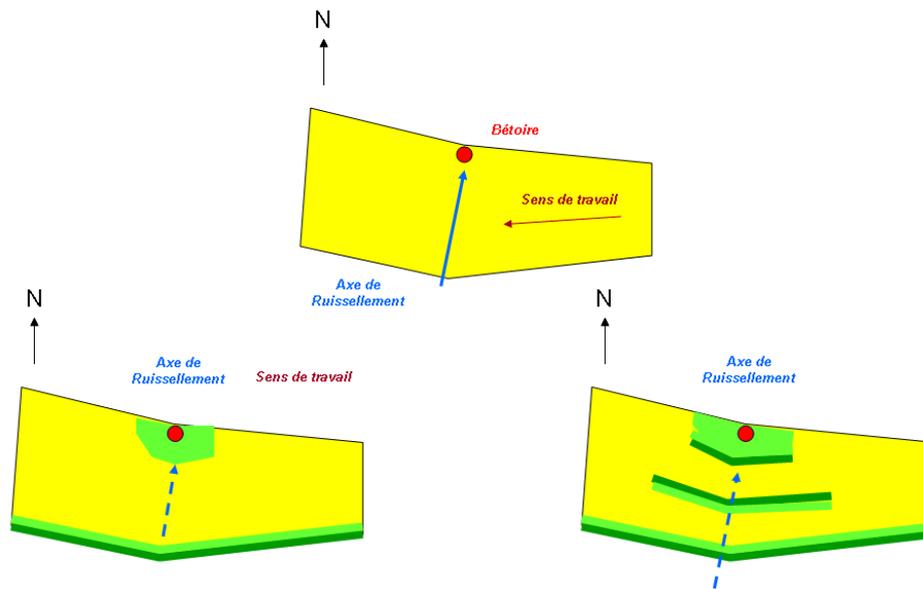
3.5. Arbre de décision multicritère (ADD 2^{ème} étape) pour le choix des aménagements types conseillés à la parcelle

Afin de procéder à une attribution réaliste et faisable des aménagements les plus efficaces et adaptés aux parcelles et à leur environnement proche, nous avons au cours d'une deuxième étape considérée les divers critères caractéristiques des parcelles et de leur environnement proche. Parmi les critères développés au sein de ce document, six critères ont été retenus et ont été appliqués pour (i) préciser la nature de l'aménagement et/ou (ii) pour corriger l'infaisabilité des aménagements types potentiels aux vues de ces critères parcellaires. Il s'agit, dans l'ordre de priorisation (1) de la nature de **la succession culturelle** attribuée de sorte d'exclure du plan d'aménagement les parcelles occupées par des prairies temporaires (5_VVVVV) et permanentes (5_WWWWW), (2) **de l'orientation de la parcelle** par rapport à un axe Nord-Sud propice à l'implantation d'essences de hautes tiges sans risque d'ombrage concurrentiel inacceptable, (3) du **potentiel d'interception des flux de ruissellement** par des aménagements intra-parcellaires en ligne correspondant à l'axe majeur de la parcelle ou de son sens de travail, (4) la **superficie** de la parcelle, (5) de **sa forme** exprimée par la dimension fractale de la parcelle et (6) du **nombre de parcelles vulnérables** à très vulnérables situées au sein du rayon de recherche parcellaire représentatif du potentiel caractère collectif de l'aménagement de cette parcelle. La présence de servitude n'a pas ici été retenue ; nous émettons l'hypothèse que si elle peut conditionner les aménagements à proposer, il s'agira alors d'adaptations partielles au sein de la parcelle sans réelle remise en cause du type d'aménagement.

Pour chaque parcelle, tel qu'à l'étape 1 de l'arbre de décision, un nouveau code a été généré ; il se composait du code issu de l'étape 1, suivi de « 0 » (valeur inadéquate) ou de « 1 » (valeur adéquate) pour chaque critère, dans l'ordre indiqué ci-dessus.

Pour exemple, le code « IAP_CR_0_1_1_1_0 » signifie une parcelle initialement destinée à un aménagement intra-parcellaire collectif renforcé (car contient une bétouille et/ou une vallée sèche de longueur de flux ≥ 2), dont l'axe parcellaire est plutôt Est-Ouest (donc peu propice à des aménagements de hautes tiges), pouvant intercepter si aménagée les flux de ruissellement la traversant, de superficie propice à un aménagement intra-parcellaire (>2ha), de forme rectangulaire à carrée et sans parcelle vulnérable-à-très-vulnérable proche. Si, du fait de son orientation, aucun aménagement interne de haute tige ne semble possible et qu'on lui préférerait un aménagement inter-parcellaire, sa très haute vulnérabilité interne (renforcé), nous intime de garder la solution d'un aménagement intra-parcellaire a minima

partiel (autour de la bétouire), sans ombre portée, et réfléchi seul. Deux (au moins) solutions sont dès lors envisageables.



IAP_CR avec microhaie et bande enherbée à son pied sur côté amont + zone enherbée autour de la bétouire

" IAP_CR_mH+enH "

IAP_CR avec microhaies et bandes enherbées intercalées + zone enherbée autour de la bétouire

" IAP_CR_AF "

Pour l'ensemble des parcelles, ce sont 161 combinaisons (du type IAP_CR_0_1_1_1_0) différentes qui ont été produites après concaténation (sous JMP 8.0, the SAS Institute) du code initial (aménagement type potentiel) et des six modalités parcelaires (0 ou 1). Ces 161 combinaisons ont alors été analysées une à une, représentées schématiquement (comme ci-dessus) validées en l'état ou corrigées quand nécessaire (voire annexe G).

Après validation/correction, un code final leur a été attribué ; il précise le type d'**aménagement type proposé** et se compose alors :

- de la localisation de l'aménagement (IAP ou IEP) – selon l'orientation parcelaire et de son potentiel d'interception
- du caractère renforcé de l'aménagement si nécessaire (IAP_R) – selon présence ou non de bétouire ou de vallée sèche
- du caractère collectif de l'aménagement (IAP_C) – selon que des parcelles proches vulnérables existent
- enfin, comme dans l'exemple ci-dessus, la nature des aménagements, c'est-à-dire leur composition, diversité et le type de strate spécifique est précisée dès que possible (*Remarque : parce que c'est à l'aménageur avec le propriétaire et/ou l'agriculteur de décider de la nature de l'aménagement, elle est donnée à titre indicatif sans présager de ce qui pourra être réellement fait sur la parcelle*). On n'oubliera pas cependant de différencier les aménagements types proposés selon leur appartenance à la classe de vulnérabilité « CONECT_RSLT » de sorte de proposer des essences agroforestières adéquates pour la biodiversité commune locale.

L'ensemble des aménagements types proposés correspondent aux aménagements types finalisés. A partir des 161 combinaisons initiales, 26 aménagements types proposés ont été retenus ; ils sont présentés au sein du tableau 21 suivant. Pour deux types de combinaisons, aucun aménagement type proposé consensuel n'est ressorti de la concertation et seront donc laissés à l'appréciation des diagnostiqueurs lors des phases terrain.

Tableau 21 : Nature, composition et fréquence des aménagements types proposés à la parcelle issus de l'arbre de décision

Aménagements types proposés	Significations	Nombre	(%)
IEP_Hhtig	Hautes tiges (alignement périphérique)	1132	11.5
IEP_?	ne sais pas	690	7.0
IEP_C_Hhtig	Hautes tiges (alignement périphérique)	467	4.7
IEP_C_?	ne sais pas	458	4.6
IAP_mH+BH	Microhaies + bandes enherbées	405	4.1
IAP_AF	Agroforesterie intercalaire	363	3.7
IEP_C_mH+BH	Microhaies + bandes enherbées	360	3.7
IEP_mH+BH	Microhaies + bandes enherbées	231	2.3
IAP_enH	Remise en herbe	172	1.7
IAP_C_mH+BH	Microhaies + bandes enherbées	122	1.2
IAP_C_enH	Remise en herbe	72	0.7
IAP_mH	Microhaies	61	0.6
IAP_C_AF	Agroforesterie intercalaire	50	0.5
IAP_AF+herb	Agrosylvopastoralisme	46	0.5
IAP_R_enH	Remise en herbe	31	0.3
IAP_R_mH+enH	Microhaies + (ré)enherbement (partiel)	18	0.2
IEP_R_Hhtig+enH	Haies hautes tiges + (ré)enherbement (partiel)	18	0.2
IAP_BH	Bandes enherbées	14	0.1
IAP_R_AF	Agroforesterie intercalaire	12	0.1
IAP_R_Hhtig+enH	Haies hautes tiges + (ré)enherbement (partiel)	8	0.1
IAP_CR_mH+enH	Microhaies + (ré)enherbement (partiel)	4	0.0
IEP_CR_Hhtig+enH	Haies hautes tiges + (ré)enherbement (partiel)	3	0.0
IAP_R_AF+enH	Agroforesterie intercalaire + enherbement (partiel)	2	0.0
IAP_CR_AF	Agroforesterie intercalaire	1	0.0
INFIL		4400	44.7
Prairie		713	7.2
Total		9853	100.0

Parmi ceux-ci, 474 parcelles (approx. 5%) devraient être aménagées selon divers modèles d'agroforesterie intercalaire à essences de hautes tiges (..._AF...), 97 (approx. 1%) nécessiteraient en outre un aménagement renforcé autour d'une zone d'infiltration préférentielle, 275 (approx. 3%) devraient voire leur surface intégralement réenherbée (mesure d'aide à la remise en herbe d'Eau de Paris). A l'opposé, 1597 parcelles (16%) devraient bénéficier d'un aménagement de bordure en essences à hautes tiges. Il est à noter que pour 1148 parcelles (18%), du fait de la non adéquation quasi systématique des critères parcellaires et de l'environnement proche, il est pour l'heure et sans diagnostic in situ complémentaire, impossible d'envisager la nature des aménagements pouvant leur correspondre.

La distinction des parcelles agricoles au sein de la zone d'étude Vanne+3000m selon les 26 aménagements types proposés a été cartographiée et est présentée au sein de la figure 44. Parce que le nombre d'aménagements types proposés est important, il est relativement impossible de distinguer chacun des types sur cette carte. Cependant, aucune tendance à la concentration des aménagements types proposés n'est discernable, non plus qu'elle n'est attendue. En effet, de par la forte variabilité à la parcelle tant de l'orientation, du potentiel d'interception des flux ... pour des parcelles qui se situent dans une même sous-zone donnée du territoire, l'arbre de décision attribuera des aménagements types différents entre eux. Cependant, par soucis d'aide à la distinction spatiale, les 26 aménagements types proposés ont été regroupés au sein de 7 groupes plus aisément discernables au sein d'une carte (en sus des catégories INFIL et PRAIRIE) ; ce regroupement n'a cependant pas d'utilité autre au sein de ce travail.

Ces sept différents groupes d'aménagements types étaient : (i) l'agroforesterie intercalaire de hautes tiges (AF), (ii) le réenherbement (RenH), (iii) Haies de hautes tiges interparcellaire (HHT), (iv) les microhaies intra-parcellaires (mHIA), (v) les microhaies inter-parcellaires (mHIE), (vi) les bandes enherbées seules (BH) et enfin, (vii) les aménagements non encore définis (?).

De cette dernière carte, il reste cependant difficile de tirer des conclusions quant à la localisation des aménagements types à déployer. Ceci indique que lors des phases 3 et 4 du projet, phases destinées au montage des projets d'aménagement et à leur mise en place, les agents de développement responsables de ces phases devront se munir de l'information cartographique produite. Elle servira, comme annoncé en début de document, d'élément de discussion et de confrontation aux préférences des agriculteurs rencontrés, c'est à dire d'éléments de référence d'aide à la décision qui devront être précisés et adaptés consécutivement aux diagnostics individuels parcellaires qu'ils entreprendront.

Cartographie des aménagements types proposés issus de l'arbre de décision complet au sein de la zone d'étude VANne+3000m

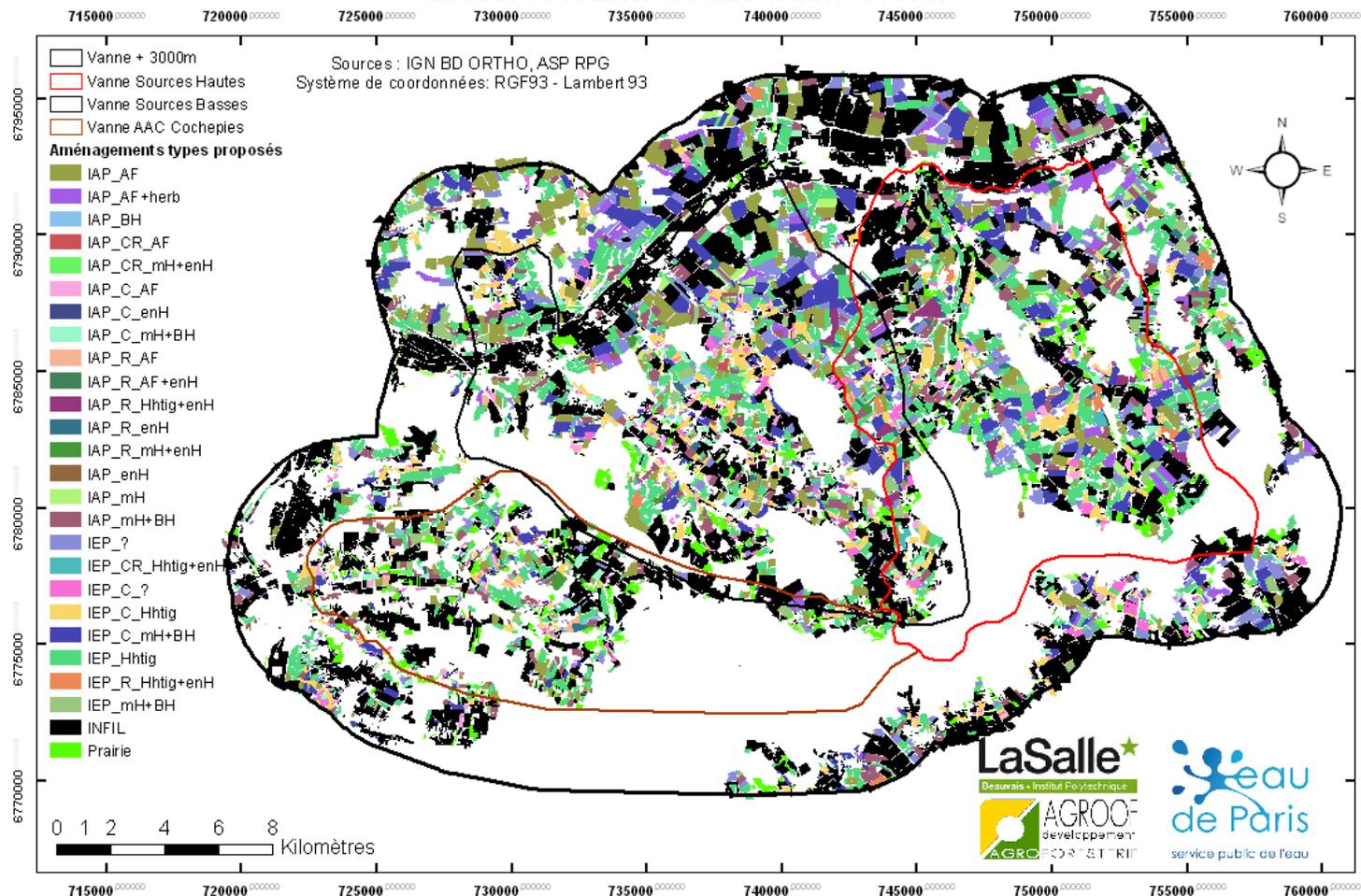


Figure 44 : Cartographie des aménagements types proposés au sein de la zone d'étude Vanne+3000m

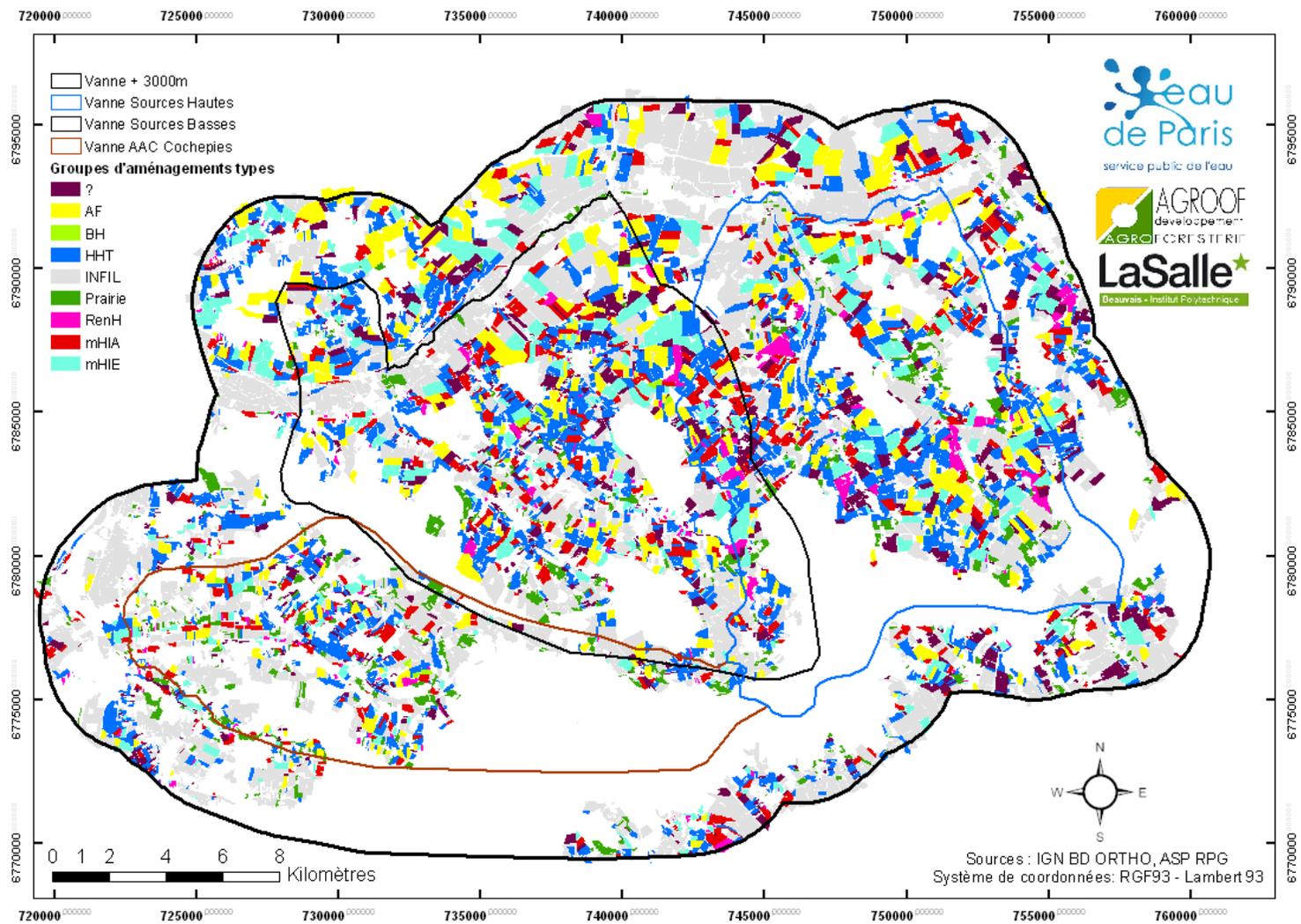


Figure 45 : Regroupement facilitant la visualisation des aménagements types proposés à la parcelle

4. Conclusions intermédiaires du diagnostic territorial et de la proposition d'aménagements types à la parcelle

Conformément aux attentes initiales, il nous a été possible tout au long du diagnostic territorial de constituer une base de données, à la parcelle, complète et précise permettant de préciser le type d'aménagement que pourrait accueillir chaque parcelle agricole dans un souci de limitation voire de réduction totale des risques de transferts des molécules phytopharmaceutiques et autres intrants azotés vers les eaux des sources captées du territoire. D'aucun n'hésitera pas cependant à utiliser en l'état, ou après complément, ces données à d'autres fins. En effet, l'emprise sur laquelle le projet a été conduit (le territoire dans son intégralité) et l'échelle de travail (la parcelle) font de ces premiers résultats une base essentielle à tous travaux prévisionnels des impacts globaux de l'agriculture (e.g. quantification des émissions de gaz à effet de serre, démarche Climagri du Grenelle de l'Environnement) comme de prédiction du potentiel de séquestration de ces gaz et/ou de prévision de production de biomasses lignocellulosiques renouvelable sur le territoire.

Bien entendu, aux regards des résultats obtenus, les auteurs n'ont pas la prétention de considérer l'ensemble des données comme parfait. Les choix méthodologiques faits ici sont et restent discutables. Cependant, il est important de rappeler qu'aux vues des données à ce jour disponibles, de leur niveau de précision comme du temps imparti pour conduire ce travail, les productions réalisées peuvent être considérées comme suffisamment robustes pour permettre la différenciation spatialisée des vulnérabilités parcellaires comme la proposition d'aménagements types adaptés et efficaces à la parcelle pour une bonne gestion des risques de transfert de polluants d'origine agricole via les processus de ruissellement et d'infiltration préférentielle localisée.

De l'ensemble des résultats, il est désormais possible de distinguer en chacune des AAC, des zones préférentielles de concertation, où envisager avec (et pour) les agriculteurs l'aménagement de leurs parcelles les plus vulnérables. Pour l'AAC Hautes Sources, il s'agit des communes de Boeurs-en-Othe, de Fournaudin, Couleurs ou encore Rigny-le_Ferron ; concernant l'AAC des Basses Sources, ce sont les communes des Sièges, de Vareilles, Chigy ou encore Flacy qui devront faire l'objet de toutes les attentions et volontés. A l'inverse l'AAC de Cochepies apparaît être l'AAC la moins vulnérable du territoire ; très peu de parcelles y sont sensibles, vulnérables. Seule la commune de Dixmont pourrait faire l'objet de certains aménagements.

En outre, parmi les 9853 parcelles composant le territoire et diagnostiquées, 44% sont désormais connues pour être fortement-à-très fortement ruisselantes et/ou accueillir une zone préférentielle d'infiltration des eaux de ruissellement. Cette distinction faite, il est cependant important de garder en tête que toutes les zones préférentielles d'infiltration (bêtoires) ne sont pas à ce jour connues. Au rythme d'apparition de nouvelles bêtoires et de fracturation superficielle du karst sur le territoire, de nouvelles parcelles pourraient demain nécessiter une attention particulière, et voir leur niveau de vulnérabilité passer de moyen à fort. Le recensement des bêtoires comme l'étude plus précise des interconnexions rapides surface-profondeur sur le territoire devraient permettre d'accroître encore la précision de distinction des parcelles prioritaires, des bassins de dépression les plus sensibles.

Malgré cela, la distinction parcellaire des vulnérabilités mais surtout l'analyse complète des caractéristiques des parcelles et de leur environnement proche a permis de renseigner en détail chacune des parcelles ruisselantes, et de fait de lui attribuer un type d'aménagement

intra-parcellaire et/ou inter-parcellaire efficace du point de vue des enjeux qui la caractérisent, adéquat du point de vue de sa conformation et propice au maintien d'une activité de production agricole puis arborée performante.

Cependant, disposer de ces informations n'est pas suffisant. Parce que le travail de diagnostic a conduit à l'évaluation de la vulnérabilité, des sensibilités, il n'en reste pas moins qu'une gestion efficace des risques nécessite en complément de la vulnérabilité de mesurer le plus précisément possible (à la parcelle dans le meilleur des cas) l'exposition à ce risque. Cela est généralement entrepris par l'analyse et la quantification des pressions exercées au sein du territoire en complément de l'analyse des fréquences d'exposition des parcelles à ces pressions. Cette seconde partie du processus d'évaluation des risques est souvent plus complexe à conduire. Elle nécessite un diagnostic aussi exhaustif que possible des pressions, mais aussi des paramètres territoriaux qui les conditionnent, en modifiant la fréquence de retour. Parce qu'il s'agit ici de pressions agricoles, conditionnées tant par les caractéristiques agro-pédologiques du territoire que socioéconomiques des exploitations, filières et marchés, ce diagnostic reste un véritable challenge.

A la vue du territoire considéré, ici près de 450km² pour les seules AAC, près de 700 km² pour le territoire élargi de la Vanne, sur lequel plus de 500 agriculteurs disposent d'au moins une parcelle cultivée (approx. 300 pour les AAC), un diagnostic à la dimension de l'information déjà produite requerrait le diagnostic d'une partie importante de la population d'agriculteurs et propriétaires fonciers présents. Proposé au sein de notre réponse à l'appel à projet, nous avons fixé la taille de l'échantillon nécessaire à près d'un tiers de la population d'exploitants ; soient près de 100 agriculteurs. Si cet effort d'échantillonnage peut paraître surdimensionné à première vue, nous pensons qu'il permettra à terme de disposer d'une photographie fidèle des pratiques et des pressions exercées sur l'eau au sein du territoire.

La constitution de cet échantillon, son diagnostic ainsi que les principaux résultats permettant d'analyser voire d'estimer les pressions agricoles exercées sur la ressource en eau du territoire sont l'objet de la seconde et dernière partie de ce rapport d'exécution du projet expérimental de développement de l'agroforesterie sur les aires d'alimentation des captages de la Vallée de la Vanne.

VI. DIAGNOSTIC DES EXPLOITATIONS AGRICOLES POUR LE RECENSEMENT DES PRATIQUES ET L'IDENTIFICATION DES PREFERENCES

Comme indiqué en introduction de ce document et en parallèle du diagnostic territorial qui a permis une priorisation des parcelles à aménager et une distinction des types d'aménagement agroforestiers à consentir pour les parcelles ruisselantes, le diagnostic d'exploitations a pour principaux objectifs :

- La description des systèmes d'exploitation et des systèmes de cultures
- L'identification des enjeux prioritaires agrotechniques comme socio-environnementaux du système décisionnel
- L'identification de la nature et l'estimation du niveau des pressions exercées sur l'eau par le système opérant
- L'évaluation de la perception et du niveau d'acceptabilité des deux principaux modèles agroforestiers envisagés

Parmi ces quatre objectifs, l'identification de la nature et l'estimation des pressions exercées sur l'eau est le seul à bénéficier de partie des informations produites lors du diagnostic territorial, informations qui devront, pour être utiles, être exprimées à l'échelle de l'exploitation agricole.

Dans la suite de ce document, nous considérerons tour à tour :

- le mode de recueil des informations du diagnostic d'exploitation
- les caractéristiques du mode d'échantillonnage et de l'échantillon constitué
- puis nous répondrons à chacun des quatre objectifs assignés,

pour finalement

- analyser les potentielles corrélations pouvant exister entre pressions exercées, système d'exploitation, de cultures et niveaux de vulnérabilité des exploitations agricoles
- et identifier les clefs potentielles de l'acceptation d'aménagements agroforestiers parcellaires visant à réduire les pressions voire le risque de transfert de polluants d'origine agricole vers les eaux ruisselantes et captées.

1. Mode de recueil des informations du diagnostic d'exploitation

1.1. Méthode de recueil de l'information : l'enquête

Le recueil de données sur le terrain peut être entrepris selon diverses méthodes. De l'interrogation des bases de données déjà constituées au recueil direct d'informations par enquêtes, toutes présentent des limites et avantages spécifiques à l'utilisation que l'on souhaite en faire. Dans notre cas, de sorte disposer de données (i) spécifiques des exploitations agricoles du territoire d'étude et (ii) actualisées pouvant être reliées aux résultats du diagnostic territorial à la parcelle déjà exposé, l'enquête est la méthode de recueil retenue. En outre, par souci de simplification de l'enregistrement et du traitement des données obtenues, de limitation des biais « enquêteurs », il a été choisi d'élaborer un questionnaire plutôt que de constituer un entretien semi-directif. Il s'agit d'une suite de questions ordonnées avec des réponses proposées et/ou attendues. Le questionnaire nécessite une construction rigoureuse. Il peut lui être reproché d'entraîner des réponses parfois non spontanées, ambiguës du fait d'une certaine limitation du temps imparti aux explications d'une réponse, d'un avis mais il est simple, rapide et adapté à un des échantillons de taille moyenne à grande (supérieure à 25). A l'inverse d'un entretien semi-directif qui se compose de thèmes sans réponses proposées, laissant une grande liberté dans la manière de poser des questions et d'y répondre, l'enquête permet d'obtenir (ou non, si refus de répondre) des réponses précises en un temps réduit.

L'enquête est réalisée avec le chef d'exploitation ; parfois avec son chef d'exploitation (1 cas) ou le partenaire civil de l'exploitant (2 cas). A la vue du nombre d'enquêtes attendues (n = 100), plusieurs binômes d'élèves ingénieurs (n=9) ont été constitué. Le risque d'interprétations différenciées des réponses, donc le biais enquêteur, étant alors élevé, la méthode de recueil militait pour l'enquête.

1.2. Contenu de l'enquête

Le questionnaire s'articule en neuf parties distinctes que l'enquêteur doit amener de la façon la plus fluide possible à l'enquêté. L'enquêteur doit avoir une attitude professionnelle avec l'enquêté, il doit être neutre et discret ; mais il doit s'efforcer d'obtenir réponse à chacun des items constituant l'enquête tout en s'assurant de la constance et du réalisme des réponses données aux vues des réponses précédemment obtenues. Pour parvenir à ce niveau de complétude et de robustesse des questionnaires complétés, le questionnaire a été élaboré dans un premier temps avec les partenaires du projet (maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre) puis proposé pour correction aux enseignants chercheurs en sociologie de l'Institut LaSalle. Dans un second temps, le questionnaire a été testé *in planta* auprès de trois agriculteurs volontaires (n'appartenant pas au territoire d'étude). Enfin lors de la phase de terrain, après que 10 premiers questionnaires aient été réalisés, un groupe de travail a recueilli et analysé auprès des enquêteurs les divers problèmes enquêteurs/enquêtés ou organisationnels répertoriés. Suite à cela, des modifications (précisions ou allègements) de certaines questions comme une simplification du déroulé de l'enquête ont été proposés et validés par les partenaires du projet. Ces modifications et simplifications ont principalement visé à rendre plus compréhensibles certaines réponses, à ajouter certaines modalités de réponses à des questions. Mineurs, ces changements n'ont en rien altéré la validité et la valeur des 10 premières enquêtes menées. Elles ont donc été conservées au sein de l'échantillon constitué.

L'enquête est organisée autour de trois parties principales, elles-mêmes organisées en neuf thèmes à évoquer avec l'enquêté :

- les caractéristiques du système d'exploitation,
- les caractéristiques du système opérationnel et technique,
- les motivations et préférences de l'agriculteur.

Les neuf thèmes visités sont dans l'ordre d'apparition au sein de l'enquête :

Thème 1 : Caractéristiques générales de l'exploitation – il est destiné à recueillir des principales caractéristiques de l'exploitation enquêtée. Elle est organisée autour de sept sous-parties :

- Présentation générale de l'exploitation
- Forces et faiblesses de l'exploitation
- Choix stratégique set avenir potentiel de l'exploitation
- Caractéristiques foncières de l'exploitation
- Situation spatiale en zones particulières de vulnérabilité
- Particularités agro-pédologiques de l'exploitation
- Particularités agroécologiques (aménagements bocagers et forestiers) de l'exploitation

Thème 2 : Statut personnel de l'exploitant – il nous informe sur l'âge, l'organisation du foyer familial, la possible reprise familiale de l'exploitation, la prise de responsabilités annexes de la part de l'agriculteur, sa disponibilité etc.

Thème 3 : L'environnement socio-économique - dans un premier temps, des questions relatives à la main d'œuvre, au matériel et à la propriété informent sur la flexibilité et la liberté de l'agriculteur à mettre ses salariés et ses outils à disposition de nouveaux travaux. Ces informations sont étoffées par des questions portant sur la répartition et la quantité de travail au cours de l'année, ainsi que sur la manière de l'exploitant à faire face aux périodes de pointe. Dans un second temps, dans le but d'identifier les acteurs influençant ses décisions, des questions renseignent sur ses clients et les différentes structures qui le conseillent. Les certifications des produits et pratiques sont également prises en compte pour établir un état des lieux des pratiques de l'agriculteur. Enfin, les renseignements récoltés sur la situation financière de l'entreprise permettent de connaître la capacité de l'agriculteur à investir dans de nouveaux projets.

Thème 4 : Caractéristiques de l'atelier productions végétales - cette partie reprend l'itinéraire Technique de toutes les cultures de l'exploitation, la gestion des prairies, la gestion des intercultures et la gestion des effluents. Grâce aux quantités d'azote organique et minéral à l'échelle de la culture et de l'exploitation recueillies, la balance azotée a pu être calculée. A partir des cahiers de culture l'IFT par culture est obtenu.

Thème 5 : Caractéristiques de l'atelier productions animales - cette partie permet de recueillir les caractéristiques principales de la production animale mise en place sur l'exploitation : le type de production, la place de la production dans l'exploitation et l'utilisation des prairies. Il sera possible d'évaluer le temps disponible pour une nouvelle activité.

Thème 6 : Caractéristiques des bâtiments et matériels - des questions relatives aux cuves d'azote liquide, au stockage et rinçage des cuves et aux mises aux normes des bâtiments d'élevage permettent entre autres d'évaluer les risques de pollution ponctuelle.

Thème 7 : Enjeux agro-environnementaux - cette partie est destinée à évaluer la considération que porte l'agriculteur aux enjeux agro-environnementaux et sa propension, sa motivation à innover dans le cas de problématique environnementale pouvant mettre en péril son activité agricole. Face à une liste d'enjeux agro-environnementaux majeurs il est possible de discerner son profil comme les thèmes qu'il priorise et répercute peut être au sein de son système d'exploitation.

Thème 8 : Technicité des pratiques et profil d'agriculture - diagnostiquer la technicité et l'échelle de temps à laquelle l'agriculteur raisonne, informe sur sa capacité à intégrer l'agroforesterie, pratique technique qui s'étale sur le long terme. L'information est également importante pour apporter des renseignements sur les possibilités de l'agriculteur à mettre en place d'autres pratiques agro-écologiques qu'il jugerait avantageuses pour son système d'exploitation. Ces pratiques, autres que l'agroforesterie, pourraient faire l'objet d'autres actions d'animation sur le territoire, toujours dans le but de réduire durablement l'impact de l'activité agricole sur la ressource eau.

Thème 9 : Freins et leviers à l'acceptation du changement - la dernière partie aborde le rapport à l'arbre de l'exploitant et le thème de l'agroforesterie. En ce qui concerne le rapport à l'arbre, il pourrait être plus facile de faire accepter à un agriculteur l'implantation de l'agroforesterie sur ses parcelles s'il est déjà convaincu des bienfaits des haies ou s'il est utilisateur de cette ressource.

Ce dernier thème est composé de questions ouvertes mais pour lesquelles un certain nombre de modalités ont déjà été formalisées afin de s'assurer d'une certaine standardisation des réponses. Elles ne sont pas directement proposées à l'agriculteur, mais après sa (ses) réponse(s) la modalité intégrant au mieux ces dernières lui est annoncée pour validation. La finalité de ce thème est de déterminer les motivations (leviers) ou les réticences (freins) des agriculteurs face à l'adoption d'un nouveau système de production, tel l'agroforesterie. Il prend en compte la connaissance de l'agriculteur sur ce sujet. Puis, un support PowerPoint présente les avantages et inconvénients de cette pratique. Le ressenti et l'intérêt de l'exploitant pour le déploiement de l'agroforesterie sur son exploitation sont renseignés. Cela permettra en sus au partenaire Agroof Développement de mieux construire ses argumentaires face aux attentes, aux doutes des agriculteurs lors de leurs futures rencontres.

1.3. Informations complémentaires à l'enquête

De sorte de ne pas intégralement dépendre des seules réponses obtenues auprès des enquêtés en matière d'évaluation des enjeux « Eau » pouvant exister à l'échelle de l'exploitation (du fait d'un potentiel écart entre vulnérabilité déclarée et vulnérabilité avérée) et plus tard pour pouvoir juger de la correspondance entre niveaux de vulnérabilité et pressions à l'exploitation, nous avons tenu à adjoindre à la base de données des enquêtes, les valeurs moyennes à l'exploitation des diverses notes discrètes de vulnérabilité (NdVi-EROS, NdVi-RSLT, ...) mais aussi de la note globale de vulnérabilité (NGVi).

Pour ce faire et parce qu'il n'est pas envisageable de calculer simplement la moyenne d'une $NdV_{i,e}$ à partir des notes à la parcelle $NdV_{i,p}$ sans tenir compte de la surface de chaque parcelle, les valeurs à la parcelle $NdV_{i,p}$ ont été pondérées par la surface des parcelles tel

que : $NdV_{i,e} = \sum (NdV_{i,p} * S_p) / S_e$. Cette transformation a été appliquée aux NdVi disponibles comme à la longueur de flux amont parcellaire. Les différentes cartes obtenues vous sont présentées au sein des figures 46 à 51 suivantes.

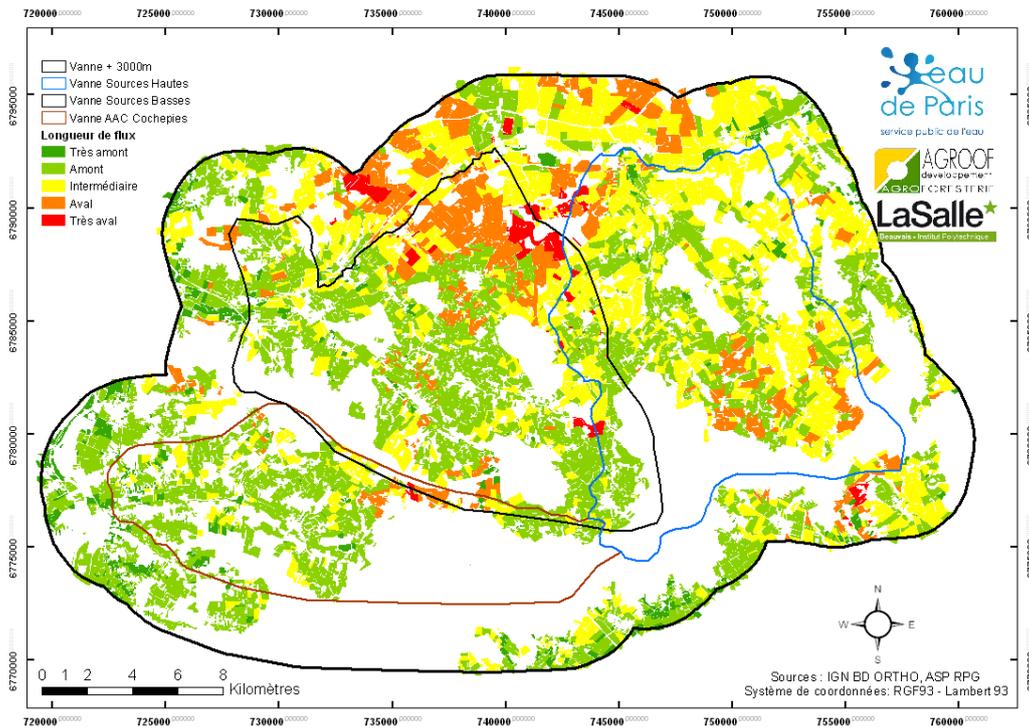


Figure 46 : Cartographie de la moyenne à l'exploitation de la valeur de la longueur de flux ruisselant

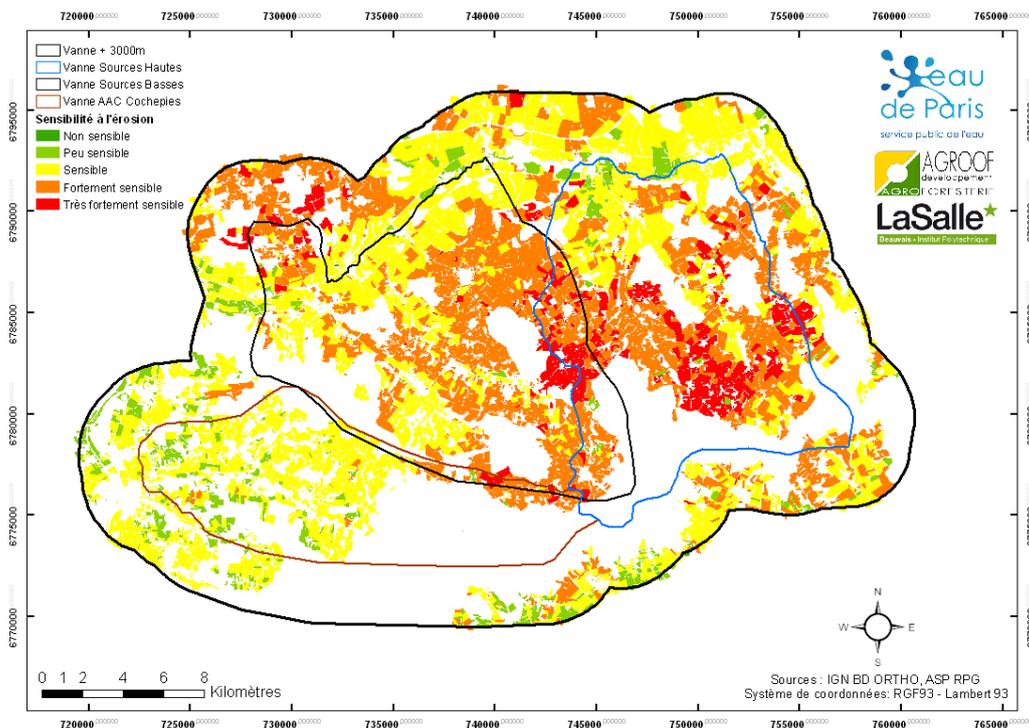


Figure 47 : Cartographie de la moyenne à l'exploitation de la sensibilité à l'érosion

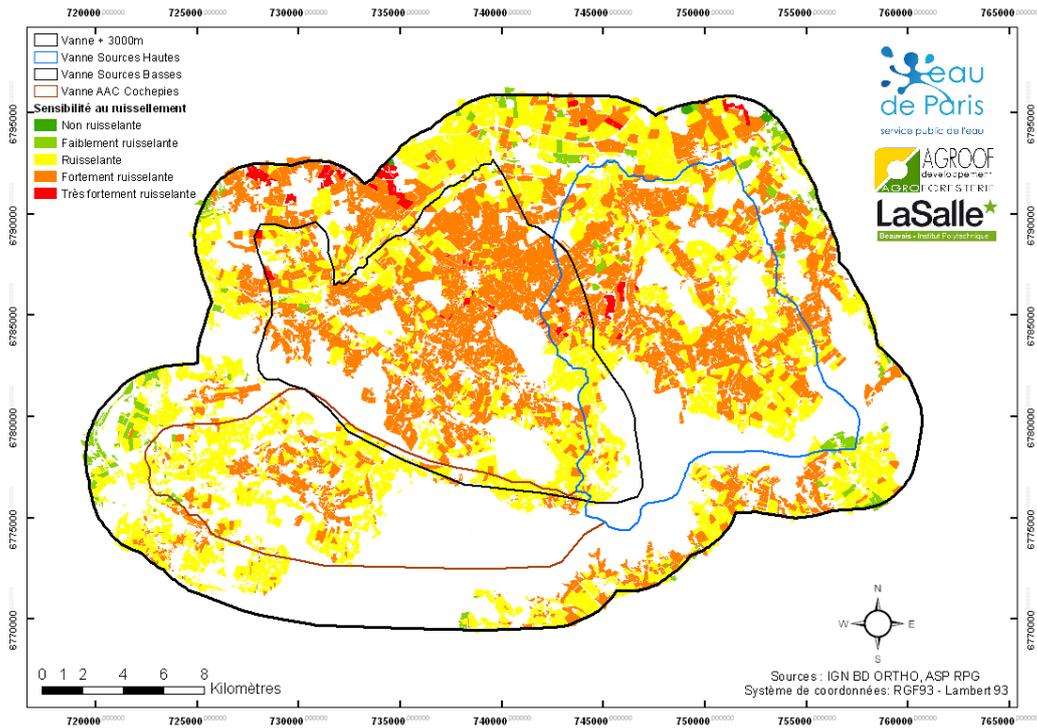


Figure 48 : Cartographie de la moyenne à l'exploitation de la sensibilité au ruissellement

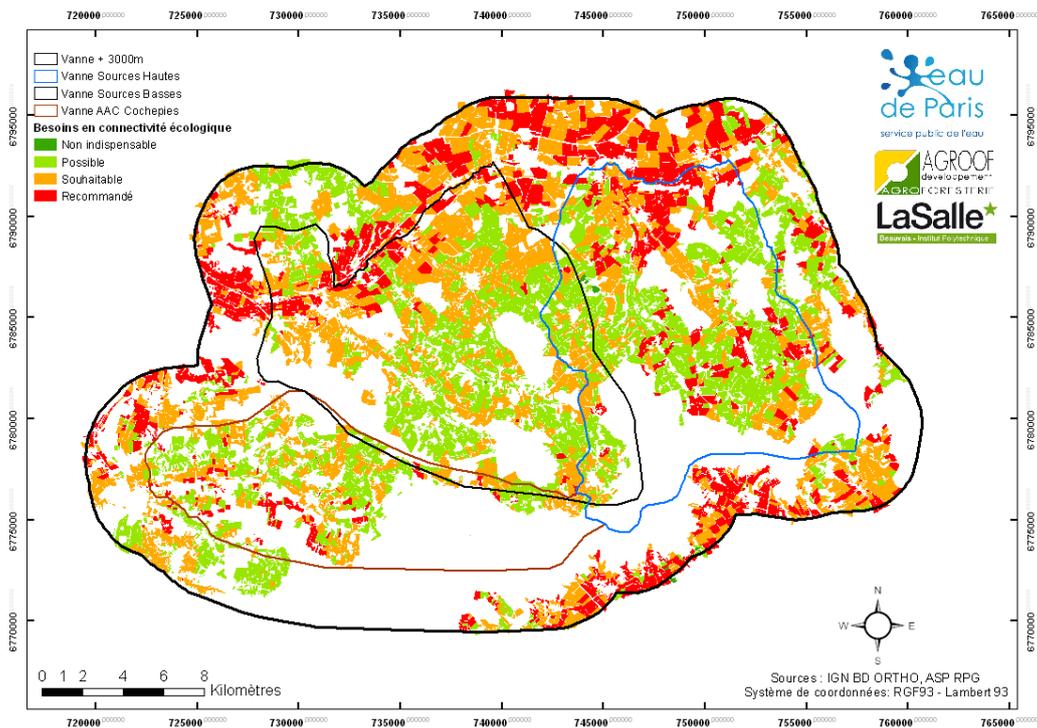


Figure 49 : Cartographie de la moyenne à l'exploitation des besoins en connectivité écologique

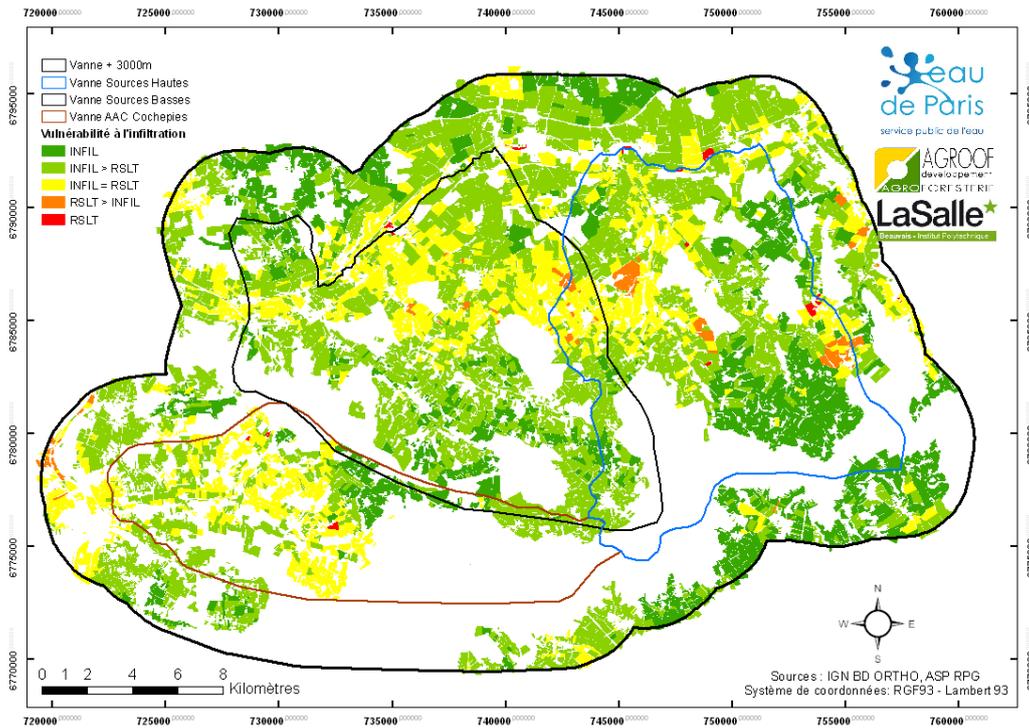


Figure 50 : Cartographie de la moyenne à l'exploitation de la sensibilité à l'infiltration

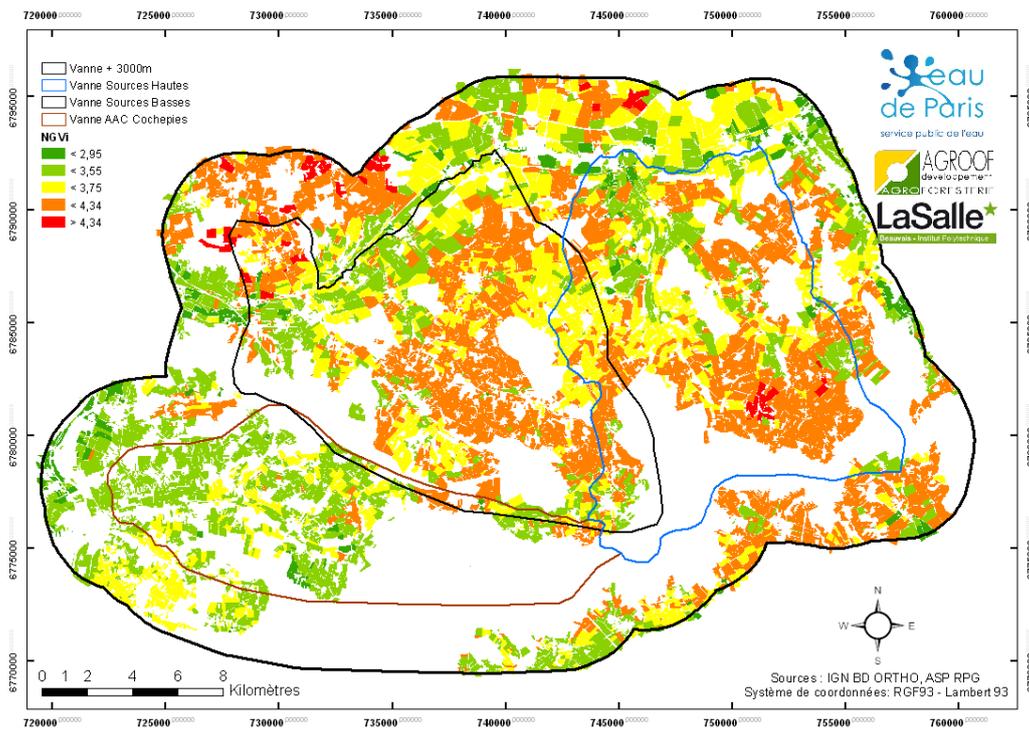


Figure 51 : Cartographie de la note globale de vulnérabilité (NGVi) moyenne à l'exploitation

Contrairement aux cartes produites à l'échelle de la parcelle, et du fait de la pondération surfacique retenue, de nombreuses exploitations qui étaient composées de quelques parcelles très sensibles ont vu leurs notes moyennes de vulnérabilités réduites ; graphiquement, cela se traduit généralement par une réduction de la sensibilité locale dès lors qu'elle est considérée à l'échelle de l'exploitation. Si cela reste fort utile pour la distinction des exploitations entre elles, on préférera cependant les notes obtenues à la parcelle du fait qu'elles permettent une priorisation des parcelles entre elles, y compris au sein des exploitations, et qu'il s'agit le plus souvent de l'échelle à laquelle envisager avec l'agriculteur des projets d'aménagement. Par contre, les cartes à l'exploitation peuvent s'avérer utiles dès lors que sont envisagés des projets collectifs (plusieurs exploitations contiguës). Cette remarque est tout aussi valable à l'échelle de la commune.

Si 74 exploitations ont été enquêtées du fait que leur siège d'exploitation appartenait au territoire d'étude Vanne+3000m, 8 exploitations disposent d'un parcellaire très réduit voire extérieur à la zone d'étude. Les cartes de vulnérabilité ayant été produites pour la seule zone d'étude, il est impossible d'attribuer les notes moyennes de vulnérabilité à ces exploitations pour EROS, RSLT, INFIL Ces 8 exploitations n'ont donc pas été prises en compte pour catégoriser les types de vulnérabilités rencontrées à l'échelle des exploitations ; et seules 66 exploitations majoritairement comprises dans la zone d'étude en disposent.

A partir des notes moyennes et pondérées à l'exploitation de vulnérabilité EROS, RSLT, INFIL, CONECT et LONGFLUX, valeurs numériques continues, une analyse en composante principale a été réalisée de sorte réduire l'information et de réduire l'auto-corrélation entre facteurs (le coefficient de corrélation le plus important à l'échelle exploitation était de -0.45 entre EROS et CONECT). Trois composantes principales ont été conservées ; elles expliquent à elles seules 79% de la variabilité totale (36.3, 22.0 et 20.7% pour les composantes 1, 2 et 3 respectivement). Une classification ascendante hiérarchique a été réalisée sur les coordonnées des 66 exploitations sur ces trois composantes et 5 classes de vulnérabilité ont été demandées du fait d'un ratio variabilité intra-classes/variabilité inter-classes optimisé à partir de ce nombre de classes. Par classe, un test non paramétrique Wilcoxon Kruskal-wallis (du fait que leur distribution n'était pas normale) a été conduit pour chaque NdVi moyennes et pondérées à l'exploitation ; il indiquait à chaque fois une différence significative de vulnérabilité entre classes, par NdVi considérée. A titre indicatif la valeur moyenne de NGVi par classe est calculée, testée. Les valeurs moyennes ainsi que les résultats des tests sont synthétisées dans le tableau ci-après.

Parmi les 5 classes obtenues, 3 classes d'exploitation (N°1, 3 et 5) démontrent d'une forte propension au ruissellement (et souvent à l'infiltration) ; par contre, elles se différencient généralement selon leur besoin en connectivité écologique (des aménagements à des fins aussi écologiques pour les classes 1 et 3 sont conseillés) quand la longueur de flux ruisselant concentrée sur l'exploitation concerne surtout la classe 3 qui serait composée d'exploitations recevant des ruissellements en provenance de grandes surfaces amont.

Tableau 22 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de vulnérabilité

Classes	(n)	EROS	RSLT	CONNECT	INFIL (Idpr _{BRGM})	LONGFLUX (m)	NGVi
1	23	2.92 (0)	27.65 (+)	4.34 (+)	657.1 (+)	744 (-)	3.61
2	23	3.52 (0/+)	26.56 (-)	4.26 (+)	364.6 (++)	603 (-)	3.88
3	4	3.39 (0)	28.61 (++)	4.35 (+)	379.8 (++)	1510 (+)	4.02
4	6	2.13 (-)	21.48 (--)	4.43 (+ / ++)	704.1 (+)	570 (-)	3.09
5	10	3.40 (0)	28.93 (++)	4.22 (-/+)	816.2 (+)	616 (-)	3.70
Chi²		22.48	25.36	33.57	41.41	16.79	31.26
ddl		4	4	4	4	4	4
p-value		0.0002	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0021	<0.0001

Les classes d'exploitations ont de fait été dénommées selon leurs principaux types de vulnérabilité.

Tableau 23 : Table des classes de vulnérabilités

N° classe	Descriptifs	(n)
Classe 1	I>R>C>E>L : Exploitations infiltrantes, ruisselantes à aménagements souhaitables	23
Classe 2	I>E>L>R>C : Exploitations très infiltrantes et érodibles à aménagements souhaitables	23
Classe 3	I>R>E>C>L : Exploitations très infiltrantes, très ruisselantes à aménagements recommandés	4
Classe 4	C>I>L>E>R : Exploitations infiltrantes à aménagements écologiques	6
Classe 5	R>E>I>L>C : Exploitations ruisselantes à aménagements recommandés	10

La répartition géographique des 5 classes de « vulnérabilité » des exploitations agricoles vous est présentée au sein de la figure 52.

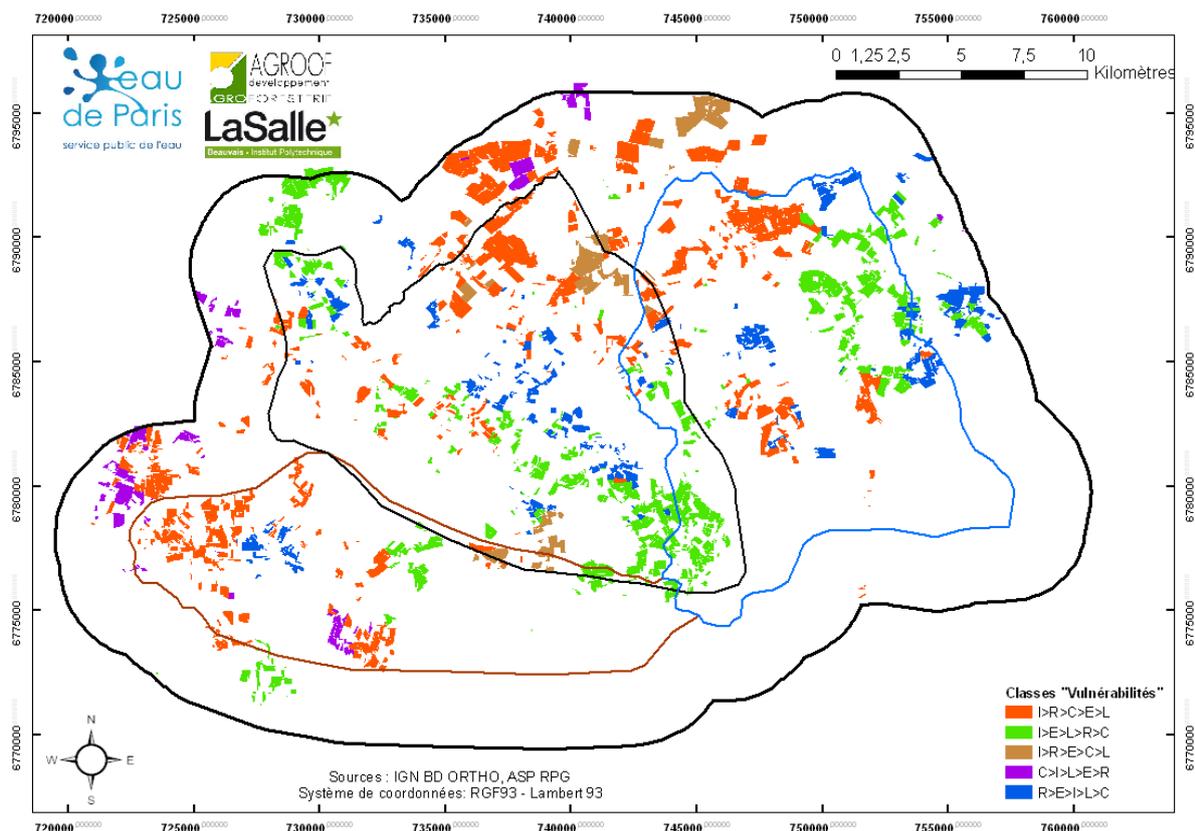


Figure 52 : Cartographie des classes de vulnérabilité à l'exploitation

Ces classes de distinction de la vulnérabilité à l'exploitation seront plus tard utilisées et confrontées aux pressions moyennes exercées par les exploitations sur l'eau (IFT, Balance N, Gestion des intercultures), à la perception des agroforesteries et à leur niveau d'acceptation par les exploitants.

1.4. Détails organisationnels de l'enquête

L'enquête était régie par un guide d'entretien élaboré spécifiquement pour le projet expérimental de la Vanne. Chaque enquêteur a travaillé à sa constitution et s'y est référé pour harmoniser au mieux les conditions de déroulement des enquêtes.

Dans sa globalité, ce sont près de 120 questions qui composent l'enquête. La durée moyenne de l'enquête était approximativement de 2h30 (certaines ont duré 4 à 5 heures). Divers documents tels une photocopie du parcellaire, des analyses de terre, ou encore des cahiers de cultures étaient demandés pour le jour de l'enquête.

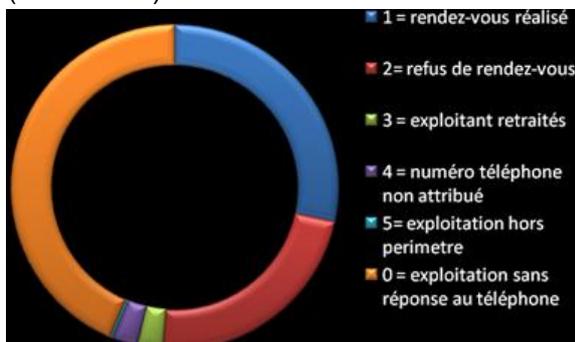
Chaque binôme d'enquêteurs disposait d'un ordinateur lui facilitant l'enregistrement des enquêtes tandis que son binôme animait et transcrivait sur papier l'enquête. En outre, les données spatiales des îlots PAC (ASP, RPG) et les orthophotoplans (IGN BD ORTHO) étaient disponibles au sein d'un environnement SIG de sorte de relier l'exploitant, son parcellaire au numéro anonymisé du RPG. Cependant cette information n'était utilisée qu'au moment du report des indices de vulnérabilité aux exploitations enquêtées. Par la suite, au sein du fichier « enquêtes », cette information, était détruite conformément à l'engagement du respect de la confidentialité signé par les partenaires du projet et remis aux exploitants au moment de l'enquête.

2. Echantillonnage, échantillon et représentativité de l'échantillon constitué

Avant toutes autres choses, il est important de garder en tête que de par la nature des opérateurs intervenant en cours de phase 2, principalement des élèves ingénieurs en agriculture (dernière année) et le corps enseignant de l'Institut Polytechnique LaSalle Beauvais, une unique période de trois mois était dévolue à l'ensemble des tâches opérationnelles (d'analyse et de terrain) propres à la phase 2. En conséquence de quoi, les choix méthodologiques comme organisationnels faits l'ont généralement été du fait de cette disponibilité restreinte. On notera cependant que ce sont près de 380 eq. homme.jours qui auront été effectués au cours de la période allant de début octobre à fin novembre 2012.

Constituée initialement des listes déclarées des agriculteurs auprès des Directions Départementales du Territoire (DDT Aube et Yonne), la population totale d'agriculteurs du territoire des AAC de la Vanne regroupait près de 320 entreprises agricoles. Elle concernait l'ensemble des communes ayant tout ou partie de sa superficie comprise au sein des AAC de la Vanne. Cette liste, nominative, permettait de disposer des informations de contact habituelles (nom, prénom, adresse, voire téléphone). Cependant, cette liste présentait quelques signes de désuétude, tant et si bien, que chacun des exploitant y figurant a fait l'objet d'une recherche individuelle de remise à jour au sein des sites internet spécialisés (CCI, registres électroniques d'entreprises ...) comme auprès des mairies des communes du territoire du fait de l'affichage public disponible à cette période (pour cause d'élections en Chambre d'Agriculture) des listings des agriculteurs en exercice comme retraités. A partir de la liste initiale, une liste « à jour » de 285 exploitants agricoles a été constituée. Elle ne concernait pas les exploitants agricoles convertis ou en conversion à l'agriculture biologique conformément à la demande d'Eau de Paris et du SEDARB de ne pas les inclure dans ce travail d'enquête. Il faut pourtant signalé que par méconnaissance, quelques exploitants BIO ont été enquêtés. Enfin, d'ajouter qu'au cours du printemps 2013, une élève ingénieur agronome (Amandine Calige) effectuera un stage de fin de cursus pour la SCOP Agroof et sera en charge des enquêtes auprès de la population des agriculteurs convertis à l'agriculture biologique (n=27) de la Vanne.

Chaque exploitant appartenant à cette liste finale a reçu un courrier officiel émanant des partenaires du projet en Septembre et a été contacté téléphoniquement (avec ou sans succès) en amont (en général 1 mois avant) de la période dédiée aux entrevues à la ferme (Novembre).



Parmi les 285 exploitants listés, 161 (56%) ont pu être joints téléphoniquement

Au final, ce sont donc 81 exploitants qui ont été enquêtés. Cependant, du fait (i) des conditions climatiques automnales en 2012 et du retard des travaux de semis, quelques

(parfois après plus de 10 essais). Parmi ces derniers, 65 (40%) se sont déclarés non intéressés par le sujet et ne souhaitent pas participer, 7 (4%) nous ont indiqué être en cessation d'activité depuis peu et n'ont pas voulu participer à l'enquête, 7 (4%) avaient changé de numéro de téléphone entre temps et 1 s'est avéré cultiver des terres en dehors de la zone d'étude Vanne+3000m malgré un siège d'exploitation situé sur une des communes de la zone.

agriculteurs (n=7) parmi ces derniers ont préféré une version téléphonique de l'enquête. Reprenant les 9 thèmes indiqués ci avant, cette version téléphonique n'excédait cependant pas 30 minutes ; en conséquence, parce qu'elles ne pouvaient être aussi informatives qu'une enquête réalisée à la ferme, ces enquêtes téléphoniques n'ont pas été enregistrées au sein de la base de données enquêtes. Au final, **c'est donc 74 enquêtes à la ferme** qui ont été renseignées et qui constituent pour l'heure la base de données « agriculteurs enquêtés » du territoire de la Vanne.

L'échantillon ainsi constitué peut être brièvement décrit de sorte de considérer de sa représentativité. Pour ce faire, les valeurs moyennes et la gamme de certaines variables renseignées lors de l'enquête ont été considérées. Elles vous sont présentées dans le tableau 24 ci-dessous.

Tableau 24 : Valeurs moyennes (et écart types), maximum et minimum de variables descriptives des exploitations enquêtées

	Moyennes	Médianes	Ecart types	Maximum	Minimum
SAU (ha)	170,6	155,6	83,6	382	2
NdV EROS	3,2	3,2	0,7	4,5 Très fort	1,5 Faible
NdV RSLT	26,9	27,4	2,6	31,6 Très fort	18,8 faible
NdV CONECT	4,3	4,3	0,1	4,6 Recommandé	4,1 Possible
NdV INFIL	566,7	544,6	225,8	1203,9 RSLT > INFIL	161,7 INFIL
Longueur de flux (m)	706,1	626,5	277,8	1800,6 Elevée	245,7 Faible
NGVi	3,7	3,7	0,3	4,3 Très forte	2,9 Moyenne
Age (ans)	45,7	47	10,4	69 Agé	23 Jeune
UTH	1,5	1	0,7	4	0,5
Chiffre d'affaire (€/an)	241075,6	220000	137437,7	750000	15000
Systèmes d'exploitation	Grandes cultures	Polycultures	Polycultures élevage	Maraîchage	Grandes cultures - Arboriculture
Nombre	47	5	19	2	1
(%)	63%	7%	26%	3%	1%

Dans l'ensemble et aux vues des variables considérées ici, l'échantillon constitué semble très largement couvrir les gammes (i) de niveau de vulnérabilité établies dans la première partie de ce document, (ii) d'âge des exploitants comme de potentiel financier, enfin, (iii) les grands types d'activités et donc de systèmes d'exploitation sont représentés dans des proportions relativement intéressantes d'un point de vue de l'analyse, même si la proportion d'activité de polyculture élevage peut paraître surreprésentée par rapport aux statistiques locales.

3. Analyse thématique descriptive de l'échantillon d'exploitations enquêtées

Dans cette partie, nous allons succinctement analyser les réponses obtenues pour les 9 différents thèmes, pris individuellement. Cela permettra à tout un chacun de se familiariser avec les grands types d'exploitation, de pratiques culturelles, d'organisation comme de

préférences. Cette partie sera alors suivie d'une analyse croisée des corrélations pouvant exister entre grands types thématiques d'enquêtés.

3.1. Du système d'exploitation

Nous cherchons ici à caractériser voire à différencier les divers profils d'exploitants et d'exploitation rencontrés. Pour cela, nous considérerons tour à tour l'exploitant et la structure familiale pouvant l'assister, la gestion des actifs y intervenant comme la nature des activités de l'exploitation et de l'exploitant. La prise en compte de la dimension économique de l'exploitation complète cette description.

- **CA** : considérée dans son ensemble, la population enquêtée présente un chiffre d'affaire (CA, €, subventions comprises) médian de 220 000€ annuel (CA moyen de $241\,075 \pm 137\,438$ €/an). Cependant une très grande variabilité de CA est observée. Le minimum étant de 15 000 €/an quant le CA maximal renseigné est de 750 000 €/an. Face à ce constat, et parce que nous émettons l'hypothèse d'un potentiel effet de la surface des exploitations (CAU, ha ou SAU arable, ha), les deux variables ont été ajoutées et analysées
- **SAU** : Dans l'ensemble, les exploitations présentent une surface agricole utile (SAU) de l'ordre de 170.6 ± 83.6 ha et une surface arable moyenne de 158.0 ± 84.1 ha. Cependant la gamme des SAU est comprise entre 2 et 382 ha quand la SAU arable est comprise entre 2 et 360 ha. Le peu de différence entre valeurs moyennes de SAU et de SAU arable (12 ha) indique que très peu d'agriculteurs dispose d'une surface fourragère permanente (SFP) et/ou que la part de SFP chez les agriculteurs pourraient être très réduite. Dans le premier cas, cela suggérerait un nombre très restreint d'éleveurs parmi la population enquêtée et dans l'autre, des agriculteurs tous éleveurs mais pratiquant un élevage hors-sol avec achat des aliments du bétail.
- **Système d'exploitation** : Parmi ces deux hypothèses, c'est la première qui est juste. En effet, parmi les 74 enquêtées, 48 (65%) exploitations présentent un système d'exploitation de grandes cultures dont deux sont aussi soit arboriculteur soit maraîcher. A l'opposé, 20 (26%) systèmes d'exploitation en polyculture-élevage sont déclarés. Alors que 5 (7%) exploitations sont en polyculture. La restante conduisant une activité de maraîchage seul. Il y a donc prévalence de systèmes d'exploitation de type grandes cultures sur le territoire. Lorsque l'on sait que parmi les 20 éleveurs déclarés, 6 pratiquent hors sol l'aviculture ou l'élevage de porcs (le restant se composant de 12 éleveurs de bovins et 2 d'ovins) et n'ont de fait aucun besoin réel de SFP, nous pouvons ne conclure qu'hormis les 14 éleveurs bovins-ovins, les 60 agriculteurs restants ne devraient pas disposer de parcelles enherbées à des fins de production interne. Ce qui conforte l'hypothèse d'une très nette spécialisation de l'agriculture et le recul des ateliers d'élevage en territoire lorsque l'on considère les stratégies d'entreprise des exploitations.
- **Stratégies passées d'exploitation** : Lorsqu'est demandé aux enquêtés quelles ont été les grandes modifications stratégiques passées au sein de leurs systèmes d'exploitation, il n'est alors pas surprenant d'observer que 28% (n=21) d'entre eux indiquent avoir cessé leurs activités d'élevage depuis leur date d'installation. Pour ceux dont les exploitations auraient déjà entrepris cette simplification avant la reprise d'exploitation, on s'aperçoit alors que 8% ont accrue leur surface agricole utile et que près de 14% (de la population totale) déclarent, du fait de cette augmentation surfacique, avoir également opté pour une simplification des pratiques culturales passant au non labour (TCSL) et/ou

aux techniques culturales simplifiées (TCS). Enfin 18 d'entre eux, indiquent n'avoir rien changé.

Dès lors il n'est pas surprenant de voir que 70% des agriculteurs déclarant avoir opéré un changement de système d'exploitation (ils sont $74 - 18 = 56$), 70% se déclarent aujourd'hui être en système grandes cultures et seulement 20% en système polyculture-élevage.

- **Stratégies d'exploitation envisagées** : Si 56 exploitations ont conduits récemment des changements stratégiques importants, elles seront demain moins nombreuses à en entreprendre de nouveaux. En effet, seulement 41 (55%) exploitants déclarent envisager un changement d'activité. Si ce chiffre reste important, la nature des changements envisagés n'est cependant pas toujours aussi conséquente que par le passé.

Onze d'entre eux, les plus nombreux, déclarent vouloir cesser leur activité agricole, ce qui en soit ne représente pas une réelle stratégie d'exploitation ; un coup d'œil sur leur âge nous montre que si rien ne les distingue vraiment de l'exploitation moyenne (SAU moyenne, CA annuel moyen, ayant des enfants potentiellement repreneurs...), ils sont tout de même plus âgés que d'autres (âge moyen = $55,8 \pm 6,1$ ans) et se sont installé en moyenne en 1983. De fait, la cessation d'activité pour eux semble logique et ils peuvent être du coup considérés comme les 33 autres agriculteurs ayant indiqué ne pas envisager de changements stratégiques à venir.

Changements	Compléments d'interprétation	n	%
Aucun changement futur		33	44.6
Cessation d'activité		11	14.9
S'agrandir	En superficie	8	10.8
Se diversifier	Vente directe, agrotourisme, ...	8	10.8
AB	Conversion à l'AB	4	5.4
Cesser l'élevage		4	5.4
Moderniser	Les bâtiments, le parc matériel ...	2	2.7
Simplifier	Les techniques culturales	3	1.4
Elever	Ovins et aviculture sont cités	2	1.3
Total	<i>(n=75 car un agriculteur ayant signifié envisager deux des modalités)</i>	75	100

A l'opposé, les exploitations envisageant sérieusement un changement stratégique (n=30) expriment vouloir, dans l'ordre d'importance, s'agrandir (n=8, 25%), développer une activité de diversification telle la vente directe à la ferme, les gîtes ruraux, les centres équestres... (n=8, 25%) quand 4 (23%) déclarent vouloir arrêter l'élevage et quatre autres convertir leur exploitation à l'agriculture biologique ou (n=2) simplifier leur systèmes de culture. Seuls deux exploitations envisagent de développer un atelier d'élevage aujourd'hui inexistant. On notera cependant que pour ces derniers, une aviculture hors sol intensive (poulet de chair) et l'élevage ovin semi-extensif ont été avancés. Ces deux personnes sont toutefois atypiques du fait qu'elles sont relativement jeunes (28 et 42 ans), ne disposent pas d'une exploitation à fort potentiel et surtout qu'elles avancent que l'enjeu agricole majeur est la bonne gestion des paysages et la protection de la biodiversité, positions comme nous le verrons plus tard, peu partagées.

Dans un second temps nous avons cherché à déterminer quelles pouvaient être les grandes variables explicatives du chiffre d'affaire des exploitations parmi celles relatives à la

description de l'exploitation, de l'exploitant. Ainsi elles ont été confrontées au CA moyen annuel renseigné et un arbre de décision a été construit de sorte d'identifier les informations expliquant au mieux ce chiffre d'affaire. Au-delà d'une analyse purement économique, elle permettra à terme de typer les exploitations quant à leurs caractéristiques organisationnelles (i.e. système de décision) et de comprendre mieux les enjeux et priorités des exploitants / exploitations. Il vous est présenté ci-dessous.



L'identification des principales variables explicatives du chiffre d'affaire, de fait, celles différenciant au mieux le chiffre d'affaire des exploitations entre elles sont avant tout des variables représentatives du volume d'activité : à savoir et dans l'ordre, la superficie arable de l'exploitation mais aussi le nombre d'UTH (unité temps homme) et/ou de salariés disponible sur l'exploitation. Deux autres variables concernant (i) la nature de l'activité principale puis l'existence ou non d'une autre activité conditionnent ce chiffre d'affaire. Globalement, ces quatre premières variables permettent d'expliquer près de 79% de la variabilité observée du chiffre d'affaire des exploitations. Si seulement 53 des 74 exploitations sont ici considérées, c'est que 21 d'entre elles n'ont pas souhaité communiquer leur chiffre d'affaire.

De ce graphique on peut conclure que le chiffre d'affaire (faute de disposer de marges semi-nettes) est avant tout conséquence de la superficie cultivée (et ce d'autant que le CA prend en compte les subventions dont partie sont surfacique, le reste dépendant de la productivité), elle-même conditionnant le nombre d'UTH et/ou d'employés nécessaires pour mener à bien les activités de l'exploitation. En second, c'est le type d'activité qui semble conditionner le CA : les systèmes d'exploitation de grandes cultures présentant un CA plus élevé que ceux désignés en polyculture et en polyculture-élevage. En dernier lieu, une activité secondaire, quant elle existe favorise le CA. Parmi les activités secondaires couramment citées, la vente

directe à la ferme et l'activité d'entreprise de travaux agricoles (récolte, semis-récolte, ramassage de pierres) sont les plus souvent citées et celles semblant permettre le meilleur complément au chiffre d'affaire.

Ces variables (SAU, UTH, nb. salariés) sont alors utilisées dans un processus de CAH pour permettre de classer les exploitations selon, indirectement, leur CA. De sorte de conserver un nombre relativement important d'exploitations par classe tout en satisfaisant au critère statistique de distinction des classes entre elles (*ratio variabilité intra-classe / variabilité inter-classe*), 5 classes ont été demandées. Le numéro de classe de chaque exploitant est alors conservé ; il est utilisé dans un second temps comme variable qualitative selon laquelle calculer les valeurs moyennes des variables par classe et ainsi caractériser chacune des classes obtenues. Des lettres différentes entre parenthèses indiquent une différence significative au seuil $\alpha = 0.05$, test de Fischer).

Tableau 25 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de système d'exploitation

N° classe (exploitation)	1	2	3	4	5
(n)	15	20	16	1	22
CA	407797 (a)	179223 (c)	220650 (bc)	436000 (ab)	179846 (c)
UTH	2.02 (b)	1.44 (c)	1.45 (c)	4.00 (a)	1.08 (d)
Nb. salarié	0.40 (b)	0.23 (bc)	0.13 (bc)	3.00 (a)	0.01 (c)
SAU	285.08 (a)	120.23 (b)	149.33 (b)	300.00 (a)	148.03 (b)
Système d'exploitation (effectifs)					
Grandes cultures	13	13	0	0	22
Polycultures	1	1	3	0	0
Polyculture-élevage	1	6	11	1	0
Maraîchage	0	0	2	0	0
Activité secondaire (effectifs)					
Vente directe - ETA	1	0	0	0	0
Vente directe	0	8	0	0	0
ETA	0	4	0	0	0
Semences	0	2	0	0	0
Production photovoltaïque	0	1	0	0	0
Agrotourisme	0	3	0	0	0

Une classe, la N°4 ne comporte qu'une seule exploitation ; ceci est conséquence entre autres du nombre d'UTH (n=4) de l'exploitation et du nombre de salarié (n=3). Il s'agit d'une exploitation de polyculture élevage sur 300 ha gérée depuis 2012 par une jeune exploitante de 23 ans. Son chiffre d'affaire est de 436 000 €/an. Du fait de la superficie et de son jeune âge on peut émettre l'hypothèse qu'en phase d'apprentissage, elle s'en remet aujourd'hui à des salariés chevronnés (familiaux ?) à même d'assurer la pérennité de l'entreprise le temps qu'elle-même acquiert tous les savoirs et savoir-faires nécessaires. A part, elle ne peut donc pas être directement confrontée aux autres exploitations.

Parmi les autres classes, deux sont presque uniquement composées de systèmes de grandes cultures (classes 5 et 1), tandis que la classe 3 correspond à celle des éleveurs ou polyculteurs et la classe 2 est intermédiaire entre les deux systèmes grandes cultures et polyculture élevage.

Ce sont essentiellement la SAU donc le nombre d'UTH et d'employés qui différencient les classes grandes cultures 1 et 5 : à 2 UTH et 0.4 employé, le CA de la classe 1 est de l'ordre

de 400 000€/an ; à l’opposé, avec 1 seul UTH, et pas d’employé, la classe 5 voit son CA avoisiner les 180 000 €/an. Enfin, concernant les activités secondaires, nous pouvons voir qu’elles sont essentiellement une caractéristique de la classe 2 dite de grande culture à CA faible du fait d’une superficie très faible pour la zone d’étude (moyenne = 120.23 ha).

A partir de ce classement, et concernant le seul « Système d’exploitation », on peut émettre l’hypothèse que chaque classe correspond au profil suivant :

Tableau 26 : Table des classes de système d’exploitation

N° classe	Descriptifs	(n)
Classe 1	<i>Grandes exploitations à CA élevé conduisant un système d’exploitation de grandes cultures, sans besoins financiers de recourir une activité économique secondaire</i>	15
Classe 2	<i>Petites exploitations à CA faible conduisant un système d’exploitation de grandes cultures à potentiel limité ou de polyculture élevage, ayant recours à une activité économique secondaire pour subsister</i>	20
Classe 3	<i>Exploitations moyennes à CA moyen-faible conduisant un système d’exploitation en polyculture élevage ou polycultures, sans disponibilité pour pratiquer une activité économique secondaire</i>	16
Classe 4	<i>Grande exploitation de polyculture élevage à potentiel et CA élevés ayant recours à une main d’œuvre nombreuse et qualifiée durant la phase de transition de reprise par une toute jeune exploitante</i>	1
Classe 5	<i>Exploitations de grandes cultures de taille moyenne mais à CA faible suggérant un potentiel agro-pédologique limité</i>	22

La répartition géographique des 5 classes du « Parcellaire » des exploitations agricoles vous est présentée au sein de la figure 53.

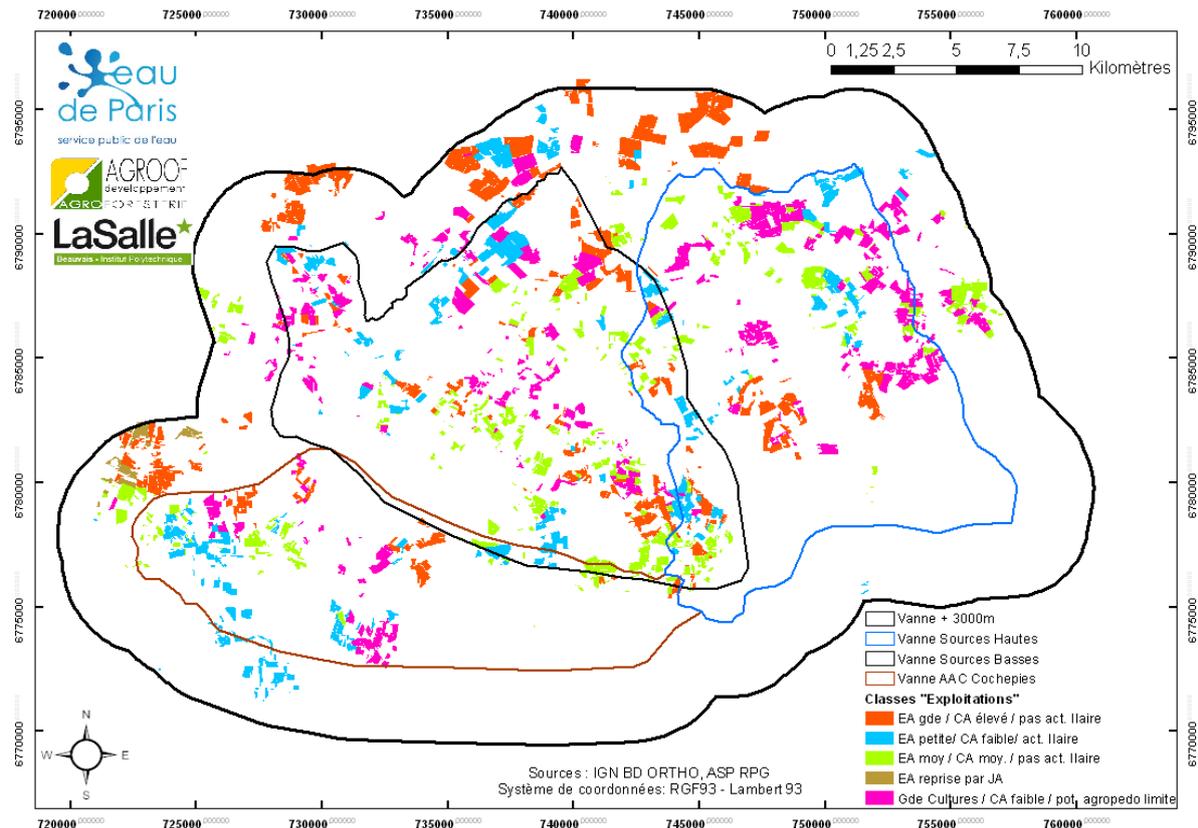


Figure 53 : Cartographie des 5 classes des « systèmes d'exploitation » identifiées

Le même type de procédure est alors conduit, pour chaque groupe thématique de variables, d'informations renseignées (9 thèmes existent au sein du questionnaire,) de sorte de simplifier au final la différenciation et la compréhension des exploitations selon ces thèmes et les résultats des classifications leur correspondant.

3.2. Des caractéristiques du parcellaire des exploitations

Nous cherchons ici à caractériser pour différencier, parmi les moyens de production des exploitations, les variables d'intérêt relatives au parcellaire, qu'elles soient constatées ou qu'elles soient perçues par leurs propriétaires, usagers.

Les différentes variables disponibles pour ce faire ont à voir avec sa superficie, son degré de morcellement, sa composition mais aussi la perception du potentiel qu'il représente agrotechniquement et agroécologiquement pour les exploitants. Il s'agit entre autres de la SAU, SFP, du nombre d'îlots PAC mais aussi du jugement agriculteurs concernant les avantages et les limites (agronomiques, pédologiques, morphologiques...) de ce parcellaire.

- **SAU et taux de propriété** : la SAU moyenne est de 170ha, mais couvre une gamme allant de 2 à 382ha. Par contre, le % de cette SAU en propriété est fortement variable : il oscille entre 0 et 100%, la valeur médiane étant de 30%. Considéré par systèmes d'exploitation, aucune tendance n'est perçue : que ce soit en grandes cultures en polyculture ou en polyculture élevage, le taux moyens de propriété avoisine les 40% pour chaque système et n'est pas significativement différent ($\alpha=0.05$).
- Concernant la **SFP**, 45 exploitations déclarent en disposer (59%) alors que seules 18 exploitations sont en polyculture élevage et 5 en polyculture. Cela suggérerait qu'une partie des exploitations de grande culture ont conservé à une fin spécifique partie de leur

surface fourragère. Ceci a été vérifié en croisant l'activité déclarée de l'exploitation et le pourcentage de SFP dans la SAU. Parmi les 45 exploitants à SFP non nulle, les exploitations en grandes cultures (n=25) présentent une SFP moyenne de l'ordre de 12ha alors que les systèmes polyculture (n=3) sont dotés en moyenne de 3.75ha de SFP. A l'opposé, les polyculteurs éleveurs (n=18) présentent une SFP significativement supérieure et de l'ordre de 37ha (comprise pour ces derniers entre 0 et 76ha). Cette SFP moyenne représente approximativement 8, 3 et 26% respectivement de la SAU des exploitations en grande culture, en polyculture et en polyculture-élevage.

Au sein de cette sous population à SFP non nulle, la part relative des prairies permanentes et temporaire est très variable. Ainsi, la part de la SFP occupée par des cultures fourragères annuelles (maïs, blé, betterave fourragers, luzerne, trèfle...) s'échelonne de 0 à 100%. Elle représente en moyenne 11, 21 et 27% respectivement de la SFP des exploitations en grande culture, en polyculture et en polyculture-élevage. De fait, les systèmes polyculture et certaines exploitations de grandes cultures semblent valoriser temporairement ou économiquement une part de leur surface à la production de biomasse fourragère.

- **Taille de la SAU et agrégation des îlots** : parmi les 74 exploitants enquêtés, 49 indiquent que la SAU de leur exploitation présente une superficie suffisante alors que les 34% restant la trouve insuffisante. La part des insatisfaits est de l'ordre de 27, 80 et 32% respectivement pour les exploitations en grande culture, en polyculture et en polyculture-élevage. Ceci est à mettre en relation avec le potentiel et le CA faible à moyen des polyculteurs tel qu'observé lors de la classification « Système d'exploitation ».

Le nombre d'îlots PAC est indépendant de la SAU qu'ils composent. Par contre il est possible d'observer que les polyculteurs et les polyculteurs éleveurs disposent généralement d'un plus grand nombre d'îlots PAC que les systèmes en grande culture. Pour ces derniers, le degré supérieur de morcellement du parcellaire pourrait être une conséquence (i) de l'incongruité de remembrer des zones prairiales et (ii) le fait d'une pression foncière plus importante sur les prairies du fait qu'elles sont souvent enclavées à proximité des zones habitées et donc soumises à morcellement. Nous pencherons pour la première hypothèse du fait que très peu (20%) des éleveurs déclarent ressentir une pression foncière certaine (26% chez les systèmes de grandes cultures).

Enfin ils sont 23 (31%) exploitants à déclarer trouver leur parcellaire « éloigné » contre 51 à le trouver regroupé (69%).

Aucune tendance ne reliant entre eux le degré de morcellement, l'étendue du parcellaire et la pression foncière exercée, nous en concluons qu'en l'absence d'autres données, les exploitations sont à considérer au cas par cas dans ces registres.

- **Avantages et inconvénients du parcellaire** : exprimées par les 74 exploitants, les caractéristiques agronomiques, pédologiques, paysagères ... de leur parcellaire ont été analysés. Parce qu'il s'agit ici de l'avis des exploitants eux-mêmes, il est possible de le considérer comme la conséquence tant de constats que d'impressions ; malgré une potentielle part de subjectivité, cet avis est donc considéré comme réaliste.

Leurs étaient demandés quels étaient les inconvénients et les avantages de leur exploitation, de leur parcellaire. La question était ouverte et les diverses réponses ont été analysées, regroupées par réponses types dont on a estimée la fréquence d'énonciation. Les principaux résultats sont présentés dans le tableau qui suit.

Quels inconvénients ?	Oui	Non <i>(par différence)</i>
Parcellaire	16	58
Sols	48	26
Infrastructures et aménagements agroécologiques	10	64
Contexte local	14	60
Quels avantages ?		
Parcellaire	25	49
Agrotechnique	17	57
Contexte local	6	68
Systèmes décisionnel et opérationnel	12	62

Pour près de 65% des enquêtés, le sol est l'inconvénient majeur de leur exploitation. D'après les réponses faites, on entendra par sol : la pierrosité excessive et coûteuse, la topographie (pente) excessive, le taux d'argile élevé qui conditionne d'une part une hydromorphie de surface (mouillière) mais aussi un potentiel de rendement limité. Cette tendance se retrouve lorsque leur est demandé de citer les avantages de leur exploitations, seuls 17 signifient que leur exploitation est agrotechniquement avantagée ; parmi lesquels, seuls 12 indiquent que le type de sol est favorable (ceux-ci sont généralement localisés sur le lit majeur de la Vanne, ou en plateau limoneux). Les autres restent indifférents ou, comme dit plus haut le considère comme un inconvénient ; il sont majoritairement en zones de coteaux.

Concernant les infrastructures agro-écologiques présentes, 10 exploitants citent que les bordures de forêt sont de réels inconvénients sur leur exploitation. Certains (n=8) de rajouter que les sources, mouillères et autres zones hydromorphes sont problématiques.

Quand ils indiquaient considérer leur parcellaire comme un inconvénient, il s'agissait pour 10 d'entre eux du morcellement et de l'éloignement. D'autres de souligner que la conformation des parcelles, du fait des bordures de forêt, est trop complexes. D'autres enfin d'ajouter que de trop petites parcelles ne facilitent pas la tâche.

Pour finir, le contexte local est pour certains un inconvénient vécu sur leur exploitation du fait (i) d'une pression anthropique concurrentielle, (ii) d'un voisinage contrariant, (iii) d'infrastructures de stockage, logistiques insuffisantes (silos, coopératives, etc) ou encore de la présence des sources et captages, voire d'Eau de Paris (...).

A contrario, les avantages avancés d'un parcellaire sont le regroupement des parcelles, l'accessibilité, la proximité à un opérateur agricole (coop, silos, concessionnaire). Pour le cadre de vie il s'agit pour eux d'un voisinage proche « de qualité » (n=6) ou de la qualité du paysage (n=2). Enfin, concernant les avantages décisionnels ou opérationnels : de grandes parcelles, de forme facile, une situation financière et/ou un parc machine amorti et « suréquipé » semble être des atouts pour leurs exploitations.

Afin de procéder à la différenciation de classes d'exploitation sur le thème du moyen de production « Parcellaire », et parce que la SAU a d'ors et déjà été usitée auparavant, nous avons fait le choix de considérer ici la SFP (son % relatif dans la SAU) et les avis des agriculteurs concernant leur propre parcellaire. Ces variables ont été directement analysées en composantes principales (ACP) puis classer par CAH. Une fois encore 5 classes répondaient à un niveau de différenciation suffisant du fait de variabilités intra- et inter-classe optimales. Ces 5 classes vous sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 27 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de parcellaire

N° classe (exploitation)	1	2	3	4	5
Effectifs (n)	34	6	13	9	12
Inconvénient sol (n)	Oui = 26 Non = 8	Oui = 3 Non = 3	Oui = 5 Non = 8	Oui = 9 Non = 0	Oui = 5 Non = 7
Inconvénient IAE (n)	Oui = 0 Non = 34	Oui = 1 Non = 5	Oui = 1 Non = 12	Oui = 8 Non = 1	Oui = 0 Non = 12
Inconvénient contexte local (n)	Oui = 0 Non = 34	Oui = 1 Non = 5	Oui = 1 Non = 12	Oui = 0 Non = 9	Oui = 12 Non = 0
Inconvénient parcellaire	Oui = 0 Non = 34	Oui = 2 Non = 4	Oui = 13 Non = 0	Oui = 0 Non = 9	Oui = 1 Non = 11
Avantage parcellaire	Oui = 12 Non = 22	Oui = 1 Non = 5	Oui = 3 Non = 10	Oui = 4 Non = 5	Oui = 5 Non = 7
Avantage contexte local	Oui = 1 Non = 33	Oui = 5 Non = 1	Oui = 0 Non = 13	Oui = 0 Non = 9	Oui = 0 Non = 12
Avantage agrotechnique	Oui = 7 Non = 27	Oui = 0 Non = 6	Oui = 5 Non = 8	Oui = 1 Non = 8	Oui = 4 Non = 8
Avantage décisionnel / opérationnel	Oui = 7 Non = 27	Oui = 2 Non = 4	Oui = 0 Non = 13	Oui = 0 Non = 9	Oui = 3 Non = 9
Grandes cultures (n)	25	2	8	6	8
Polyculture (n)	4	1	1	0	0
Polyculture élevage (n)	5	3	4	3	4

- La classe 1 se compose essentiellement de systèmes d'exploitation de grandes cultures ; cependant quelques polyculteurs et éleveurs en font partie. Ces derniers présentent cependant des réponses très similaires aux exploitations de grandes cultures. A savoir : un parcellaire jugé contraignant de par la nature des sols (terre à silex, à coûts élevés du fait de l'usure, hétérogène et surtout au relief difficile. Les parcelles sont souvent considérées comme trop éloignées entre elles (Grandes cultures) et la superficie totale insuffisante (polyculteurs et éleveurs). Par contre, l'atout principal semble être la taille des parcelles ; grandes, elles autoriseraient une certaine facilité du travail de production. De fait le parcellaire n'est pas un problème pour eux, tout comme les infrastructures agroécologiques ou le contexte local. Dans un milieu plutôt neutre à favorable, leur seul réel problème est la nature du sol.
- La classe 2 quant à elle, est hétéroclite en terme de systèmes de culture et la taille de cette classe est restreinte (n=6) ; on remarque une dominance d'éleveur et maraîchers. Ils sont tous d'accord sur un point : ils sont situés dans un contexte paysager et/ou agroécologique qu'ils estiment être de qualité. Le peu de passage, l'isolement et une fréquentation restreinte leur permet de jouir à leur guise de cette situation et de ces paysages, voire d'accomplir leurs tâches sans gêne ou perturbation. Concernant les inconvénients, et encore une fois du fait de l'effectif de la classe, aucune tendance ne se dégage.
- La classe 3 (n=13) est essentiellement composée d'exploitations en grandes cultures puis d'éleveurs. Ils sont tous d'accord pour indiquer que si le sol n'est pas un problème (au contraire, 62% l'estime favorable), non plus que la taille d'exploitation, un parcellaire

morcelé et éloigné est le principal problème rencontré. Contexte local, infrastructures agroécologiques ... ne sont ni un inconvénient ni un avantage pour eux.

- La classe 4 se compose d'exploitations pour lesquelles le principal problème est la qualité des sols : elles la déclarent très défavorable et refusent tout autant de la considérer comme un avantage. Si cela ressemble à la classe 1 leur deuxième niveau de différenciation est le jugement négatif porté aux infrastructures agro-écologiques locales (bordures de bois) qui pour elles, représentent une véritables gêne.
- Enfin, la classe 5 regroupe des exploitations dont le parcellaire est plutôt regroupé, neutre à favorable. Ils sont par contre nombreux à indiquer être situés en ou en bordure de zone habitée ou être situés sur une zone à contrainte (éolienne, réseau EDF, captages eau...) qui pour eux est un véritable inconvénient.

A partir de ce classement, et concernant le seul « Parcellaire », on peut émettre l'hypothèse que chaque classe correspond au profil suivant :

Tableau 28 : Table des classes de parcellaire

N° classe	Descriptifs	(n)
Classe 1	Exploitations à sols difficiles et pentus, SAU insuffisante	34
Classe 2	Exploitations à contextes locaux favorables	6
Classe 3	Exploitations à parcellaire morcelé et éloigné	13
Classe 4	Exploitations à sols difficiles et pentus, à infrastructures écologiques gênantes	9
Classe 5	Exploitations périurbaines et/ ou en zones contraintes	12

La répartition géographique des 5 classes du « Parcellaire » des exploitations agricoles vous est présentée au sein de la figure 54.

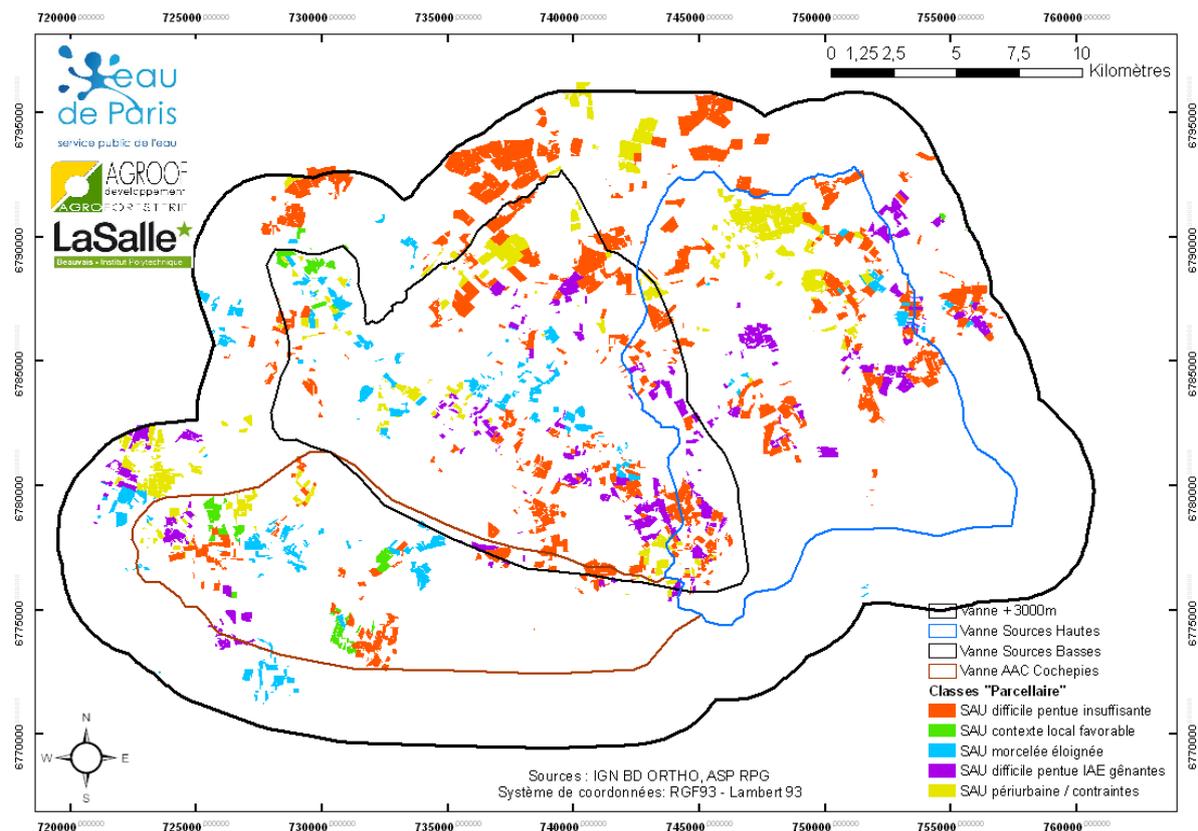


Figure 54 : Cartographie des 5 classes de « parcellaire » identifiées

3.3. De l'état des sols et de ses conséquences sur l'exploitation

Nous cherchons ici à caractériser pour différencier les exploitations agricoles selon (i) les sols et autres éléments litho-pédologiques présents sur l'exploitation comme (ii) les observations déclarées par les enquêtés d'épisodes de dégradation des sols voire de l'eau et des paysages du fait du ruissellement.

Les différentes variables disponibles pour ce faire ont à voir avec les types de sol déclarés par les enquêtés, la présence de zone d'infiltration préférentielle (bétoire), l'observation de ravines, de coulées de boue. En sus, connaissant les types et les proportions de bon et mauvais sols présents sur les exploitations (enquêtes), nous avons déterminé à partir du triangle du GEPPA, les indices de battance de chacun des deux types de sol présents sur une exploitation et les avons pondérés par le pourcentage relatif des surfaces concernées par ces types de sol. Les résultats ont alors été soustraits l'un à l'autre et la valeur absolue de la différence a été conservée. Elle représente pour nous le besoin en différenciation des pratiques agrotechniques selon la nature des sols ; il est alors possible de l'opposer à la déclaration faite par les exploitations d'une adaptation de leurs pratiques pour tenir compte de cette hétérogénéité des sols sur leur exploitation.

Bon et mauvais sols : Selon le système d'exploitation, bon et mauvais sols ne signifient pas toujours la même chose : selon la gamme des sols présents au sein d'une exploitation, un bon sol pour l'un sera un mauvais sol pour d'autres qui disposeraient de sols meilleurs dès le départ.

	(n)	Bons sols				Mauvais sols			
		A	AL	LA	L	A	AL	LA	L
Grandes cultures	48	17	6	14	6	28	6	2	2
Maraîchage	2	0	1	1	0	1	1	0	0
Polyculture	5	2	0	3	0	3	0	1	0
Elevage	19	2	2	9	3	8	2	1	2
Total	74	21	7	27	9	40	9	4	4

Dans le tableau ci-dessus, n'est présentée que la gamme des sols allant d'argileux à limoneux. Il existe sur le territoire des sols sableux et des tourbes ainsi que les sous-types correspondant. Par soucis de clarté, ils ne sont pas présentés ici car à effectifs réduits.

Toutes exploitations confondues, un mauvais sols est tout naturellement un sol argileux (A, souvent argile à silex) alors qu'un bon sol est limono-argileux (LA) voire limoneux (L). Cependant un certain nombre d'exploitations en grandes cultures ne semblent disposer que de bons sols de type argileux (A). L'écart entre leurs bons et mauvais sols est de fait plus restreinte lorsqu'une exploitation présente des bons sols argileux.

Pour les exploitations en grandes cultures (n=48), ils sont 17 (29%) à déclarer travailler de bons sols alors qu'argileux (A) et 14 (33%) à déclarer disposer de bons sols limono-argileux (LA). Par contre quand on regarde leurs mauvais sols, ils sont alors 28 (58%) à déclarer disposer de mauvais de sols de type argileux.

Si on considère qu'un bon sol est LA ou L, on s'aperçoit alors 41%, 50% et approx. 60% respectivement des exploitations en grandes cultures, maraîchage et polyculture / polyculture-élevage en dispose. Par contre si un mauvais sol est argileux, ce sont alors 58%, 50%, 60% et 42% des exploitations en grandes cultures, maraîchage, polyculture et polyculture-élevage qui en sont pourvues. Conséquemment, les exploitations en grande culture et en polyculture qui semblent présenter la plus grande hétérogénéité de sols, alors que la qualité des sols des éleveurs semble (relativement) moins variable.

Bétoires : 20 exploitants sur 74 déclarent rencontrer une ou des zones préférentielles d'infiltration (bétoire) sur leur exploitation. Ils sont 11 en grandes cultures, 7 éleveurs et 2 polyculteurs concernés.

Types de sols et conséquences : nous avons demandé aux enquêtés de nous signifier s'ils ont pu constater des effets du ruissellement imputables au type de sol, sur leurs exploitations ; de nous indiquer la périodicité de ses effets constatés et leur nature :

- 18 d'entre eux ont déjà constaté des phénomènes de ruissellement et 9 d'érosion (soit 36% des agriculteurs enquêtés). Il s'agit de 20 exploitations de grandes cultures, 2 polyculteurs et 5 éleveurs.
- Parmi ceux-ci, 14 ont indiqué que ces phénomènes étaient ponctuels quand 9 les percevaient chroniques,
- Ces évènements se traduisent pour 10 d'entre eux par des ravines et pour 12 par des coulées de boue.
- A la question « *A quoi cela pourrait-il être dû ?* », 58 (78%) d'indiquer que la nature du sol en est la cause, 10 (14%) selon lesquels les remontées d'eau (dont sources)

en serait la cause et seulement 6 (8%) de supposer que d'autres raisons pourraient l'expliquer, sans pour autant le préciser.

- Enfin, quasiment tous les agriculteurs ont déclaré ne pas avoir observés de changements significatifs en termes de qualité de l'eau, des paysages au sein ou auprès de leurs exploitations du fait du ruissellement.

Adaptation des pratiques : 52 exploitants sur 74 disent adapter leurs pratiques à la qualité des sols. Par type de système de culture, ils seraient 100% à le faire en polyculture, 73% en grandes cultures et autour de 50% en maraîchage et élevage.

Les exploitations en grandes cultures avancent (i) mettre en place des techniques culturales simplifiées (TCS et/ou TCSL) pour 17 d'entre eux, (ii) moduler leur fertilisation pour 9 d'entre eux, (iii) réduire les doses phytosanitaires ou (iv) changer de cultures pour 3 d'entre eux. Les maraîchers (1/2), éleveurs (7/17) et les polyculteurs (3/6) indiquent aussi être passés aux TCS/TCSL ; vient ensuite la modulation de la fertilisation mais aucun n'indique réduire les doses phytosanitaires.

Pour prendre en compte l'hétérogénéité des sols au sein d'une exploitation, nous avons calculé la valeur absolue de la différence des indices de battance propres aux bons et mauvais sols présents sur les exploitations, pondérés par la surface relative au sein de la SAU qu'ils représentaient ($\Delta I_{\text{battance}}$). Alors qu'il était possible de s'attendre à ce que des exploitations présentant une large gamme de sols, d'écart d'indice de battance, adaptent leurs pratiques en fonction du type de sol, il n'a été constaté aucune différence significative de $\Delta I_{\text{battance}}$ entre population déclarant adapter ses pratiques et celle ne les adaptant pas. Cela ne signifie pas que leurs déclarations sont fausses, mais plutôt que s'ils les adaptent (ou pas) cela ne serait pas une conséquence de la nature et de l'hétérogénéité des sols sur l'exploitation, non plus une conséquence de la présence d'une bétail (résultats non montrés).

Concernant $\Delta I_{\text{battance}}$, elle est dès lors utilisée pour distinguer les exploitations en tant qu'information relative au niveau d'hétérogénéité des sols au sein des exploitations. La classification a portée sur cette variable mais aussi sur l'adaptation (oui/non) des pratiques et la nature de ces adaptations, la présence de bétail, le type d'effet observé (érosion, ruissellement, rien / ravine, coulée, rien) et leur fréquence. Toutes ces variables ayant été préalablement recodées 0 ou 1 puisque binaires. Toujours pour les mêmes raisons déjà évoquées, 5 classes ont été produites. Le tableau des effectifs est présenté ci-après.

Tableau 29 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de potentiel agropédologique

Classes		1	2	3	4	5
(n)		31	16	7	6	14
$\Delta I_{\text{battance}}$		0.83 (± 0.67)	1.09 (± 0.95)	0.94 (± 0.76)	2.08 (± 1.73)	1.16 (± 0.58)
Bétoire		7	4	7	2	0
Adapte ses pratiques		31	0	7	0	14
Adaptations principales	TCS	18	0	5	0	5
	Ferti -	5	0	0	0	4
	Δ cultures	3	0	2	0	0
	Phyto -	0	0	0	0	2
Effets observés	Erosion	1	0	0	1	7
	Ruissellement	0	0	6	5	7
Effets types	Coulée	0	1	4	3	4
	Ravine	0	0	3	2	7
Fréquence	Ponctuel	0	0	2	5	7
	Répétitif	0	0	4	0	5
Activité principale	Grandes cultures	19	9	4	4	12
	Maraîchage	1	1	0	0	0
	Polyculture	3	0	0	0	2
	Polyculture élevage	8	6	3	2	0

A partir de ce tableau de contingence, les 5 classes obtenues ont été interprétées et leurs profils hypothétiques directement proposés.

Tableau 30 : Table des classes de potentiel agropédologique

N° classe	Descriptifs	(n)
Classe 1	Sols homogènes à risques limités et changement des pratiques pour raisons autres	31
Classe 2	Sols homogènes à risques limités sans adaptation des pratiques	7
Classe 3	Sols homogènes à risques chroniques et changement des pratiques pour raisons autres	16
Classe 4	Sols hétérogènes à risques ponctuels sans adaptation des pratiques	6
Classe 5	Sols homogènes à risques chroniques et adaptations multiples face aux risques	14

La répartition géographique des 5 classes du « potentiel agro-pédologique » des exploitations agricoles vous est présentée au sein de la figure 55.

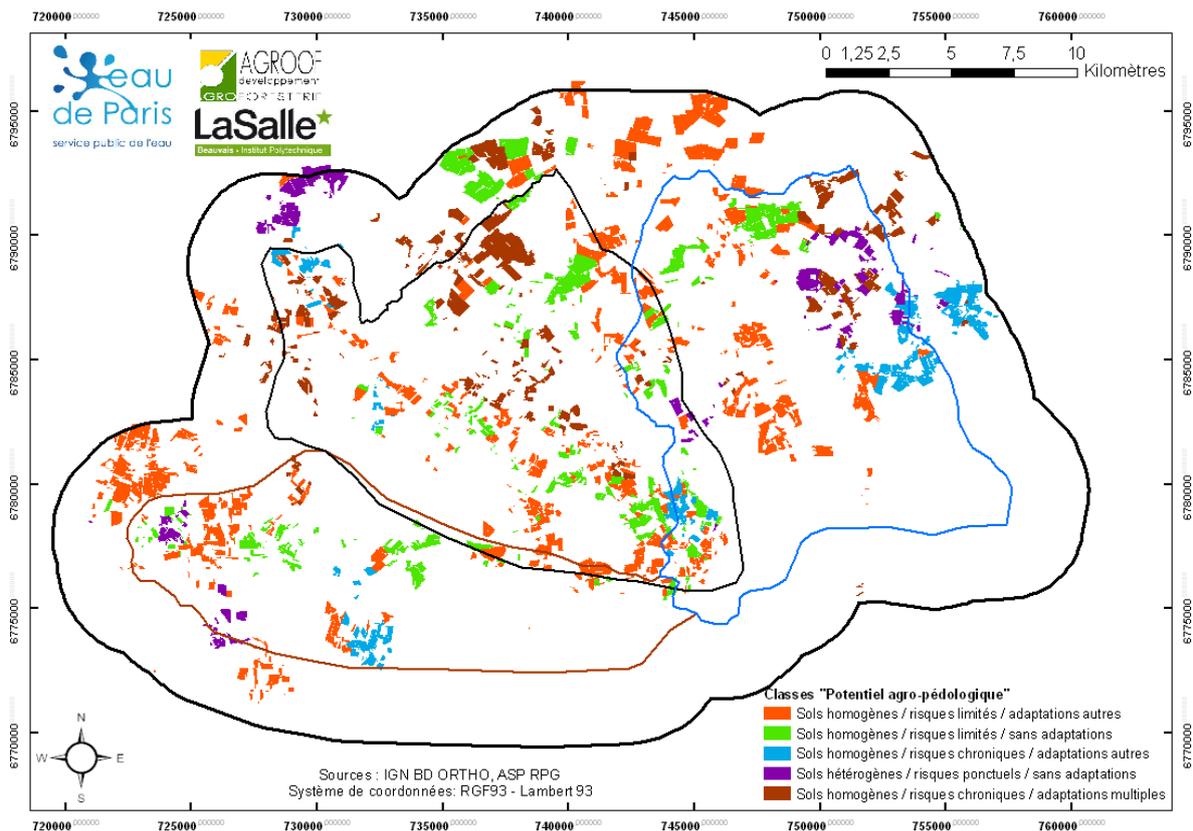


Figure 55 : Cartographie des 5 classes de « potentiel agro-pédologique » identifiées

3.4. Des productions faites sur l'exploitation

Nous cherchons ici à caractériser pour différencier les exploitations agricoles en fonction (i) des productions végétales et des rotations culturales déclarées, (ii) en fonction de la taille et particularités des ateliers d'élevage et plus particulièrement des ateliers bovins et ovins qui nécessitent des productions fourragères impactant souvent fortement le système de cultures, l'assolement.

Les rotations ont été récoltées auprès des agriculteurs à qui étaient demandées les rotations primaire et secondaire de leurs exploitations. Obtenues, elles ont été recodées pour correspondre à la dénomination usitée plus amont dans ce document. Ce recodage permettra en outre de vérifier la liste des successions types générées lors du processus mixte statistique – à dire d'experts.

Concernant les ateliers d'élevage, la nature de l'élevage et la taille du cheptel ont été demandées. A partir de la SFP et en appliquant les eq. UGB distribués par l'Institut de l'Élevage, le chargement moyen à l'hectare a été calculé. Il permet d'approcher le niveau d'intensification et/ou d'autonomie alimentaire des ateliers bovins/ovins. Dernière variable, la durée du pâturage a été collectée.

Cultures végétales et rotations : Selon la déclaration des rotations principale et secondaire, la liste des diverses têtes de rotation (c'est-à-dire en dehors des céréales intercalées) a été constituée et leur occurrence sur une exploitation était codée (0/1) indépendamment de leur fréquence de retour et du fait qu'elles soient de printemps ou d'hiver. Six têtes de rotation majeures ont été retenues : le colza, le tournesol, le maïs (grain et fourrager), les protéagineux (pois, féverole), les cultures industriels (semences,

légumes, betteraves, chanvre...) et enfin les cultures pérennes fourragères (luzerne, trèfle) et autres gels.

Le tableau de contingence de leur occurrence par système d'exploitation vous est présenté ci après.

	Colza	Maïs	Tournesol	Protéagineux	Fourrages	Gels	Industrielles
(n)	63	19	15	10	7	5	4
Grandes cultures	45	7	10	6	4	0	3
Maraîchage	0	0	1	0	1	0	0
Polyculture	5	2	2	0	0	2	0
Elevages	13	9	2	4	3	3	1

Le colza reste la culture de prédilection des systèmes en grandes cultures comme en élevage, qu'elle soit commercialisée (prix de vente moyen 2012 rendu Rouen de l'ordre de 460€/tonne) ou utilisée directement sous forme de tourteaux dans la ration du bétail (rare en général). Puis viennent le maïs, autant cultivé par les systèmes en grandes cultures sous sa forme grain que par les éleveurs sous sa forme fourragère, et le tournesol.

A l'opposé, les polyculteurs et les éleveurs sont les seuls à exploiter des surfaces en gels qu'il s'agisse de céréales fourragères comme de légumineuses pérennes, voire de mélanges destinés à l'enrubannage.

Concernant les rotations, elles sont très diversifiées qu'il s'agisse des rotations principales (n=25) et encore plus des rotations secondaires (n=32). Parce qu'il n'est pas possible de présenter l'ensemble des rotations déclarées par type de système, les cinq rotations les plus fréquentes d'un système sont présentées. En outre, la durée des rotations déclarées a été enregistrée à part et la durée moyenne par système de culture a été calculée. Les valeurs obtenues vous sont présentées dans le tableau ci après.

	Grandes cultures	Maraîchage	Polyculture	Polyculture élevage
Rotation 1	3_ZBO	6_FFBBCT	3_ZBO	3_ZBO
Rotation 2	4_ZBBB	-	3_ZBOT	2_MB
Rotation 3	5_ZTBOO	-	3_ZBB	5_BCOGG
Rotation 4	4_MPBO	-	5_ZBOMG	6_POBCFF
Rotation 5	4_ZBOT	-	5_ZTMBO	5_IMBPB
Durée rotation 1 (an)	3.4	6.0	4.0	3.3
Durée rotation 1 (an)	3.9	6.0	4.0	3.6

Les durées moyennes des rotations ne sont pas très différentes entre systèmes. Par contre une différence majeure est l'introduction pour les polyculteurs et les éleveurs de plantes fourragères et de gels. A l'opposé, les systèmes en grandes cultures semblent emblaver des surfaces en cultures industrielles de manière plus importante (chanvre, betteraves, pomme de terre ...). Cependant, la taille des sous populations reste trop restreinte dans certains cas (polyculteurs, maraîchers) pour pouvoir conclure à de réelles tendances significatives. Seul, les protéagineux, les fourrages, les gels et cultures industrielles semblent à même d'aider à la différenciation des exploitations entre elles, du point de vue productions végétales.

Nous profitons ici, parce que les rotations déclarées par les agriculteurs ont été recodées et comparées à la liste des successions culturales obtenues du RPG, pour vous indiquer les rotations déclarées qui ont été correctement identifiées en tant que successions lors du diagnostic territorial (voir tableau ci-dessous).

Dans l'ensemble, les rotations principales sont plus facilement identifiables et obtenues par la méthode mixte statistique - à dire d'experts utilisée dans cette étude : si l'on ne considère que les successions exactement identiques aux rotations déclarées, 62% sont justes. Par contre, quand on considère justes les successions que les dire d'experts ont (i) affublées d'un terme cultural en plus (4_ZBOT à l'origine devenue 5_ZBOTB pour des raisons agronomiques) ou (ii) dont la séquence était changée (4_ZBOT à l'origine devenant 4_ZTBO), ce sont 75% des successions prédites qui s'avèrent justes.

Par contre, concernant les rotations secondaires, celles ayant plus souvent des gels, fourrages ..., et parce que les rubriques équivalentes du RPG sont très peu explicites, le taux de validité chute à 34% et 75% si on considère celles légèrement modifiées par les dire d'experts.

Rotation I ^{aire}	(n)	(%)	Identifiée du RPG ?	Rotation II ^{aire}	(n)	(%)	Identifiée du RPG ?
3_ZBO	43	58.1	1	Aucune	29	39.2	-
4_ZBBB	3	4.1	1	3_ZBO	6	8.1	1
2_MB	3	4.1	1	3_MBO	4	5.4	1
5_ZTBOO	2	2.7	0	5_MMMMM	3	4.1	1
4_ZBOT	2	2.7	1	4_ZBBO	3	4.1	1*
3_ZBB	2	2.7	1	3_TBO	3	4.1	1
6_POBCFF	1	1.4	1	7_ZBBFFFF	1	1.4	1 #
6_FFBBBB	1	1.4	1	6_ZBOPBO	1	1.4	1
6_FFBBCT	1	1.4	0	6_ZBBIBO	1	1.4	1 #
5_ZTMBO	1	1.4	1*	6_FFFFFB	1	1.4	1 #
5_ZBTBO	1	1.4	1	6_FFBBCC	1	1.4	0
5_ZBPBO	1	1.4	1	5_OOOOO	1	1.4	1
5_ZBOMG	1	1.4	0*	5_MOGGG	1	1.4	0
5_SBCCC	1	1.4	1	5_GGGGG	1	1.4	1
5_IMBPB	1	1.4	1	5_FFCCPC	1	1.4	0
5_BCOGG	1	1.4	0	4_ZTOB	1	1.4	1*
5_BBBBB	1	1.4	1	4_ZBOT	1	1.4	1*
4_ZTBO	1	1.4	1*	4_ZBOP	1	1.4	1 #
4_ZBTO	1	1.4	1	4_ZBMB	1	1.4	1*
4_MPBO	1	1.4	1 #	4_PZBO	1	1.4	0
4_IBOP	1	1.4	0	4_MFFF	1	1.4	1 #
4_FFBO	1	1.4	0	4_MBZB	1	1.4	1 #
2_ZB	1	1.4	1	3_ZBP	1	1.4	0
2_OG	1	1.4	1	3_ZBC	1	1.4	1*
				3_ZBB	1	1.4	1
				3_PBO	1	1.4	1
				3_MOB	1	1.4	1*
				3_MMB	1	1.4	1 #
				2_MO	1	1.4	0
				2_MB	1	1.4	1
				2_BO	1	1.4	1
Total	73	100	62% (75%)		73	100	34% (75%)

(1 = combinaison trouvée - 0 = combinaison non trouvée - 1 # = combinaison trouvée mais avec ajout de termes à la rotation - 1* = combinaison trouvée mais avec changement d'ordre de certains termes de la rotation)

Cette comparaison demande bien entendu à être répétée, mais il semblerait que les successions obtenues par la méthode mixte « statistique - dires d'experts » permettent de s'approcher de la réalité de terrain. Une comparaison des successions prédites avec les sorties du logiciel RPG explorer serait d'intérêt.

Elevages et chargement (bovins, ovins) : Seule les systèmes Polyculture élevage (n=17) ont été retenus et seuls les cheptels bovins et ovins ont été étudiés.

On n'observe aucune différence significative en termes de SFP, de nombre d'UGB totaux par exploitation ou même de chargement. Ainsi le chargement moyen est de 1.81 ± 0.41 UGB/ha pour les élevages bovins (n=15) et 0.43 ± 0.01 UGB/ha pour les ovins. La seule différence significative concerne le durée de mise en pâture des animaux : elles est en moyenne de 6.68 ± 1.76 mois/an pour les élevages bovins (n=15) et 10.51 ± 2.12 UGB/ha pour les ovins.

Pour conduire la différenciation pour la description des exploitations agricoles d'un point de vue des productions végétales, seules des variables propres à l'atelier productions végétales ont été retenues. Les principales cultures ont été retenues (orge, blé, colza, maïs, tournesol, cultures industrielles, gels...) ; pour chacune, une variable binaire était créée et une valeur (0/1) était donnée à une exploitation selon qu'elle cultivait (1) ou non (0) cette culture. Une variable supplémentaire concernant le mode de travail du sol a été utilisée en sus. Il s'agit de la variable « travail du sol », variable catégorique à 3 modalités (labour, labour superficiel, TCSL) ; chacune ayant été différenciée en une variable unique et codée 0 ou 1 selon qu'une exploitation avait recours au labour, au labour superficiel ou TCSL. Une CAH a été conduite sur ces variables et 4 classes ont été demandées pour les raisons déjà invoquées au sein des parties précédentes.

Ces quatre classes sont à leur tour décrites à partir des tables de contingence correspondant aux critères de distinction évoqués ainsi qu'aux autres variables relatives à la durée moyenne des rotations, les rotations les plus représentées, le système de culture comme le type d'élevage.

La classe 1 obtenue (n=8) comporte trois éleveurs, un pour chaque type (en dehors du porc). Les besoins alimentaires de l'ensemble de ces élevages au sein de la classe pourraient nécessiter une certaine diversité des cultures déclarées. Tel est le cas puisqu'à part les plantes fourragères, toutes les têtes de rotations considérées ici sont à effectifs non nuls. Le maïs grain ou fourrager peut alors être valoriser en élevage respectivement avicole et bovin, les gels en élevage bovin comme ovin, les protéagineux en bovin et les cultures industrielles, si peu qu'il s'agisse de blé fourrager voire de betterave fourragère pourrait l'être aussi. A première vue, cette classe pourrait être à la recherche d'une certaine autonomie alimentaire. Cependant la classe compte 8 exploitations et seulement sont éleveurs. Peut être alors les 5 autres exploitations sont-elles situées dans une zone où l'élevage est encore présent et produisent-elles pour la filière aliments du bétail ? Quoi qu'il en soit, ces exploitants ne déclarent pas cultiver en rotation 3_ZBO, de loin la plus usitée et chez eux, les gels sont prépondérants, d'où des rotations plutôt longues pour le secteur. La majeure partie sont en TCS mais certains (les maïsiculteurs ?) applique un labour systématique. Ces informations pouvant impliquer des sols plutôt favorables (cultures industrielles, maïs, protéagineux...) donc éventuellement une situation en aval, le long de la Vanne. Un coup d'œil sur les communes concerner montre que 5 d'entre eux sont dans la zone de la Vanne près de

Courgenay, Planty ou Aix-en-Othe, alors que 2 sont à Bérulles. Alors que leurs sols semblent présenter un bon potentiel, la présence de gels fréquents pourrait aussi signifier des exploitations à contrainte réglementaire (en périmètre rapproché des aires des AAC ??).

Tableau 31 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de système de culture

Effectifs cultivant...	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Total
(n)	8	15	7	44	74
Fourragères pérennes	0	0	7	0	7
Maïs	3	15	0	1	19
Gels	5	0	0	0	5
Cultures industrielles et semences	4	0	0	0	4
Colza	4	15	3	41	63
Protéagineux	2	0	3	5	10
Tournesol	1	0	2	12	15
Labour	2	13	4	20	39
TCS	6	2	3	21	32
SD	0	0	0	3	3
Grandes cultures	3	7	4	34	48
Maraîchage	0	0	1	1 ^(*)	2
Polyculture	2	0	0	3	5
Polyculture élevage	3	8	2	6	19
Durée moyenne Rot. 1	4.3±1.2 (a)	2.9±0.4 (b)	4.7±1.3 (a)	3.3±0.1 (b)	
Durée moyenne Rot. 2	4.8±1.3 (a)	3.5±1.0 (b)	5.4±1.5 (a)	3.5±0.9 (b)	
Rotations 1 (n)	<i>Pas de 3_ZBO</i>	3_ZBO (13)	4_FFBO (1)	3_ZBO (29)	
		2_MB (1)	6_FFBBBB (1)	4_ZBBB (2)	
			6_POBCFF (1)	4_ZBOT (2)	
Rotations 2 (n)	5_GGGGG (1)	5_MMMMM (3)	5_FFCCPC (1)	3_ZBO (4)	
	5_MOGGG (1)	4_MBZB (1)	6_FFBBCC (1)	3_TBO (3)	
		4_ZBMB (1)	6_FFFFB (1)	4_ZBBO (2)	
Elevage Bovin	1	7	1	3	
Elevage Ovin	1	0	1	1	
Elevage Avicole	1	0	0	3	
Elevage Porcin	0	1	0	0	

(*) Exploitation qui se déclare elle-même en système « maraîchage ET grande culture », elle est déclarée comme Maraîchage

La classe 2 quant à elle comporte en son sein 15 exploitations, également réparties entre les systèmes de grandes cultures et d'élevage, dont la culture de prédilection est le maïs. Le type d'élevage le plus représenté est l'élevage bovin (n=7) et un élevage porcin. Du fait du régime alimentaire de ces animaux d'élevage, on peut robustement émettre l'hypothèse que 7 d'entre eux conduisent du maïs ensilage, alors que les 8 autres cultivent du maïs grain dont l'un peut l'auto-consommer. Le maïs étant dominant, cette culture est la clef de voûte du revenu de ces exploitations ; sa fréquence de retour est donc élevée et les rotations de

maïs implique la durée de rotation la plus faible observée ; ses rendements étant cruciaux économiquement, le labour est donc systématique.

La classe 3 se différencie des autres en cela qu'elle est la seule à avoir intensément recours aux cultures fourragères annuelles et/ou pérennes (n=7/7) ; en outre près de 40% des exploitations la composant a aussi recours aux protéagineux, cultures souvent considérées comme de peu d'intérêt (économique) dans ce secteur. Le fait qu'elles utilisent régulièrement les plantes fourragères telles la luzerne, le trèfle voire les prairies temporaires implique (i) des rotations longues (la luzerne devant être exploitée durant 2-3 ans au minimum) et (ii) la nécessité de pouvoir valoriser ces productions en interne (autoconsommation donc élevages ruminants) ou auprès d'une filière de transformation en aliment du bétail (déshydratation de luzerne par exemple). Les durées moyennes observées des rotations de cette classe sont les plus élevées : 4.7 et 5.4 années respectivement pour les rotations principale et secondaire. Dans tous les cas, des systèmes de cultures intégrant des cultures fourragères pérennes peuvent s'apparenter à ceux développer (i) en protection intégrée et en agriculture de conservation des sols, et surtout (ii) en agriculture biologique, pour la maîtrise des populations adventices sans le recours systématique aux produits phytosanitaires. Le fait que 4 sur 7 déclarent labourer invite à ne conserver que la seconde alternative, les techniques de conservation de sols faisant appel plus systématiquement au TCS mais surtout au SDSCV (semis direct sous couvert végétal). On retiendra aussi qu'ils cultivent aussi des plantes oléagineuses (colza et tournesol), plantes à fort potentiel de structuration des sols (en sus du revenu financier qu'elles autorisent).

Enfin la classe 4, la plus nombreuse (n=44) regroupe les exploitations ne cultivant pas ou très peu de fourrages, de gels, de cultures industrielles et très peu de plantes protéagineuses. De fait leurs sols sont limitants, difficiles (séchant) et n'autorisent pas une grande diversité de cultures. Nous devrions être en situation argileuse ou argilo-limoneuse à silex, donc plus certainement dans les zones de relief (contreforts) où colza et tournesol représentent les seules cultures de rente à risques limités. En effet, les sols ont rendu nécessaire le recours aux techniques culturales sans labour (n=21) tant pour la réduction des coûts de production qui grèvent un revenu parfois limité, que parce que ces cultures s'y prêtent bien. Cependant, parmi cette classe, 20 autres exploitations ont recours au labour : ces dernières devraient être en possession de terres plus profondes et/ou battante et donc se situer soit en plateaux amont soit en bordure du lit majeur de la Vanne. Pour ce groupe, les rotations phares ne peuvent donc être que 3_ZBO, 3_TBO et 4_ZBOT ; des rotations courtes. Même si des élevages (n=6) sont présents dans ce groupe (ils pourraient d'ailleurs faire partie des éleveurs envisageant la cessation de leur activité d'élevage ?!), 34 (+ le maraîcher - grandes cultures) sont déclarés grandes cultures.

A partir de ce tableau de contingence, les 4 classes obtenues ont été interprétées et leurs profils hypothétiques directement proposés.

Tableau 32 : Table des classes de système de culture

N° classe	Descriptifs	(n)
Classe 1	Systeme de culture diversifié pour une autonomie alimentaire des ateliers d'élevage et/ou une protection des ressources locales	8
Classe 2	Maïsiculteurs et ensileurs labourant	15
Classe 3	Systeme de culture pour la conservation et/ou l'amélioration de la qualité des sols	7
Classe 4	Systeme de culture simplifié avec ou sans labour à rotation courte de type SCOP	44

La répartition géographique des 4 classes du « système de cultures » des exploitations agricoles vous est présentée au sein de la figure 56.

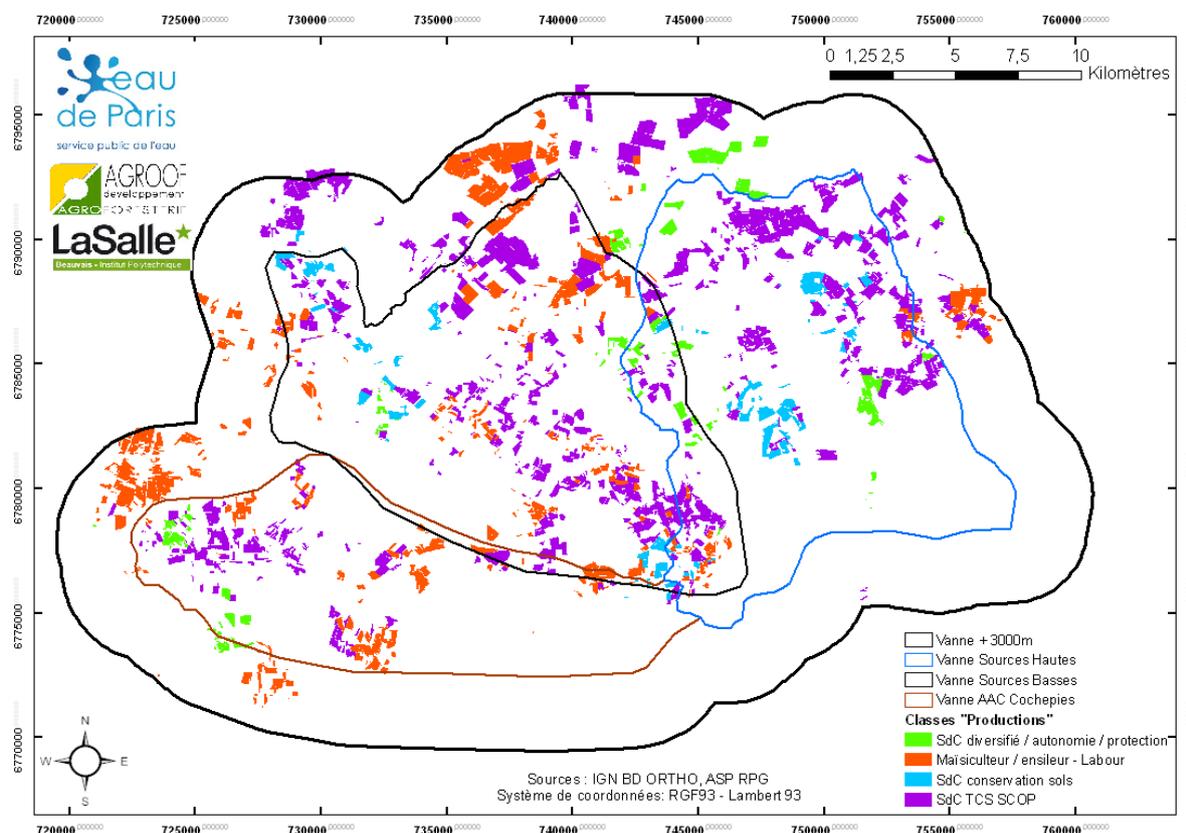


Figure 56 : Cartographie des 4 classes du « système de cultures » identifiées

3.5. Des pressions exercées sur la ressource Eau

Nous cherchons ici à différencier les exploitations agricoles en fonction des pressions et donc des performances environnementales des systèmes de cultures développés au sein des exploitations. Pour ce faire, nous avons pu établir pour les exploitations agricoles, à partir des cahiers de culture, des cahier d'épandage, des plans prévisionnels de fumures ... lorsqu'ils nous étaient partagés, (i) la balance azotée de l'exploitation, (ii) les IFT herbicides et fongicides+insecticides par culture pour l'année culturale 2011-2012, (iii) les modalités de

gestion des intercultures. Nous avons aussi caractérisés (iv) le niveau de conformité aux réglementations régissant l'utilisation (pulvérisateur, fonds de cuve, aire de remplissage, modalités de rinçage) et/ou le stockage des produits phytosanitaires (local phyto).

Au sein de l'échantillon enquêté, force est de constater que pour chaque exploitation, parce qu'elles n'ont pas le même assolement, les mêmes rotations, il n'est pas possible pour chacune de disposer d'autant IFT par culture que d'exploitations. En fait, les cultures les plus représentées au sein des exploitations sont comme on peut s'y attendre (et par ordre décroissant) le blé tendre d'hiver, le colza d'hiver et l'orge d'hiver (escourgeon). Nous avons décidé de nous focaliser sur les deux seules cultures du blé d'hiver et du colza. Elles permettent une comparaison entre exploitations des pressions exercées sur l'eau pour des échantillons les plus larges possible. Il faut aussi admettre que partie des enquêtés ont refusé de nous livrer tout ou partie des informations nécessaires au calcul des IFT Herbicides (H) et Hors Herbicides (HH) : 6 ne nous partageant aucune des informations nécessaires ; 5 ne nous fournirent pas d'informations pour les IFT H du blé, 7 pour les calculs d'IFT HH sur blé, 9 pour les calculs d'IFT H sur colza, et enfin 6 pour les IFT HH du colza. Concernant les refus totaux, il s'agissait de 2 systèmes de grandes cultures et 4 polyculteurs éleveurs qui indiquaient que « *leurs systèmes de culture, essentiellement composé de plantes fourragères, ne requéraient pas d'herbicides* ». Vérification faite des rotations déclarées par les exploitants ne nous permettant pas de calculer tout ou partie des IFT, il s'agissait d'exploitants pratiquant les rotations suivantes :

	Rotation principale		Rotation secondaire	
	Rotations	Effectif (n)	Rotations	Effectif (n)
Grandes cultures	3_ZBO	2	3_ZBO	1
	5_ZBPBO	1	4-ZBOT	1
Polyculture élevage	2_MB	1	3_MBO	2
	2_OG	1		
	3_ZBO	1		
	5_BBBBB	1		

Si en grandes cultures certains ne nous ont pas permis de calculer l'IFT, leurs rotations restaient cependant relativement banales à base de colza voire de tournesol dont il nous est donné de connaître par ailleurs les valeurs d'IFT grâce aux autres enquêtés ayant répondu. Plus problématique est le groupe des polyculteurs-éleveurs dont certains reconnaissent conduire du blé d'hiver en monoculture ou des rotations biennale ou triennale avec maïs. Et ce d'autant que les quatre exploitations élèvent des bovins (n=3) ou ont un ateliers avicole (n=1) pour lesquelles la culture maïs peut alors être conduite avec des ITK parfois similaires à ceux de grandes cultures (et conventionnels). Pouvant tous contribuer aux pressions exercées territorialement sur les ressources naturelles, ils ne pourront cependant pas participer de l'analyse des pressions phytosanitaires.

Indices de fréquence de traitements (IFT) : à partir de l'ensemble des 68 exploitants ayant partagé en tout ou partie leurs informations parcellaires, et après exclusion des exploitations en AB, les IFT de 8 cultures différentes ont pu être calculés. Les valeurs moyennes et médianes de ces IFT ainsi que les écart-types et la taille des sous échantillons vous sont indiqués ci-après. Il est à noter que parce que les distributions n'étaient quasiment jamais normales, les valeurs médianes devront être préférées aux valeurs moyennes.

Cultures	IFT H			IFT HH		
	Moyenne (± écart type)	Médiane	Effectifs	Moyenne (± écart type)	Médiane	Effectifs
Blé d'hiver	1.94 (±1.43)	1.43	55	2.47 (±1.30)	2.13	52
Orge d'hiver	1.41 (±0.86)	1.23	46	2.09 (±1.03)	1.83	46
Colza d'hiver	1.80 (±0.87)	1.66	51	3.97 (±2.23)	3.32	54
Mais (fourrager comme grain)	1.42 (±1.50)	1.00	15	1.25 (±0.35)	1.25	2
Tournesol	1.49 (±0.80)	1.72	12	1.30 (±0.58)	1.37	5
Pois	3.20 (±2.55)	2.60	3	4.39 (±2.43)	4.27	4
Betterave sucrière	6.89		1	5.19		1
Carotte	4.97		1	2.00		1
	Grandes cultures		Polyculture		Polyculture élevage	
	IFT H	IFT HH	IFT H	IFT HH	IFT H	IFT HH
Blé d'hiver	2.02 (±1.56)	2.47 (±1.37)	1.44 (±0.96)	2.09 (±1.02)	1.78 (±0.86)	4.34 (±2.41)
Orge d'hiver	2.53 (±1.11)	3.43 (±1.53)	2.04 (±0.56)	2.50 (-)	2.26 (±0.59)	2.39 (±0.89)
Colza d'hiver	1.36 (±0.86)	2.13 (±0.87)	1.18 (±0.87)	2.03 (±1.15)	1.73 (±1.02)	3.49 (±1.71)

Entre systèmes, pour les trois cultures présentant des effectifs suffisant à une analyse de la variance, l'absence de différences significatives paramétriques comme non paramétriques indique que les IFT H et IFT HH sont tous deux identiques entre systèmes. Ainsi au sein de la Vanne et pour l'échantillon enquêté, seules les valeurs moyennes par culture, tous systèmes confondus, peuvent être utilisées. Les valeurs ainsi obtenues ont alors été comparées aux valeurs régionales⁶, seules références disponibles à ce jour par culture.

Régionalement, les IFT H et IFT HH de référence sont respectivement pour Champagne Ardenne et la Bourgogne:

- De 4.35 et 1.71 (total = 6.06) et de 3.84 et 1.66 (total = 5.50) sur blé tendre d'hiver
- De 4.87 et 2.10 (total = 6.97) et de 5.70 et 2.12 (total = 7.82) sur colza

Nous l'avons signalé plus haut, parce que certains agriculteurs refusèrent de nous livrer partie de leurs ITK, certains IFT blé et/ou colza, H et/ou HH nous manquent. Cela concerne 19 exploitations en dehors des 6 ne nous ayant rien communiqué du tout. Pour imaginer classer les 50 (dont AB) + 18 = 68 exploitations pour lesquelles tout ou partie des IFT est disponible, nous avons décidé :

- de ne pas utiliser les IFT calculés à l'exploitation mais le ratio à l'exploitation entre l'IFT et sa valeur de référence (ainsi pour 4 valeurs d'IFT H et HH, blé et colza, d'une exploitation nous avons 4 ratio $R\text{-IFT}_{H\text{ blé}}$, $R\text{-IFT}_{HH\text{ blé}}$, $R\text{-IFT}_{H\text{ colza}}$ et $R\text{-IFT}_{HH\text{ colza}}$. Ils sont calculés séparément selon les références champenoise et bourguignonne et une moyenne est obtenue
- de créer une variable unique de pression phytosanitaire pour toutes ces exploitations en calculant la moyenne des ratios R-IFT obtenus plus haut. Cette variable tend alors à indiquer la propension d'une exploitation à dépasser ou non la valeur de référence, indépendamment du fait que ce soit sur blé ou sur colza, de l'IFT H ou HH. Certains pourraient critiquer cette variable PROXI parce qu'un effet année à pression

⁶ DRAAF, valeurs Champagne Ardenne et Bourgogne, référentiel 2008

parasitaires ou salissement faibles pourrait faire croire à des applications très réduites par rapport à la référence (ratio IFT réel / IFT référence très <1) et inversement. Cette critique serait juste, mais de rappeler ici que notre objectif n'est pas de juger des IFT₂₀₁₁₋₂₀₁₂ par rapport à leurs références régionales mais de caractériser le gradient des IFT₂₀₁₁₋₂₀₁₂, des pressions pouvant exister au sein de notre échantillon d'exploitations enquêtées.

A partir des 4 valeurs de R-IFT, une classification ascendante hiérarchique a été conduite. Parce qu'une exploitation particulière présentait des valeurs R-IFT toujours supérieures à 2 ou plus, elle a été exclue le temps de la CAH car considérée comme exploitation à pratiques aberrantes. Le descriptif des 6 classes d'exploitations est donné ci-dessous. Il est à noter que l'exploitation aberrante présentant les mêmes traits que celles composant la classe 1, mais avec des valeurs supérieures, elle a été distribuée a posteriori au sein de cette classe.

Tableau 33 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe d'IFT

N° classe	(n)	R-IFT _{blé H}	R-IFT _{blé HH}	R-IFT _{colza H}	R-IFT _{colza HH}	R-IFT _{moy.}
1	11	0.33	2.21	0.37	2.75	1.46
2	10	0	0	0	0	0
3	6	0.97	1.31	0.40	1.28	1.02
4	20	0.40	1.01	0.27	1.45	0.81
5	3	0.18	1.18	0.62	1.70	0.94
Grandes médianes		0.31	1.19	0.29	1.33	0.90
(n)		50	50	50	50	50

La classe 1 correspond aux exploitations dont les R-IFT H et HH du colza comme du blé sont supérieurs aux grandes médianes annuelles ; ces deux cultures sont pour ces exploitations des cultures de rente principales qu'il semble important de protéger voire surprotéger (en fongicides/insecticides). Pour ces exploitations, le problème majeur semble être les maladies et insectes ravageurs ou, s'ils ne sont pas problématiques, cela signifie que la prise de risque en matière de protection des cultures est nulle. Les exploitations concernées appliquent des doses homologuées, voire multiplient les passages, les molécules. De fait leur R-IFT_{HH} moyen est largement supérieur à 1 ; elles apparaissent conventionnelles voire intensives. Leurs rotations de prédilection sont 3_ZBO (70% des exploitations) puis des rotations du type 5_ZTBOO ou encore 5_ZTMBO.

La classe 2 correspond aux exploitations en AB et n'ont de fait aucune valeur d'IFT calculée.

La classe 3 semble miser beaucoup plus sur les cultures céréalières du fait qu'elle les protège de telle sorte que l'IFT est proche de la référence transrégionale ; ce qui n'est pas le cas du colza. On entend par céréales les blés et les autres céréales (hors orge) tel le triticale, le seigle, ... et le maïs. Cela est vérifié par les rotations de prédilection de cette classe : de fait si 40% des exploitations présentent des rotations du type 3_ZBO, on trouve aussi 3_ZBC ou encore 5_MMMMM. En outre, les exploitations démontrent de valeurs médianes très proches des grandes médianes, les couvertures phytosanitaires étant appliquées à la hauteur des IFT régionaux, peut être des recommandations. En outre, cette classe est celle contenant le plus d'agriculteurs disant ne pas adapter leurs pratiques en fonction des types de sols cultivés.

La classe 4 présente des exploitations pour lesquelles les valeurs médianes de R-IFT sont proches des grandes médianes mais leur restent inférieures ; elles appliqueraient de fait l'ITK médian annuel du territoire ce qui correspondrait à une agriculture raisonnée. Parmi les 20 exploitations, 17 se disent en système raisonné et déclarent adapter leurs pratiques (surtout TCSL et SD), ce qui expliquerait un $R-IFT_{blé_H}$ élevé. Il pourrait s'agir de situations proches de celles de la classe 3 mais avec un raisonnement plus poussés qui conduirait à une réduction des IFT, Il pourrait aussi s'agir de situation où les protections phytosanitaires sont moins cruciales du fait d'une autoconsommation des productions (élevage) ; cela s'avère vrai du fait que cette classe comporte la plus grande part des polyculteur éleveurs. La gamme de rotations identifiée au sein de cette classe est essentiellement à base de blé et d'oléagineux : 2_ZB, 3_ZBO, 3_ZBB, 4_ZBBB, 4_ZTBO, 5_ZBTBO...

Enfin la classe 5 ressemble fortement à la classe 4 mais diffère du fait (a) que les R-IFT du blé sont bien moins élevés à l'inverse de ceux du colza. Il semble donc qu'il s'agissent d'exploitations en agriculture raisonnée (100%) qui jouent sur autre chose que sur les techniques simplifiées sans labour et donc sur les traitements herbicides en blé. En l'occurrence, elles ont adopté des pratiques de modulations azotées plutôt que de simplification du travail du sol. Par contre leurs efforts et investissements se portent plus sur la culture colza pour laquelle ils conservent des R-IFT très élevés, conventionnels.

Tableau 34 : Table des classes d'IFT

N° classe	Descriptifs	(n)
Classe 1	Colza, blé de rente sous pratiques conventionnelles intensives	11
Classe 2	Systèmes en AB	10
Classe 3	Systèmes céréaliers à protections conventionnelles	6
Classe 4	Système SCOP et fourrager raisonné en TCSL et SD	20
Classe 5	Colza de rente sous pratiques conventionnelles	3

Après obtention de ces classes à partir de l'échantillon (n=50) des agriculteurs ayant accepté de nous livrer leurs ITK relatifs au blé et au colza, nous avons entrepris de distribuer au sein de chacune des 5 classes obtenues, les exploitations pour lesquelles l'information était partielle. Cela concernait 18 exploitations qui ne nous fournissent (quelle qu'en soit la raison) que partie des données nécessaires aux calculs des IFT. Cependant la majorité (94%) d'entre eux, disposaient souvent de 2 (n=11), mais aussi de 3 (n=8) des 4 R-IFT attendus. Nous avons donc re-analysé les valeurs de R-IFT disponibles pour ces exploitations, les avons opposés aux valeurs médianes des 5 classes distinguées et avons cherché à distribuer ces exploitations au sein des classes selon la méthode du proche voisin. Parce que pour 8 des 19 exploitations nous disposions de 3 des R-IFT sur 4, la tâche a été relativement aisée. Pour les 11 restants, nous avons en sus considérés leur balance azotée et l'indice de gestion des intercultures. Au total parmi les 18 exploitations incomplètes, 7 ont rejoint la classe N°1, 3 la classe N°3, 7 la classe N°4, et 1 la classe N°5. L'échantillon ainsi classé est alors de n=68 exploitations.

La répartition géographique des 5 classes d' « IFT » des exploitations agricoles vous est présentée au sein de la figure 57.

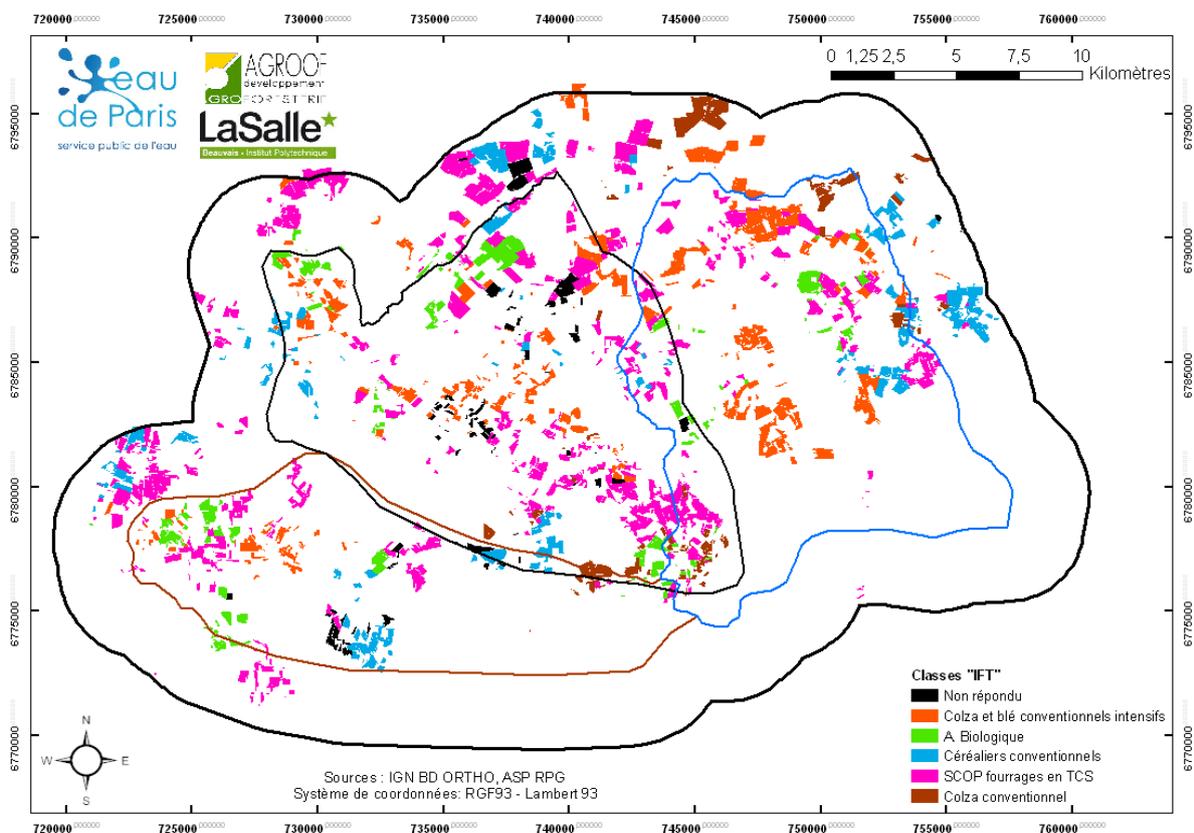


Figure 57 : Cartographie des 5 classes d' « R-IFT » identifiées

Balance azotée (BN) : à partir des rendements déclarés par les enquêtés pour la campagne 2011-2012, mais aussi de la taille et de la nature des cheptels, des modes de gestion des effluents comme des intercultures, la balance azotée à l'échelle de l'exploitation a pu être calculée pour les 74 exploitations enquêtées.

La valeur de la balance azotée, toutes exploitations considérée, est comprise entre -44 à +157kgN/ha, indiquant un déficit azoté à l'hectare dans le premier cas (les exportations sont supérieures aux apports), des apports excessifs aux vues des exportations azotées dans le second cas. Pour ce dernier, un excès de 157 kgN/ha pourrait signifier un apport proche du double de ce qu'il est généralement nécessaire d'apporter sur sols argilo-calcaire à silex pour le blé tendre d'hiver !

Si ce cas est isolé, 80% des exploitations se situent dans une fourchette comprise entre -4 et 99 kgN/ha signifiant une tendance territoriale forte à une gestion azotée suboptimale. La distribution des fréquences étant normale ($W=0.993$, $p\text{-value} = 0.953$), la moyenne a été calculée ; elle est de $+ 49.6 \pm 40.4$ kgN/ha.

L'analyse de l'effet « système de culture » sur la balance azotée montre qu'il n'y a aucune différence significative entre systèmes de cultures ($ddl = 72$, Fischer ratio = 1.40, $p\text{-value} = 0.25$). L'opposition de l'occurrence des principales têtes de rotation, du blé et

de l'orge à la balance azotée par une procédure de modélisation linéaire généralisée (GLM model / OLS model) montre qu'aucune des occurrences n'est liée à la balance azotée ; cela indique que quelque que soit la sole par culture au sein des exploitations, les quantités apportées sont généralement en excès (une valeur de +30 kgN/ha étant considérée comme courante en France). A ce stade de l'analyse de la BN et sans disposer d'informations recueillies autres nous permettant d'interpréter celle-ci, la balance azotée ne peut être discutée plus avant et les résultats seront utilisés en l'état lors de la classification des exploitations entre elles.

Mode de gestion des pailles et intercultures (GI) : était demandé aux exploitants d'indiquer pour chacune de leurs cultures les dates d'implantation, de récolte, le devenir des pailles, comme d'indiquer si une plante de service était implantée, quand et comment elle était détruite. A partir de ces informations, à la culture puis à l'exploitation, et selon la méthode du DAEG⁷, un indice de bonne gestion des intercultures était calculé. Cet indice est compris entre 0 et 5, et indique une gestion d'autant plus à risque pour les sols comme pour l'eau lorsque cet indice croît.

A partir des 74 exploitations enquêtées, les valeurs d'indice de gestion des intercultures montrent que les exploitants pratiquent généralement (à 72%, n=54) une bonne gestion des intercultures (indice ≤ 1); on entend par là, aux vues de la méthode de calcul de l'indice, qu'ils implantent régulièrement des intercultures de sorte de ne pas laisser aux périodes désignées « à risque » une trop grande proportion de sols nus. Alors qu'à l'opposé, ils sont 2 à pratiquer une mauvaise gestion des intercultures (indice ≥ 3); concernant ces derniers, leurs rotations principales comprennent deux voir trois têtes de rotation sur ans (5_ZTMB0 ou 5_IMBPB) dont au moins deux cultures de printemps se succédant. Les exploitations restantes (n=18) présentent un indice de gestion des intercultures d'indice 2, c'est-à-dire une gestion des intercultures moyennement à risque.

En conclusion de quoi, l'échantillon enquêté présente dans sa majorité une relativement bonne gestion des intercultures. Par type de système, 58% des éleveurs ont une « bonne » gestion de leurs intercultures quand les grandes cultures et les polyculteurs sont respectivement 76 et 80% à démontrer d'une « bonne » gestion des intercultures (indice ≤ 1).

Concernant les pailles, par système de culture, ils sont 8 (17%), 2 (40%) et 15 (79%) respectivement en grandes cultures, polyculture et élevage à exporter leurs pailles. Une majorité (79%) des éleveurs exportent donc, alors que très peu de systèmes grandes cultures (15%) ne le font. A l'inverse, 21 exploitants (44%), 2 (40%), 0 respectivement en grandes cultures, polyculture et élevage enfouissent (labour) leurs pailles. Les exploitations restantes les laissant sur place (19, 1, 4 exploitants respectivement en grandes cultures, polyculture et élevage) sans labourer.

A partir des deux notes de balance azotée (BA) et de gestion des intercultures (GI), les 74 exploitations constituant l'échantillon ont été classées parmi quatre classes distinctes. Les valeurs moyennes (écart type) de chacune des classes et la distinction de significativité du test de Fischer sont présentées dans le tableau ci-dessous.

⁷ DAEG : Diagnostic Agro-environnemental Géographique, Agroturfert Recherche et Territoire

Tableau 35 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe de balance azotée et de gestion des intercultures (BN-GI)

	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4	
	Moyenne (écart type)		Moyenne (écart type)		Moyenne (écart type)		Moyenne (écart type)	
Effectifs	20		25		14		15	
BA	51.0 (5.5)	(b)	49.4 (10.4)	(b)	- 4.06 (21.1)	(c)	98.0 (24.5)	(a)
Gi - 0	0		0		1		0	
Gi - 1	0		25		13		15	
Gi - 2	18		0		0		0	
Gi - 3	1		0		0		0	
Gi - 4	1		0		0		0	

Concernant les valeurs de BA et GI, nous proposons d'identifier à ce stade de l'analyse les quatre classes telles que :

Tableau 36 : Table des classes BN – GI

N° classe	Descriptifs	(n)
Classe 1	Stratégie N excédentaire et mauvaise gestion des intercultures	20
Classe 2	Stratégie N excédentaire mais bonne gestion des intercultures	25
Classe 3	Stratégie N raisonnée et bonne gestion des intercultures	14
Classe 4	Absence de stratégie azotée malgré une bonne gestion des intercultures	15

La répartition géographique des 4 classes des combinaisons « BN - GI » des exploitations agricoles vous est présentée au sein de la figure 58.

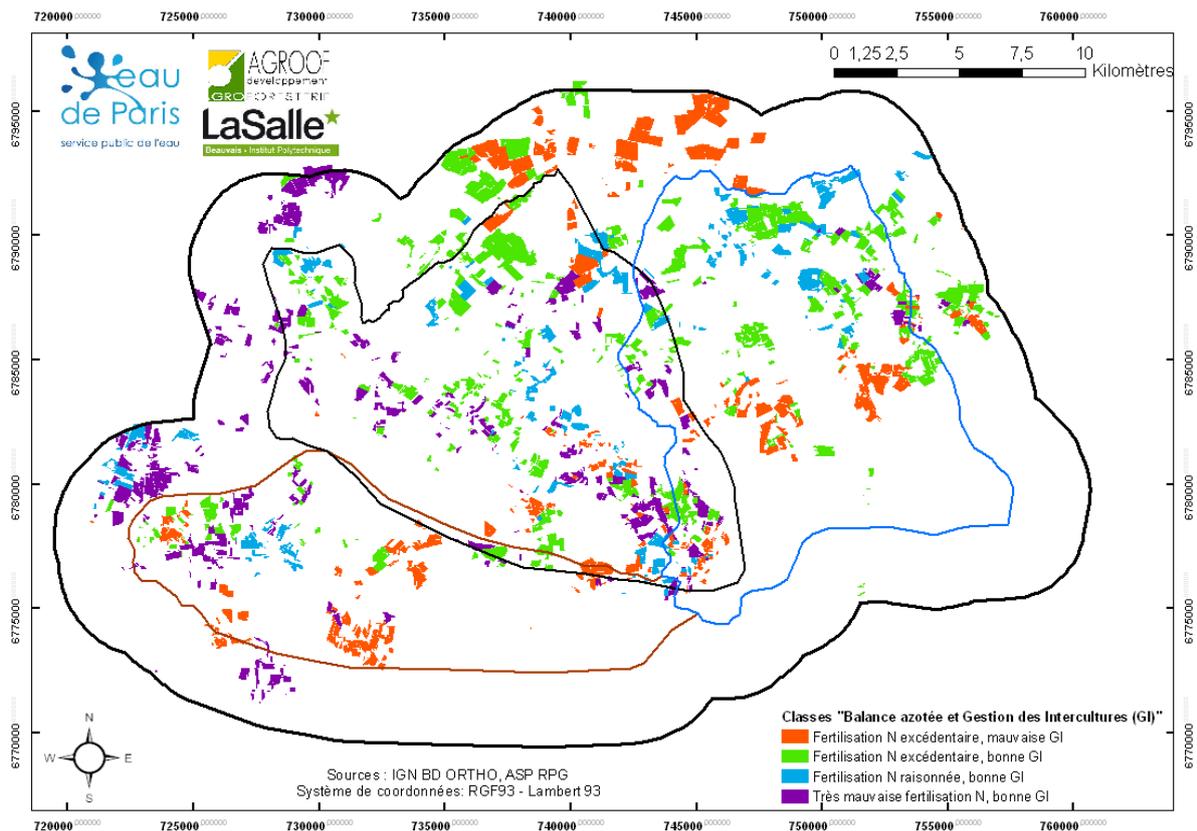


Figure 58 : Cartographie des 4 classes des combinaisons « BN - GI » identifiées

Gestion des risques ponctuels : Pour considérer en sus d'éventuels risques de pollution ponctuelle, étaient demandé aux enquêtés s'ils disposent d'une aire de remplissage et quelle en est la nature, comment les fonds de cuve sont gérés et s'ils disposaient d'un local phytosanitaire aux normes.

Concernant l'aire de remplissage, 5 exploitants ont refusé de nous répondre et ne nous ont pas autorisé à visiter cette partie de leur corps de ferme ; Pour les autres, 6 (9%) disposaient d'une installation complète avec dispositifs anti-retour et anti-débordement ; 3 (4%) disposaient d'une simple aire bétonnée et enfin, 60 soit 87% de ceux nous ayant répondu déclarent ne pas avoir d'aire spécifique à ces opérations.

Parmi les 74 exploitations, 8 intégralement en AB se sont déclarées « non concernées » à la question de la gestion des fonds de cuve. A côté de ceux-ci 5 exploitants ont refusé de nous répondre. Pour les 61 exploitants restant, 100% déclarèrent épandre leurs fonds de cuve au champ.

Enfin, ils sont 65 à nous avoir répondu concernant le local phytosanitaire (8 AB et 1 non répondant ne sont pas pris en compte) et 62 (95%) d'entre eux déclarent disposer d'un local aux normes quand 3 nous disent ne pas en disposer.

Pour ces derniers points, la majeure partie des exploitants enquêtés nous ayant autorisé avec ou sans eux à visiter leur corps de ferme à l'issue de l'entretien, ils ont pu être vérifiés in situ par les enquêteurs.

3.6. De la priorisation des enjeux et de la stratégie de gestion des exploitations

Afin de déterminer de ce qu'est et sera les priorités de l'agriculture, nous avons demandé aux agriculteurs de prioriser 9 enjeux donnés en leur accordant une note d'importance allant de 1 (primordial) à 3 (non prioritaire). Ces neuf enjeux concernent neuf aspects et challenges souvent considérés comme importants (Prevaltera, 2011). Les exploitants déclaraient alors que ces enjeux étaient propres ou non à l'agriculture d'aujourd'hui et de demain : « produire pour nourrir », « produire pour être rentable », « conserver l'outil de production sols », « être propriétaire de ces terres », « produire tout en protégeant la ressource eau », « produire avec et pour la biodiversité », « produire et faire produire localement », « partager l'agriculture avec la société civile ».

Il faut savoir qu'avant de pratiquer ce classement aux agriculteurs, une question ouverte leur permettant de citer (sans être influencé) ce qu'ils considéraient être le(s) enjeu(x) de l'agriculture pour demain était conduite. Elle permet de préciser le classement déclaré par les exploitants lorsque ceux-ci déclaraient deux enjeux comme prioritaires (ou secondaires voire non prioritaires) en considérant que s'ils les citaient par eux-mêmes avant de leur proposer, ceux-ci étaient prioritaires (dans le cas où ils les classeraient par la suite secondaires ou non prioritaires) et inversement. Enfin, pour éviter toute mésinterprétation, il leur était demandé d'explicitier ce qu'il indiquait être un enjeu pour l'agriculture.

Nous attendons de ces notes octroyées par enjeu, la possibilité de dégager la perception qu'ont les agriculteurs de leur métiers, de l'agriculture en générale comme l'idée qu'il sont de ce que l'agriculture est et/ou devra être demain. En parallèle, d'autres critères tels la durée sur laquelle leur système est réfléchi, le type d'agriculture qu'ils disent pratiquer, leur niveau de recours aux outils et/ou service de diagnostic des performances etc. sont pris en compte de sorte de pouvoir au moins pour partie appuyer l'interprétation comme vérifier les classes de perception de l'agriculture que nous proposerons.

De la méthode de classification, 6 classes « Enjeux et stratégies » ont été obtenues. Parce que 2 groupes présentent des effectifs réduits (inférieur à 3), le nombre de classe a été augmenté par rapport à ce qu'y était demandé jusque là. Le tableau de contingence correspondant vous est communiqué ci-dessous ; il est accompagné des effectifs par classe pour des variables de vérification et d'aide à l'interprétation telles que (i) le type d'agriculture aujourd'hui menée sur l'exploitation, (ii) la durée sur laquelle la gestion de l'entreprise est pensée, (iii) les moyens agrotechniques envisagés pour faire face au changement futur au sein des exploitations, ou encore (iv) les systèmes d'exploitation envisagés dans un avenir proche.

Parce que l'ordre de priorisation livré par les exploitants concerne de grands enjeux socio-écologiques, l'interprétation qui peut en être faite nécessite de considérer tant les aspects agrotechniques, que socio-environnementaux voire de garder en tête les réalités des marchés et filières comme de tenir compte de la situation des exploitants agricoles aujourd'hui. Lors de l'interprétation, conduite de la manière la plus objective possible, seules les réponses obtenues ont guidé la description des classes constituées. Par contre au moment de nommer ces classes, nous avons pu faire preuve d'une certaine part de subjectivité et nous sommes conscients qu'avoir travaillé ainsi pourrait conduire à une mésinterprétation. Aussi, nous encourageons le lecteur à se forger lui-même sa propre opinion, qu'il pourra nous opposer le cas échéant.

Concernant la classe 1, l'enjeu premier est de nourrir tout en préservant les ressources sols, eau et foncière. Rien d'autre n'est prioritaire. Les exploitants y appartenant semblent recentrés sur le moyen de production "SAU-terres". Ils pratiquent majoritairement une agriculture raisonnée qui ne laisse pas une grande marge de manoeuvre en termes d'adoption de pratiques innovantes (on considèrera qu'il devient de plus en plus difficile d'innover quand on est déjà soi-même innovant). Et ils ne s'accordent la possibilité d'envisager que des solutions agrotechniques déjà disponibles, éprouvées, visibles sur le territoire. Par contre ils ne s'intéressent pas aux enjeux plus globaux, territoriaux et le socio-écosystème les accueillant semble leur importer peu. Plus surprenant, ils disent vouloir produire i.e. nourrir sans pour autant considérer immédiatement les aspects économiques de cet activité (classée secondaire). Enfin, leur gestion de l'exploitation se ferait sur le moyen terme.

Tableau 37 : Table des effectifs des exploitations agricoles par classe d'enjeu et stratégie

		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Effectifs		9	22	3	2	24	14
Variables / critères	Modalités						
Enjeux <i>(1= prioritaire 2= secondaire 3= indifférent)</i>	Nourrir	1	1	1	2	1	1
	Economique	2	1	1	3	1	1
	Sols	1	2	1	3	1	1
	Foncier	1	3	2	3	3	1
	Eau	1	2	1	3	1	2
	Paysager	3	2	2	2	1	1
	Biodiversité	2	2	2	3	1	1
	Proximité	2	3	1	3	1	2
	Image	2	1	1	2	1	1
Agriculture type actuelle	AB	2			1	6	1
	Intégrée					3	1
	Raisonnée	6	19	2	1	12	10
	Conventionnelle	1	3	1		3	2
Durée gestion	CT (≤3 ans)	3	7	1		4	3
	MT (4-7 ans)	2	12	2	2	7	6
	LT (≥7 ans)	4	3			13	5
Moyens agro-techniques envisagés	Aucun	4	9		1	10	6
	Retraite		1				1
	Intensifier		2	1			
	Intrants (-)	2	1			4	2
	Phyto (-)					1	
	A raisonnée						1
	TCSL		4			3	
	SD		2	1		2 (1 SDSCV)	2 (1 SDSCV)
	TCSol		1			4	
	BH	1	1			1	
	Haie					1	
	AForesterie					1	1
	Enherb ^t						1
	Boisement	1		1 (TTCR)			
	AB	1			1	3	1
Autres		1					

(AB = agriculture biologique ; CT = court terme, MT et LT = moyen et long terme ; A raisonnée = agriculture raisonnée ; intrants et phyto (-) = réduction d'intrants (fertilisants et phytosanitaires), de phytosanitaires ; TCSL = technique culturale sans labour ; TCSol = technique de conservation des sols ; BH = bande enherbée ; AForesterie = agroforesteries ; Enherb = (re)enherbement ; SDSCV = semis direct sous couvert végétal)

La classe 2 n'a pas d'autre priorité que de produire pour nourrir, en étant économiquement performante ; l'image qu'elle recherche est celle du service nourricier de l'agriculture pour la

société comme pour elle-même. Déclarés en agriculture conventionnelle à raisonnée, la marge de manoeuvre pour innover est forte ; cependant la majeure partie n'envisage pas de changer de modèle de production ou tolérerait des alternatives non contraignantes, qui ne perturberaient que très peu le système d'exploitation actuel, son revenu. Leur mode de gestion semble établi à court-moyen terme ce qui souvent nécessite des moyens d'adaptation plus performants. Ces agriculteurs semblent être tout autant producteurs qu'entrepreneurs agricoles.

La classe 3, du fait de sa taille réduite apparaissent intermédiaires aux deux premières du fait que nourrir et être performant économiquement priment ; mais priment aussi les moyens de production "SAU-terres" comme pour la classe 1. En outre, ils semblent sensibles à la qualité de l'eau (bien commun) aux enjeux de proximité comme d'image. Nous en concluons qu'ils seraient bien plus ancrés dans le territoire qui les héberge. Pratiquant les agricultures conventionnelle et raisonnée, leur marge de manoeuvre pour l'adoption à l'innovation reste forte ; et ils démontrent d'un mode de gestion à moyen terme. Par contre les quelques innovations qu'ils envisageraient seraient sans conséquences majeures sur leur outil de production et viseraient à plutôt intensifier leur système ; ils pourraient être réfractaires à toutes les autres alternatives listées.

La classe 4 est encore plus réduite et son interprétation doit être prise avec précaution. Aucun enjeu à leurs yeux n'est important ! Cela peut signifier que les 2 exploitants ont un tout autre mode de pensées, mais cela peut aussi vouloir dire qu'ils n'ont pas voulu répondre honnêtement au questionnaire. Ne disposant pas de moyens qui nous permettrait de tester la seconde hypothèse, nous considérerons que la première est juste. Ces deux exploitants présentent une marge de manoeuvre en terme d'innovation moyenne à faible et gèrent leur exploitation sur le moyen terme. Parce que l'un est en AB et que l'autre l'envisage, ils ne proposent pas d'autres alternatives ou seulement l'AB, paraissant en cela quelque peu radicaux, extrêmes.

A l'opposé de cette classe 4 qui ne priorise aucun des enjeux cités, la classe 5 considère tous les enjeux prioritaires (sauf l'enjeu foncier estimé non prioritaire, alors qu'ils ne présentent pas un taux de propriété foncière de leur SAU différent de celle des autres groupes – résultat non montré) ; en cela cette classe met à égalité « nourrir, économique... » comme « paysage, biodiversité, eau... » ou encore « proximité ». Elle semble accorder autant de crédit à des biens/ressources de l'exploitation que du territoire, et peut donc être considérée « territoriale ». Sa gestion s'inscrit sur un pas de temps allant de moyen à long, mais sa capacité d'adoption de l'innovation est faible. En effet, si 12 exploitants sont en A raisonnée, 3 se disent en A intégrée quand 6 sont en AB. Il s'agit donc d'exploitations ayant déjà ou prêtes à passer le cap de la gestion intégrée ET territoriale de leurs exploitations. D'ailleurs parmi les alternatives qu'ils déclarent envisager, on retrouve alors des infrastructures agroécologiques type haie, agroforesterie, ré-enherbement mais aussi les techniques de conservation des sols et l'AB. On oubliera pas cependant de dire que 10 d'entre eux, s'ils jugent les enjeux importants, ne veulent envisager aucune alternatives... mais n'oublions pas qu'ils sont déjà actuellement 6 en AB et 3 en protection intégrée (cqfd).

Enfin la classe 6, semble présenter le même genre de combinaison que la classe 5, faisant des exploitations des lieux où la prise de conscience de ces enjeux n'est pas un vain mot. Par contre, les enjeux « eau » et proximité, qui comme paysage et biodiversité sont relatifs à des biens communs, sont considérés secondaires. En outre, parce qu'ils sont 10 exploitants actuellement en A raisonnée et 1 seul en AB, et que les alternatives qu'ils envisageraient

sont relatives à l'agriculture raisonnée ou n'induiraient pas de changement de pratiques agricoles conséquents (passage à l'ARaisonnée, SD, Intrants (-), ...), ils semblent moins disposer à de grands changements, plus réfractaires en ce qui concerne les systèmes de cultures. Par contre, ils pourraient présenter une certaine propension à tolérer des aménagements pérennes mais peu encombrant, ne remettant pas en cause en profondeur leur système de cultures. Deux d'entre eux envisagent l'agroforesterie et/ou l'AB ; cela serait en lien avec leur gestion de l'exploitation qui s'inscrit plutôt sur du moyen-long terme.

A partir de ces premières observations, nous proposons d'identifier à ce stade de l'analyse les six classes « enjeux et stratégie » telles que :

Tableau 38 : Table des classes enjeux et stratégie

N° classe	Descriptifs	(n)
Classe 1	<i>Exploitants producteurs, centrés sur leur exploitation, peu amènes au changement et frileux vis-à-vis des innovations</i>	9
Classe 2	<i>Exploitants entrepreneurs, productivistes et court-termistes des filières et marchés, grandement réfractaires au changement</i>	22
Classe 3	<i>Exploitants producteurs, centrés sur leur exploitation mais conscients des contraintes de territoire, réfractaires au changement</i>	3
Classe 4	<i>Exploitants AB convaincus refusant toutes autres alternatives</i>	2
Classe 5	<i>Exploitants innovateurs convaincus d'une agriculture de territoire et de proximité, propices aux alternatives de long terme</i>	24
Classe 6	<i>Exploitants producteurs territoriaux, non complètement réfractaires aux alternatives de long terme mais prônant l'ARaisonnée</i>	14

Remarque : le terme « territorial/territoire » utilisé ici a une signification différente selon la classe considérée : si pour le groupe 5, il équivaut à « territorial », c'est-à-dire dont la perception, la vision et le mode de gestion des exploitants visent à respecter voire favoriser le fonctionnement du territoire, il fait écho, pour les classes 3 et 6 aux aspects administratifs, contractuels territoriaux qui pourraient s'imposer aux exploitants et seraient donc perçu plus comme une contrainte qu'un objectif partagé. Mais là aussi, une certaine subjectivité pourrait entacher nos conclusions, et l'analyse d'autrui serait enrichissante.

La répartition géographique des 6 classes de la « enjeux et stratégie » des exploitations agricoles vous est présentée au sein de la figure 59.

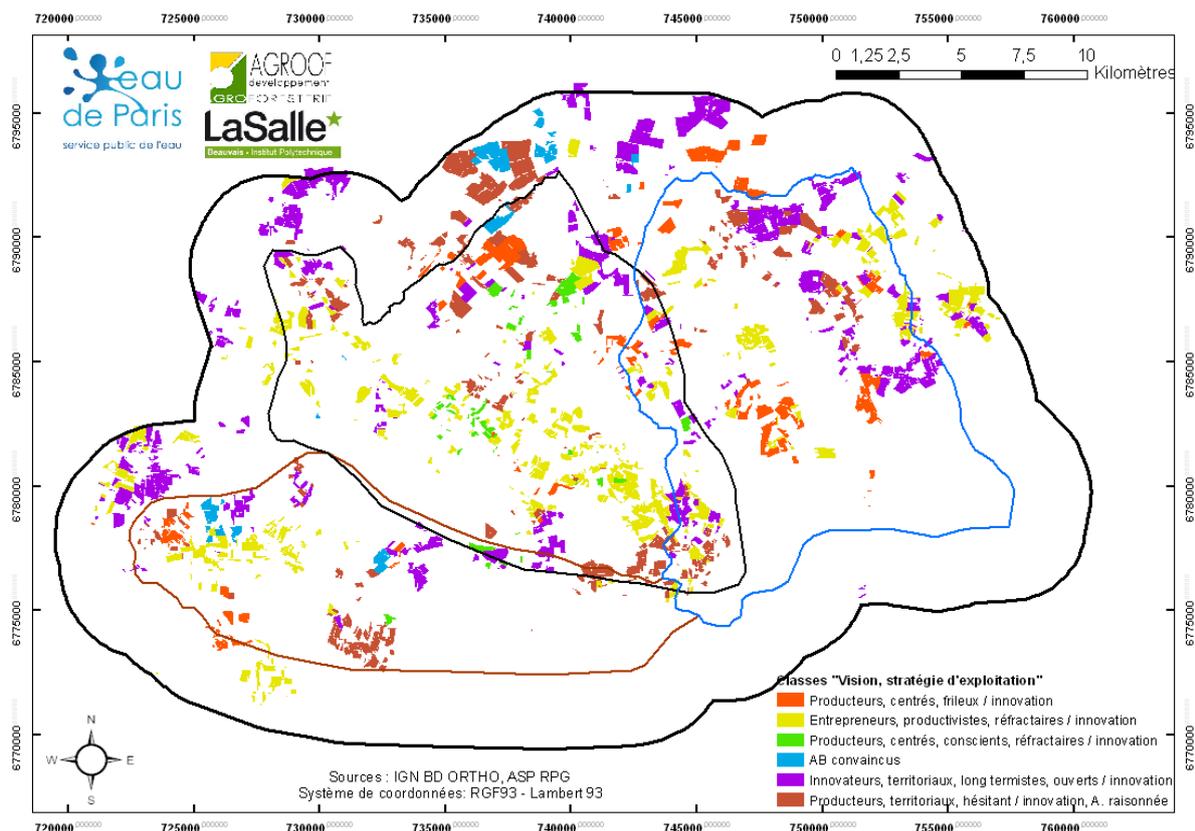


Figure 59 : Cartographie des 6 classes de la « enjeux et stratégie » identifiées

3.6. De la place de l'arbre et des aménagements agroforestiers, et du potentiel d'adoption des agroforesteries

Dernière analyse thématique envisagée au sein de ce rapport, elle concerne dans un premier temps les choix passés faits par les exploitants en termes de gestion des infrastructures agroécologiques (IAE) sur leur exploitation. Cette première analyse est faite à partir de diverses informations et réponses obtenues antérieurement, lors de l'enquête, à la présentation par l'enquêteur de ce qu'est l'agroforesterie, ses limites et avantages, les modalités de sa mise en place. Dans un deuxième temps, à partir des réponses obtenues consécutivement à la présentation lors de l'enquête du diaporama relatif à l'agroforesterie, nous analyserons le niveau d'acceptabilité des agroforesteries par les exploitants.

Des aménagements d'hier et d'aujourd'hui : 46 (62%) des 74 exploitants déclarent disposer au sein ou en périphérie de leur exploitations d'arbres. Les formes que prend cet arbre sont cependant différentes : pour 26% (n=12) d'entre eux, il s'agit de haies – puis de forêts (22%) et des deux haies-forêts (20%). Ensuite 13% (n=6) disent disposer d'arbres isolés quand 6% (n=3) possèdent un ou des vergers. Enfin, un exploitant déclare disposer de bandes enherbées. Le reste des exploitants présentent une gamme plus large où haies, forêts et arbres isolés sont en proportion plus ou moins importantes. Pour les 28 exploitants déclarant ne pas disposer d'arbres (quelle que soit la forme considérée), 15 d'entre eux (54%) reconnaissent avoir arraché des arbres sur leur exploitation et donc n'en disposeraient plus à ce jour.

Pour ceux (n=39) qui reconnaissent avoir retiré des arbres sur leur exploitation (indépendamment qu'ils en aient encore à ce jour), 56% (n=22) l'ont fait pour des raisons de gêne et de praticabilité des opérations agricoles, 26% (n=10) parce qu'un réaménagement

foncier agricole (RFA) a été conduit et 6 (15%) parce que les arbres étaient trop vieux. Le dernier dit l'avoir fait parce que trop peu d'arbres, isolés, étaient présents sur l'exploitation (...).

A l'inverse et en complément, il a été demandé aux exploitants de nous indiquer s'ils avaient récemment implanté des arbres et/ou des infrastructures agroécologiques sur leurs exploitations. 16 (22%) de la population enquêtée a répondu par l'affirmative. Les raisons de ces aménagements sont diverses : 5 pour des raisons esthétiques, 3 pour disposer d'un écran (visuel et/ou mécanique), 3 pour des raisons d'amélioration de la biodiversité (dont chassée), 2 pour des raisons administratives (SET, surface équivalent topographique), 2 pour disposer de pommes à cidre et enfin 1 parce qu'il souhaitait protéger une zone préférentielle d'infiltration (bétoire).

Qu'ils aient implanté récemment ou non, les exploitants déclarent ne pas valoriser les aménagements de leurs exploitations ; seuls 9 d'entre eux (12%) les valorisent en bois énergie et 4 (5%) du fait des productions fruitières réalisées.

Concernant la protection des zones préférentielles d'infiltration des eaux de ruissellement (bétoire), alors qu'ils étaient 54 à avoir déclaré précédemment ne pas rencontrer de bétoire sur leur exploitation, ils sont tout de même 15 (28%) à avoir aménager des zones d'infiltration pour protection (*Remarque : nous ne savons pas de quelle nature ces zones peuvent être ; cependant, seule la dénomination bétoire a été recensée y compris auprès de ces derniers*). Ils ont alors eu recours à des bandes enherbées (13 sur 15), des bandes enherbées couplées à une haie (1 sur 15) ou à l'enherbement (1 sur 15). Concernant maintenant ceux qui avaient reconnu disposer de bétoires (n=20), 7 ont implantées des bandes enherbées, 1 coupla bande enherbée et enherbement, 1 enherba la zone concernée, et 11 n'ont rien implanté (ce qui ne signifie pas qu'ils n'ont pas aménagé ces bétoires en ayant recours à des outils du génie civil, de l'hydraulique douce autres). De fait si on considère qu'en réalité, 20+15 = 35 exploitations hébergent une ou des bétoires (sur 74), 24 (66%) prétendent les avoir aménagé, principalement par des bandes enherbées, et 11 n'ont rien entrepris à ce jour (33%). Il faut cependant savoir que les bandes enherbées décrites font en général (80% des cas) 5m de large, les autres faisant 8m de large. Par contre lorsqu'elles sont enherbées ou aménagées avec haies et bandes enherbées, la largeur de l'enherbement est alors au moins de 20m voire totale sur la parcelle.

La question suivante concernait le jugement prononcé par (i) exploitants reconnaissant héberger une bétoire ET ceux (ii) ayant aménagé une zone d'infiltration sans pour autant avoir reconnu héberger de bétoire (soit n=35 au total),

- 34% (n=12) disent trouver un inconvénient à cet aménagement : 7 du fait des coûts d'entretien, 2 pour raison du coût d'implantation, 2 du risque d'infestation (salissement + pression ravageurs), et 1 pour la gêne occasionnée lors des opérations culturales – Parmi les 66% restant, 34% n'indiquent pas d'inconvénient et bien entendu 32% (n=11) n'ayant rien entrepris ne signalent aucun inconvénient.
- Enfin, parmi les 35 exploitants, lorsque leur est demandé si ces aménagements leur semble efficaces, seuls 14 répondent, dont 9 (26% des 35 concernés) indiquent les trouver efficaces.

De la perception et l'acceptation des agroforesteries : pour rappel, la SAU (ha) des exploitations enquêtées, est comprise entre avec une valeur moyenne et médiane de l'ordre de 171 et 151 ha. Ces exploitations présentent, quel que soit le système d'exploitation

considéré, un taux de propriété foncière unique de l'ordre de 40% ; bien entendu, il est compris entre 0 et 100%. Et aucune relation significative n'existe entre la SAU (ha) et le taux de propriété (ddl = 73, Fischer ratio = 0.217, p-value = 0.643).

Parmi les 74 exploitants interrogés, 82% (n=61) se disent libres de prendre des décisions concernant l'aménagement des parcelles contre 18% (n=13) qui déclarent dépendre d'un (de) propriétaire(s) foncier(s) pour ce faire. En outre, taux de propriété et taille d'exploitation (SAU) ne diffèrent pas significativement entre niveau de liberté dans la prise de décision d'aménager. La décision d'aménager ne devrait donc pas dépendre du taux de propriété ou de la SAU.

Juste avant la projection du diaporama concernant les avantages et inconvénients comme les modalités et possibilités d'implanter des systèmes agroforestiers, était demandé aux enquêtés s'ils connaissent l'agroforesterie (sous-entendu à lignes d'arbres intra-parcellaires et culture intercalée). Ils étaient alors 25 exploitants (34%) à déclarer connaître l'agroforesterie. Que ce soit le cas ou non, le diaporama leur était présenté.

- De la perception des agroforesteries :

Consécutivement à cette présentation, il était demandé, et dans l'ordre quels étaient selon eux les avantages, puis les inconvénients de (i) l'agroforesterie et (ii) des haies. Les questions étant ouvertes, de très nombreuses réponses, souvent plusieurs par exploitation, ont été obtenues. Que ce soit concernant les avantages ou les inconvénients, pour l'agroforesterie ou les haies, parce que par la suite elles ont été regroupées par grandes familles d'arguments, elles vous sont présentées dans la table ci après ainsi que les familles d'arguments au sein desquelles elles ont été redistribuées.

Tableau 39 : arguments et familles d'arguments favorables et défavorables vis-à-vis de l'agroforesterie et des haies avancés par les enquêtés

	Avantages		Inconvénients	
	Familles d'arguments	Arguments (ordre décroissant de citation)	Familles d'arguments	Arguments (ordre décroissant de citation)
Agroforesterie (ordre décroissant de citation)	SOLEAU (+)	Limite l'érosion ; limite le ruissellement ; favorable à la qualité des sols ; préserve l'humidité des sols ; retient l'eau du sol ; améliore la MO des sols ; favorable au système de culture	PRODUCTIVITE (-)	Perte de rendement ; sols pas favorables aux arbres et donc pas de revenu à attendre ; salissement et prédation, dégât du gibier accru ; compétition pour l'eau
	ENVIRO-TERRITOIRE (+)	Favorable à la biodiversité, chassée ou non ; améliore la qualité du paysage ; améliore l'image de l'agriculture en territoire	MECANISATION (-)	Gênes à la manœuvre ; travail du sol perturbé – plus de labour ; matériel inadapté et à changer ; charges de mécanisation accrue ; casse matériel
	TROUPEAU (+)	Favorable au bien être animal ; fait écran solaire	PARCELLAIRE (-)	Irréversibilité à long terme ; pour des grandes parcelles carrées ; perte de SAU de DPU
	REVENU (+)	Permet une diversification du revenu ; accroît le revenu ; production de biomasse / bois énergie	UTH (+)	Temps de travail (entretien) ; perte de temps
	INTRANTS (-)	Réduit la charge nécessaire en phytosanitaires ; réduit la fertilisation azotée ; procure des auxiliaires de culture ; fixe du carbone / limite les gaz à effet de serre ;	REVENU (-)	Sur le long terme ; rentabilité non prouvée ; quelle valorisation ?
Haie (ordre décroissant de citation)	ENVIRO-TERRITOIRE (+)	Favorable à la biodiversité, au gibier, aux insectes ; paysages améliorés ; corridors écologiques renforcés	COUTS (+)	Coûts d'entretien trop importants ; trop d'entretien ; trop de temps ; coûts d'implantation
	ECRAN PARCELLAIRE (+)	Ecran physique au vent ; se situe en bordure de parcelle ; favorable à tous types de parcelles (petites, biscornues)	MECANISATION (-)	Gênes aux manœuvre ; gêne le travail du sol en bordure – pas de labour ; morcelle les parcelles et les éloigne
	SOLEAU (+)	Limite l'érosion ; limite le ruissellement ; intercepte l'azote, les phytosanitaires ; empêche la dérive ; protection en bordure de rivière ; retient l'eau des sols	PRODUCTION (-)	Perte de rendement sous la haie ; perte de surface ; salissement et ravageurs, prédation ... sangliers
	REVENU (+)	Production de BRF	VALORISATION (-)	Pas de filière bois énergie ; pas de valorisation sur le territoire

A partir de ce tableau, il est possible de tirer divers enseignement quant aux avantages et limites perçus (ou réels) par les exploitants des agroforesteries (ici agroforesterie en lignes intercalaires et haie inter-parcellaire). Sans résultats équivalents émanant de territoires divers, ils ne peuvent qu'être considérés comme spécifiques au seul territoire des Sources de la Vanne. De fait, s'ils peuvent aider à la réflexion pour d'autres territoires, leur généralisation ne pourra être entreprise sans vérification préalable de la validité de leur transposition.

➤ Concernant l'agroforesterie intercalaire, le classement des **avantages** est celui-ci :

SOLEAU(+) > **ENVIRO-TERRITOIRE(+)** > **TROUPEAU(+)** > **REVENU(+)** > **INTRANTS (-)**

Les arguments avancés par les exploitants enquêtés montrent que ce sont les arguments SOLEAU(+) qui sont les plus fréquents, parmi lesquels la capacité de limitation des processus d'érosion puis de ruissellement ; mais aussi le potentiel d'amélioration de l'état des sols (matière organique surtout) et le fait que l'agroforesterie pérenniserait le système de culture hébergé. En ce qui concerne la seconde famille d'arguments (ENVIRO-TERRITOIRE(+)), c'est le potentiel de contribution à la protection/restauration de la biodiversité qui est avancé en premier, à des fins écologiques comme cynégétiques. Puis l'amélioration de la qualité et valeur du paysage et de fait, l'image de l'agriculture en territoire. La troisième famille d'arguments concerne la potentielle amélioration du bien être animal dans les prairies agroforestées TROUPEAU(+) – ce résultat laisse envisager favorablement le sylvopastoralisme, bien que les prairies ne soient pas des sites prioritairement à l'origine des transferts de polluants vers les nappes et eaux de ruissellement. Rien de surprenant, il est essentiellement avancé par les éleveurs enquêtés (5 sur 19) mais aussi par des systèmes de grandes cultures (n=4). Par contre les avantages REVENU(+) et INTRANTS(-) sont moins avancés soulignant que le potentiel économique comme de lutte intégrée de l'agroforesterie intercalaire ne sont pas démontrés et/ou acquis.

En ce qui concerne ses **inconvénients**, l'agroforesterie intercalaire obtient le classement suivant :

PRODUCTION(-) > **MECANISATION(-)** > **PARCELLAIRE(-)** > **UTH(+)** > **REVENU (-)**

Les arguments cons sont en premier lieu (i) la perte de rendement qu'elle soit directe (ombrage, compétition pour l'eau) ou indirecte (salissement, prédation...), puis (ii) la gêne occasionnée aux manœuvres et opérations agrotechniques qui en temps coûteraient, mais aussi les coûts induits du fait du renouvellement probable du parc matériel ou de réparation. Enfin, c'est aussi l'irréversibilité du statut des parcelles agroforestées qui pose problème, comme la perte de surface de production voire de DPU (*Ndlr : ce qui en réalité n'est pas le cas*). A l'opposé, la famille d'arguments REVENU(-) est moins avancée ; on notera cependant que lorsqu'elle l'est, c'est quasi uniquement l'aspect « sur le long terme » qui est souligné.

Ces premiers résultats suggèrent qu'il existe, dans la vision globale des 74 agriculteurs enquêtés, une opposition entre avantages majoritairement territoriaux, concernant des ressources, services et biens communs alors que les inconvénients sont eux perçus comme imputés aux seules exploitations. Le seul dénominateur commun semblant logiquement être les sols. Cependant cette enquête n'était en aucun cas destinée et bâtie pour analyser et vérifier de tels faits.

- Concernant les haies inter-parcellaires, le classement des **avantages** est celui-ci :

ENVIRO-TERRITOIRE(+) > ECRAN-PARCELLAIRE(+) > SOLEAU(+) > REVENU(+)

La même famille d'arguments ENVIRO-TERRITOIRE(+), pour les mêmes raisons déjà évoquées est la plus fréquemment avancée. Par contre la famille d'arguments SOLEAU(+) est supplantée par ECRAN-PARCELLAIRE(+). Cette dernière suggère que les haies de bordures apparaissent moins contraignantes qu'une agroforesterie intercalaire, voire utiles pour divers raisons en premier lieu parce qu'elles agissent comme des écrans au vent (limitant la verse), des clôtures naturelles, des moyens curatifs contre la dérive des produits phytosanitaires. Cependant n'oublions pas que lors du questionnaire, l'agroforesterie intercalaire était sondée en premier ; parce que nous n'avons pas conduit d'enquêtes en inversant les deux solutions agroforestières, il ne nous est cependant pas possible de conclure de cela. Vient alors SOLEAU(+), mais le fait qu'elle soit classée en troisième position suggérerait que les haies ne paraissent pas aux agriculteurs à même de délivrer les mêmes avantages que l'agroforesterie intercalaire. Enfin, pour les haies, REVENU(+) est envisagé mais peu fréquemment : un service et/ou un revenu supplémentaire est bel et bien envisagé, mais par peu des exploitants enquêtés.

En ce qui concerne ses **inconconvénients**, la haie semble souffrir, d'après les enquêtés, de :

COUTS(+) > MECANISATION(-) > PRODUCTION(-) > VALORISATION(-)

Tout d'abord de coûts (monétaires mais surtout en temps de travail e.g. coûts d'entretien) importants, voire, plus importants que l'agroforesterie intercalaire (selon certains enquêtés). Plus surprenant, la haie est dénoncée parce qu'elle gênerait aux manœuvres (MECANISATION(-)). Or elle se trouve en bordure de parcelles. Ce qui est en fait dénoncé, ce sont les risques d'accrochage des rampes de pulvérisation dans les haies en l'absence de guidage automatique, d'accrochage des outils à dents, ou encore de remise des matériels de labour. Mais les haies semblent aussi problématiques du fait qu'elle limitent la possibilité de passer d'une parcelle à une autre, de se retourner en bout de parcelle et donc de travailler correctement dans son intégralité une parcelle. Enfin, elle pourrait induire des pertes de production directes comme indirectes (PRODUCTION(-)) et ne bénéficierait pas d'une filière de valorisation en territoire.

• De l'acceptation des agroforesteries :

Les arguments pro et cons envers les deux modèles agroforestiers proposés désormais connus, nous pouvons nous attacher à analyser quels arguments sont avancés selon qu'un exploitant soit "intéressé", ait "besoin d'information" ou qu'il soit "opposé" à chacun de ces deux modèles. Parce que trois modalités étaient possibles pour chaque modèle agroforestier, 9 combinaisons possibles existent ; d'intéressé par les deux (AF⁺H⁺) à opposé aux deux (AF⁻H⁻). La dénomination et les effectifs de chacune des 9 classes (i.e. des combinaisons) vous sont présentés dans le tableau 40 suivant.

Tableau 40 : Table des effectifs enquêtés selon leur niveau d'acceptation des agroforesteries

Combinaison (effectif) N° de classe		AGROFORESTERIE (AF)			
		Intéressé	Besoin information	Opposé	Totaux
HAIE (H)	Intéressé	AF ⁺ H ⁺ (6) Classe 5	AF ⁰ H ⁺ (2) Classe 6	AF ⁻ H ⁺ (2) Classe 7	10 (14%)
	Besoin information	AF ⁺ H ⁰ (0) (Classe 9)	AF ⁰ H ⁰ (8) Classe 2	AF ⁻ H ⁰ (1) Classe 8	9 (12%)
	Opposé	AF ⁺ H ⁻ (5) Classe 3	AF ⁰ H ⁻ (15) Classe 4	AF ⁻ H ⁻ (35) Classe 1	55 (74%)
	Totaux	11 (15%)	25 (51%)	37 (34%)	74

Seule une des combinaisons présente un effectif nul : la combinaison AF⁺H⁰.

Dans l'ensemble ce sont 15% des exploitants qui se sont déclarés intéressés par l'agroforesterie intercalaire dont 6 intéressés par les deux modèles agroforestiers. De même, indépendamment de leur niveau d'intérêt pour l'agroforesterie, ils sont 14% à s'intéresser aux haies. A l'opposé, 37 exploitants sont opposés à l'agroforesterie et 55 aux haies, parmi lesquels 35 sont hostiles aux deux formes d'agroforesterie proposée.

Du fait d'un nombre important d'exploitants opposés ou s'interrogeant (AF⁰H⁰) quant aux deux formes d'agroforesterie, On peut s'attendre dès lors, à un nombre restreint de parcelles qui, selon les enquêtés, pourraient faire l'objet d'aménagement sur leurs exploitations ; en outre, on s'attend à ce que les catégories opposés ou réticentes (Classes 1, 4 et 8) n'aient pas de parcelles à potentiellement aménager. Cependant à la question « *A la vue de l'organisation parcellaire de votre parcellaire, et des enjeux prioritaires pour votre exploitation, combien de parcelles pourraient être concernée par ... l'agroforesterie ... par les haies ?* », il a été surprenant de voir que 74 parcelles pour l'agroforesterie et 25 pour les haies pourraient, si tous les éléments sont rassemblés, accueillir des aménagements agroforestiers. Certains exploitants proposent d'ailleurs entre 20ha et toute leur exploitation en agroforesterie. Plus surprenant encore, certains exploitants ayant répondu qu'ils n'étaient pas intéressés (AF⁻H⁻) ou d'autres très indécis (AF⁰H⁰) par l'agroforesterie intercalaire proposent que certaines de leurs parcelles soient aménagées. Bien entendu cela ne veut pas dire que ces aménagements verront le jour, mais que malgré leur réticence, ils sont conscients à ce stade du (des) bénéfice(s) potentiel(s) que l'agroforesterie pourrait présenter sur ces parcelles.

Dans tous les cas, 32 exploitants ont accepté qu'une suite soit donnée et qu'une réflexion autour du thème de l'aménagement agroforestier soit entreprise, de manière collective en réunion d'information, mais aussi individuellement par une visite d'exploitation et du parcellaire, un diagnostic local.

Autre résultat, les classes 3 et 5 (AF⁺H⁻ et AF⁺H⁺ respectivement) sont composées d'exploitants favorables à très favorables à l'agroforesterie intercalaire ; leur profil pourrait être le profil à cibler, propice à son développement en territoire.

Tableau 41 : Table des avantages et inconvénients par niveau d'acceptation des agroforesteries

N° classe		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 7	Classe 8	Classe 9	
Effectifs		35	8	5	15	6	2	2	1	0	
Dénomination		AF ⁻ H ⁻	AF ⁰ H ⁰	AF ⁺ H ⁻	AF ⁰ H ⁺	AF ⁺ H ⁺	AF ⁰ H ⁺	AF ⁻ H ⁺	AF ⁻ H ⁰	AF ⁺ H ⁰	
Agroforesterie	Avantages	SOLEAU(+)	6	4	0	1	4	0	0	1	-
		ENVIRO-TERRITOIRE(+)	7	5	1	3	4	1	0	1	-
		TROUPEAU(+)	4	2	1	2	1	0	0	0	-
		REVENU(+)	1	1	4	1	1	0	0	0	-
		INTRANTS(-)	1	0	0	2	1	0	0	0	-
	Inconvénient	PRODUCTION(-)	13	4	0	1	2	0	1	1	-
		MECANISATION(-)	13	3	2	4	0	1	0	1	-
		PARCELLAIRE(-)	5	0	0	3	2	0	1	1	-
		UTH(+)	14	1	1	2	0	1	1	1	-
		RENTABILITE(-)	9	3	2	2	1	1	1	0	-
Haie	Avantage	ENVIRO-TERRITOIRE(+)	7	5	2	3	3	2	2	1	-
		ECRAN-PARCELLAIRE(+)	3	2	0	3	4	1	1	0	-
		SOLEAU(+)	2	2	0	2	3	0	0	0	-
		REVENU(+)	1	1	1	1	1	1	0	1	-
	Inconvénient	COUTS(+)	11	5	1	7	1	1	0	0	-
		MECANISATION(-)	6	0	1	3	0	0	0	0	-
		PRODUCTION(-)	10	3	1	0	0	1	0	0	-
		VALORISATION(-)	3	1	2	3	0	0	1	0	-
(n) parcelles potentiellement AF (approx.) TOTAL= 74		4	16	16	11	25	2	0	0	-	
(n) parcelles potentiellement H (approx.) TOTAL= 27		0	2	0	0	19	4	0	0	-	
(n) contact, visite, besoin infos TOTAL= 32		3	6	4	11	6	2	0	0	-	

La répartition géographique des 8 classes de la « perception et acceptation des agroforesteries » des exploitations agricoles vous est présentée au sein de la figure 60.

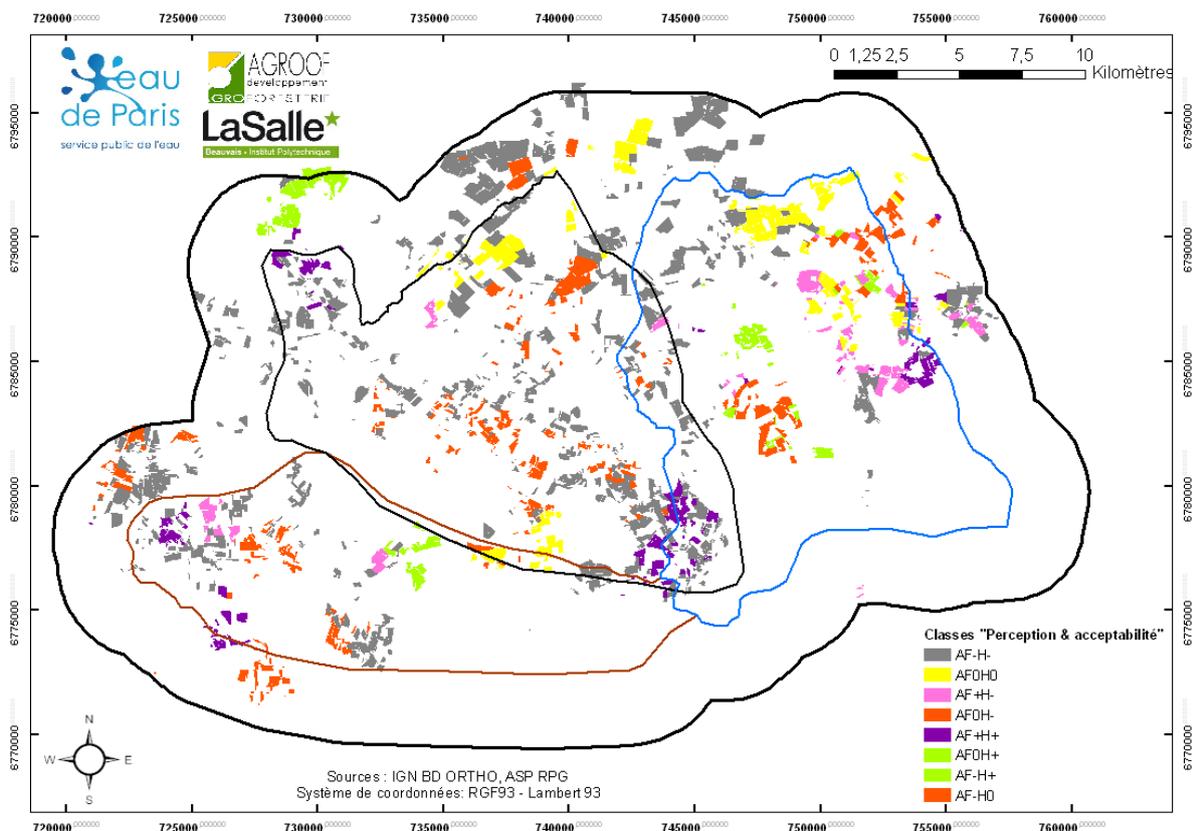


Figure 60 : Cartographie des 8 classes à effectifs non nuls de « perception et acceptation des agroforesteries » des exploitations enquêtées

En conclusion de cette partie concernant la perception et l'acceptation potentielle des agroforesteries par les exploitants, on soulignera :

- Qu'il semble exister un (quelques) profil(s) qui pourraient être plus favorables à l'adoption des agroforesteries, en premier lieu desquelles, l'agroforesterie intercalaire intra-parcellaire (classes 3 et 5)
- que malgré leur réticence affichée, certains agriculteurs pourtant opposés à l'agroforesterie (surtout intercalaire intra-parcellaire) seraient potentiellement prêts à aménager certaines parcelles de leurs exploitations. Cependant le niveau de réticence qu'ils affichent indique combien un diagnostic parcellaire et d'exploitation soigné et partagé mais aussi un argumentaire adapté à leur exploitation, aux enjeux et stratégies internes seront primordiaux pour y parvenir
- autre résultat apparent, le modèle haie, qui pourtant serait une solution intermédiaire dans de nombreux cas ne remporte pas un franc succès. Cela est relativement en opposition des simulations conduites lors du diagnostic territorial à partir duquel nous avons identifié une proportion importante de parcelles vulnérables-à-très vulnérables qui, parce qu'elles ne présentent pas les caractéristiques intrinsèques favorable à l'AF, étaient envisagées aménagées par des haies. Pourtant cela n'est pas peine perdue, une réflexion devrait être menée de sorte d'imaginer des modèles haie moins contraignants. La solution des haies inter-parcellaires de basse tige (e.g. micro-haies

de bordure couplées à des bandes enherbées) pourrait permettre de concilier réticence vis-à-vis des haies et efficacité.

- Enfin, le pool d'indécis (classe 2) est composé d'exploitants tout a fait capables d'identifier atouts et contraintes des modèles proposés, de les imaginer sur leurs exploitations – ils sont pourtant indécis. S'ils sont ni pour ni contre, ils sont aussi à même d'imaginer certaines de leurs parcelles aménager (n=16 en AF, n=2 en H). Un travail important d'explication, de pré-design et/ou d'étude de faisabilité individuels comme collectifs (groupe de travail) devraient permettre de lever un certains nombre d'ambiguïtés, et pourquoi pas, de convaincre ceux-ci du potentiel des agroforesteries sur leurs terres.

4. Identification des profils d'exploitations et des conditions d'acceptation de l'agroforesterie

A partir de chacune des analyses thématiques conduites, en ne conservant pour chaque exploitation que son N° de classe par thème, nous avons procédé à une analyse de proximité des exploitations ; l'objectif était de regrouper les exploitations les plus similaires et parvenir ainsi à isoler les grands profils d'exploitation agricole existant sur le territoire, à partir de l'échantillon établi selon :

- Le « système d'exploitation » (5 classes différenciées)
- Le « parcellaire » (5 classes différenciées)
- Le « potentiel agro-pédologique » (5 classes différenciées)
- Le « système de cultures » (4 classes différenciées)
- Le système « stratégique et d'acceptation du changement » de l'exploitation (6 classes différenciées)
- Mais aussi, le type de vulnérabilité rencontré sur les exploitations (5 classes différenciées), ainsi que les classes de pressions (Balance azotée, IFT, Gestion des intercultures) exercées par ces exploitations.

Dans un second temps, ces profils seront confrontés aux 8 classes de perception et d'acceptation des agroforesteries (une des neufs attendues ayant un effectif nul – AF⁺H⁰) de sorte d'identifier ce qui conditionnerait une perception favorable et l'acceptation de la mise en place au sein de ces exploitations des aménagements agroforestiers retenus.

4.1. Profils d'exploitations agricoles sur le territoire de la Vanne

Concernant les profils d'exploitations agricoles, une CAH sur les numéros de classes (variables qualitatives) a été opérée. Afin de ne pas compliquer l'interprétation des profils différenciés, seules 5 classes ont été demandées. Il s'agit du premier niveau de différenciation pour lequel le ratio variabilité intraclasses / variabilité interclasses présentait un niveau de distinction acceptable des classes d'exploitations. Les numéros de classes de profil affectés à chaque exploitation pour lesquelles les variables discriminantes étaient disponibles (n=60, car 14 exploitations ne disposaient pas de variables de vulnérabilité et/ou de R-IFT), une analyse des correspondances entre les classes thématiques et les profils ont permis d'obtenir des tableaux de contingence à partir desquels les profils ont été discutés.

Cinq grands profils d'exploitation agricole ont été retenus et leurs caractéristiques sont détaillées à partir de la composition des tableaux de contingence. Leur description, quoique explicite, reste le fruit d'une interprétation quelque peu subjective et est sujette à discussion. N'oublions pas que l'interprétation de ces profils n'a d'autre utilité que de s'acculturer aux agricultures présentes sur le territoire. La synthèse des tableaux de contingence thématique par profil est présentée au sein du tableau 42 ci-dessous.

Tableau 42 : synthèse des tableaux de contingence thématiques pour chacun des 5 profils d'exploitation agricole identifiés

Thèmes	Modalités (classes thématiques)	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4	Profil 5
Effectifs		17	8	7	7	21
Système d'exploitation	EA reprise par JA	0	0	0	1	0
	Grande, CA élevé, pas d'activité Ilaire	9	0	0	0	3
	Grande, CA faible, potentiel agro-pédologique faible	0	6	0	2	11
	Moyenne, CA moyen, pas de temps pour activité Ilaire	3	2	3	3	2
	Petite, CA faible, activité Ilaire	5	0	4	1	5
Système de culture	Maisiculteurs ensileurs, labour	5	0	0	7	1
	SdC conservation sols	2	0	4	0	0
	SdC diversifié protection ressources	2	0	3	0	0
	SdC TCS SCOP	8	8	0	0	20
Parcellaire	SAU morcelée éloigné	4	4	0	0	3
	SAU périurbaine ou contraintes	6	2	3	0	1
	Sols contexte local favorable	0	0	1	0	1
	Sols difficiles pentus, IAE gênantes	0	1	2	1	3
	Sols difficiles pentus, SAU insuffisante	7	1	1	6	13
Potentiel agropédologique	Sol hétérogène à risque ponctuel, pas d'adaptation	0	0	3	0	3
	Sol hétérogène à risque chronique, adaptations multiples	0	2	0	2	8
	Sol homogène à risque chronique, adaptation pour d'autres raisons	1	4	1	0	4
	Sol homogène à risque limité, adaptation pour d'autres raisons	16	1	1	3	3
	Sol homogène à risque limité, pas d'adaptation	0	0	2	2	3
Stratégie et acceptation du changement	AB convaincu	0	0	0	1	1
	Entrepreneur productiviste courttermiste, réfractaire au changement	4	5	0	4	7
	Producteur centré sur son exploitation, conscient des enjeux de territoire mais réfractaire au changement	0	0	0	0	0
	Producteur centré sur son exploitation, réfractaire au changement	3	0	1	0	3
	Producteur centré territoire, frileux face au changement, prônant l'ARaisonnée	2	2	1	2	3
	Producteur de territoire, agriculture de proximité, longtermiste, favorable au changement	8	1	5	0	7
Vulnérabilité	CILER	2	0	0	1	0
	IELRC	3	0	5	1	12
	IRCEL	9	4	1	3	5
	IRECL	3	0	0	0	1
	REILC	0	4	1	2	3
Balance N, Gestion intercultures	N excédentaire, bonne GI	4	6	0	1	13
	N excédentaire, mauvaise GI	5	0	2	4	2
	N raisonnée, bonne GI	2	2	4	1	2
	Stratégie N inadaptée, bonne GI	6	0	1	1	4
R-IFT	AB	0	0	7	0	2
	Céréales de rente, conventionnel	1	0	0	5	3
	Colza blé de rente, conventionnel intensif	5	8	0	0	1
	Colza de rente, conventionnel	1	0	0	1	2
	SCOP et fourrage, TCS	10	0	0	1	13

En sus de ces résultats, les communes comme les AAC au sein desquelles les exploitations enquêtées se situent ont été considérées, par profil. Nous disposons ainsi d'une information supplémentaire concernant la localisation des profils d'exploitations agricoles au sein du territoire de la Vanne.

- Profil 1 : Il s'agit d'exploitations grandes à chiffres d'affaire élevé OU de petites exploitations à chiffre d'affaire faible nécessitant une activité secondaire pour assurer la pérennité économique du foyer ; leurs système de culture est de type SCOP mais la culture du maïs y est importante, en grains comme fourrager ; une proportion d'exploitation d'élevage bovin est présente (25%). Les sols sont plutôt homogènes et présentent peu de risque associés, mais peuvent parfois être pentus et difficiles. Les pratiques auraient été adaptées plutôt pour des raisons de vitesse de chantier, de simplification. Les producteurs sont majoritairement centrés sur le territoire, appelant à une agriculture de proximité, intégrée et favorable au changement ; mais certains d'entre eux ont une stratégie s'apparentant à celle de l'entrepreneur courttermiste réfractaire au changement dès lors qu'ils cultivent du maïs. Ceci dénote d'une certaine ambivalence dans l'effectif, soulignant partiellement les limites aux méthodes de classification retenues. Certains sont proches de la Vanne, c'est-à-dire en zones périurbaines, ou en périmètre rapproché des captages, ils indiquent ressentir une « pression » sur leur parcellaire. Globalement leurs pratiques sont inadaptées en ce qui concerne la fertilisation azotée alors que la gestion des intercultures paraît bonne. Localement, le paysage semble souffrir d'un manque de connectivité, soulignant un positionnement en openfield de ces exploitations, au niveau des piémonts.

Ainsi, qu'ils soient grands maïsiculteurs à tendance entrepreneuriale ou petits producteurs territoriaux cultivant des SCOP voire des fourrages, leur point commun pourrait être l'obligation du résultat économique « de profit » pour les premiers, « de survie » pour les seconds ; l'obligation de générer un revenu annuel certain reposant sur des stratégies azotées excédentaires et le choix de culture de rente (maïs, tournesol, colza) ou la recherche d'une autonomie alimentaire du troupeau. Cependant le profil 1 reste le profil le plus hétéroclite et de fait le plus difficile à interpréter. Nous avons fait le choix de les nommer « **Exploitations maïsicoles de vallée** ».

- Profil 2 : Exploitations sur sols plutôt homogènes, à potentiel agronomique limité et exposés à des risques chroniques (RSLT, EROS...), les adaptations (travail du sol) n'ont quasiment jamais été consenties de ce fait, mais sont plutôt conséquences du choix des systèmes de culture présents, eux-mêmes conséquences de la nature des sols. Soumis au ruissellement et présentant des longueurs de flux élevées, ces exploitations sont en zones de coteaux, caillouteuses appelant à des techniques simplifiées sans labour, à des cultures de rente « faciles » telles le colza. Le potentiel de rendement limité est exprimé voire majoré par des stratégies de fertilisation azotée excédentaires et des stratégies de protection conventionnelle intensives.

Ces exploitations localisées en piémonts mais surtout en coteaux ont établi un système d'exploitation basé essentiellement sur la culture intensive du colza. Or, leur localisation essentiellement sur les coteaux des AAC Hautes et Basses sources où les processus de ruissellement (concentrés ou non) sont importants tendraient à en faire un type d'exploitation privilégié pour le développement et la mise en place de moyens de lutte contre les transferts de polluants d'origine agricole. Nous avons fait le choix de les nommer « **Exploitations colzéicoles de coteaux** ».

- Profil 3 : Petites à moyennes exploitations sur sols plutôt homogènes, à potentiel agronomique limité et exposés à des risques chroniques (RSLT, EROS...). Face à ces risques, les adaptations consenties sont relativement nombreuses mais essentiellement tournées vers l'adoption de techniques de conservation des sols, de leurs états. Le parcellaire est souvent difficile soit du fait d'une pression foncière ou de contraintes locales vis-à-vis de la protection de la qualité de l'eau, soit du fait de sols pentus ou de parcelles entourées d'infrastructures agroécologiques que les exploitants jugent gênantes. Localisées en zone de piémont ou de coteaux, les parcelles accueillent des vallées sèches dont la longueur amont peut être importante. Les exploitants sont des producteurs très centrés sur le territoire, prônant une agriculture de proximité, qui se veut intégrative et favorable à l'innovation, au changement. Par ce qu'ils sont conscients des enjeux environnementaux, les exploitations démontrent de pratiques azotées raisonnées (à balance N nulle ou presque) et une bonne gestion des intercultures. Enfin, ce profil regroupe exclusivement des exploitations converties en tout ou partie à l'agriculture biologique ; elles sont pour partie localisées sur l'AAC de Cochebies.

Ces exploitations sont dénommées par la suite « **exploitations biologiques** ».

- Profil 4 : Moyennes à grandes exploitations sur sols difficiles car pentus et à potentiel agronomique limité, elles présentent des sols relativement homogènes peu soumis à risques (RSLT, EROS...) regroupés au sein de SAU souvent jugées insuffisantes. Entrepreneurs productivistes, ayant une vision courttermiste, réfractaires au changement, leurs cultures de rente sont avant des céréales dont les cours (les marges) n'autorisent que très peu de prise de risque. En conséquence de quoi, les apports azotés sont très excédentaires et la gestion des intercultures mauvaise. Ceci est à relier au fait qu'ils sont parfois éleveurs (bovins ou porcins) et que leur SAU jugée insuffisante puisse conduire à des épandages trop importants sur l'exploitation. Localisés essentiellement en zone de piémont (zone d'Estissac et d'Aix-en-Othe) et de plateau des AAC des Hautes et Basses Sources de la Vanne, les exploitations sont soumises à infiltration, ruissellement et il est à noter que 100% d'entre eux ont recours au labour.

Ces exploitations sont dénommées par la suite « **exploitations céréalières** ».

- Profil 5 : Grandes exploitations à chiffre d'affaire élevé malgré des sols de coteaux difficiles, à potentiel parfois limitant, la pérennité économique est assurée par le recours à des pratiques conventionnelles, impactantes (N et IFT) appliquées sur des cultures de types SCOP (colza, tournesol, céréales). Entrepreneurs courttermistes et relativement réfractaires au changement OU producteurs centrés sur le territoire et conscient des enjeux environnementaux, il est alors peu surprenant que le niveau d'adaptation des pratiques de travail du sol soient tournées vers le non-labour (TCSL) et des rotations triennales (3_CBO) à quadriennales (4_CBTO) et qu'à l'opposé, ils aient recours à des fertilisations N excédentaires mais de bonnes pratiques de gestion des intercultures. Ce profil ne comprend en aucun cas d'éleveurs.

Ces exploitations sont dénommées par la suite « **exploitations SCOP** ».

4.2. De l'acceptation des agroforesteries

Après obtention et description de ces 5 profils, pour un échantillon total de n= 60 exploitations, nous avons cherché à analyser comment chacun d'entre eux pouvaient percevoir et envisager les agroforesteries portées dans ce projet. Les effectifs des 8 classes d'acceptation de l'agroforesterie ont été étudiés, par profil. Le tableau de contingence correspondant vous est présenté ci-dessous. Seules 7 classes d'acceptation des agroforesteries sont représentées parmi les 60 exploitations concernées.

Tableau 43 : Effectifs d'acceptation des agroforesteries selon les 5 profils d'exploitation identifiés

Profils	AFH ⁻	AF ⁰ H ⁰	AF ⁺ H ⁻	AF ⁰ H ⁻	AF ⁺ H ⁺	AF ⁰ H ⁺	AFH ⁺
Exploitations maïsicoles de vallée (n=17)	12	2	0	2	0	0	1
Exploitations colzéicoles (n=8)	5	1	0	1	0	1	0
Exploitations biologiques (n= 7)	1	0	2	1	3	0	0
Exploitations céréalières (n=7)	5	0	0	2	0	0	0
Exploitations SCOP (n=21)	5	4	3	5	2	1	1

Il apparaît que les profils « maïsiculteurs », « céréaliers » et « colzéicoles » sont peu enclins aux agroforesteries. A l'inverse les « exploitations « biologiques et SCOP » indiquent être plus propices à l'agroforesterie. Pour ces deux profils, on remarque une nette tendance à l'attrait pour l'agroforesterie intercalaire au détriment de l'agroforesterie de bordure (haies). Pour tout organisme en charge du développement de l'agroforesterie, les exploitations de type biologique et SCOP seraient des exploitations à privilégier en début de projet à des fins d'installation de parcelles agroforestières de démonstration. Par contre, si l'objectif est la limitation des risques de transferts vers les eaux de surface et souterraines, la propension au refus de l'agroforesterie par les profils « maïsiculteurs », « céréaliers » et « colzéicoles » pourraient rendre les choses difficiles. En complément, on notera que ce sont les exploitations SCOP qui présentent la plus grande proportion d'indécis.

Pour compléter cette analyse, nous avons décidé d'étudier, indépendamment des profils types identifiés ci-avant, les éléments du système d'exploitation (classes thématiques) qui pouvaient conditionner (ou non) l'acceptation de l'agroforesterie. Ceci a été entrepris en ayant recours aux techniques de modélisation par partitionnement avec comme variable à expliquer, le N° de classe d'acceptation de l'agroforesterie et comme variables explicatives les N° de classes thématiques. La taille de l'échantillon est de n=74.

Le modèle final obtenu après 5 niveaux de partitionnement, indique un niveau de signification restreint ($r^2 = 0.35$). Parmi les classes thématiques utilisées (hors IFT et BN/GI), ce sont par ordre décroissant de contribution – la stratégie d'exploitation (27.7%) – le système d'exploitation (15.7%) – le système de culture (13.6%) – le type de vulnérabilité (13.5%) puis le potentiel agropédologique (10.3%) qui tendent à expliquer la classe d'acceptation de l'agroforesterie. L'arbre de partitionnement obtenu est présenté [figure 61](#).



Figure 61 : Arbre de partitionnement des conditions de l'acceptation des agroforesteries

L'acceptation des agroforesteries proposées dans ce projet serait conditionnée en premier lieu par le système stratégique des exploitations et leur perception des enjeux agro-environnementaux. Les entrepreneurs et autres producteurs centrés sur l'exploitation, ou encore les producteurs centrés sur le territoire mais frileux face au changement composant de loin la communauté d'exploitations la plus réfractaire aux agroforesteries ou indécise. Ceux-ci sont alors différenciés selon le potentiel agropédologique de leurs sols. Les exploitations à sols homogènes à risques limités ne voyant pas d'intérêt à agroforester et étant majoritairement réfractaires (AF⁻H⁻) ; alors que les exploitations à sols hétérogènes et soumises à risques ponctuels voire chroniques tendent à être indécis (AF⁰H⁰). Confondus, ces exploitations composent de loin la plus grande part de l'échantillon (65%).

Concernant les autres exploitations, c'est-à-dire celles centrées sur le territoire ou convaincues par l'agriculture biologique, le second niveau de partitionnement est dû au système d'exploitation. Les exploitations de grandes tailles à chiffre d'affaire élevé étant réfractaires à l'agroforesterie intraparcellaire et pourraient partiellement être intéressées par une agroforesterie interparcellaire. A l'opposé, les petites à moyennes exploitations ou les grandes exploitations à potentiel agropédologique limité sont plus enclines à accepter l'agroforesterie intraparcellaire. Enfin, pour ces dernières, cette tendance (AF⁺ en premier lieu et parfois H⁻) s'accroît dès lors que leur système de culture contient essentiellement des cultures SCOP, alors que les maïsiculteurs (éleveurs surtout) restent persuadés de l'intérêt des deux formes (AF⁺H⁺).

Ces résultats sous-tendent premièrement que la capacité d'une exploitation à appréhender les enjeux agroenvironnementaux territoriaux, à considérer leurs exploitations comme composante mais aussi moyen de préservation de ces territoires et à se projeter dans l'avenir apparaissent primordiaux pour l'acceptation de systèmes de culture agroforestiers qui demandent par ailleurs patience et ne permettent pas de profits directs immédiats. En second, ils indiquent que le pragmatisme agricole dans le cas de l'acceptation de systèmes agroforestiers cible des aspects organisationnels (taille d'exploitation mais surtout de parcelles, facilité) et suggèrent que des parcellaires matures (grands, regroupés, avec peu d'îlots) durement construits ne peuvent toujours accueillir des infrastructures intraparcellaires, que les exploitants préféreront aménager leurs abords de parcelle de sorte de conserver les avantages organisationnels de leur parcellaire. Enfin, que ce sont surtout des exploitations économiquement comme techniquement contraintes voire en danger, pour lesquelles les exploitants tentent sans cesse d'innover, d'entreprendre de se différencier qui sont propices à l'implantation de systèmes novateurs, très techniques. Parce qu'ils recherchent tout autant la diversification des activités et revenus, la préservation des moyens et ressources de production ou encore qu'ils veulent participer à la dynamique territoriale, l'agroforesterie, intercalaire cette fois-ci, pourrait être un excellent compromis, une opportunité.

5. Conclusions intermédiaires du diagnostic d'exploitations et de l'analyse de l'acceptation des agroforesteries

Si la méthode d'analyse employée ici pour caractériser chacune des composantes du système d'exploitation des fermes enquêtées peut paraître trop automatisée, ne laissant que peu de place à l'interprétation objectives, les résultats obtenus satisfont cependant aux impressions, à l'expertise assemblée par les enquêteurs tout au long de la phase d'enquête et de visite des exploitations. Parmi les 74 exploitations diagnostiquées, une grande diversité de systèmes d'exploitations mais aussi stratégiques et de perception du rôle de l'agriculture a pu être décelée. Les systèmes d'exploitation sur le territoire de la Vanne sont généralement très inféodés aux conditions pédoclimatiques rencontrées au sein du parcellaire des exploitants et de leur hétérogénéité. Parce que le territoire étudié est vallonné, les exploitations favorisées se trouvent généralement en vallée ou en plateau, disposent de sols à forts potentiels leur autorisant des cultures de rente tel le maïs, le colza ou le tournesol qui leur octroient d'importantes marges. A l'inverse en zone de piémont mais surtout de coteau, les sols sont à potentiel limité, et seules des cultures telles les céréales et le colza peuvent satisfaire aux objectifs économiques voire organisationnels des exploitations. Malheureusement ce sont en ces zones en dévers que le ruissellement est majoritairement constaté. Ce constat impliquerait alors de cibler prioritairement les exploitations de coteaux, plus difficiles, moins productives pour le développement de l'agroforesterie. Cependant l'agroforesterie est souvent perçue comme une contrainte supplémentaire et n'est peu voire pas acceptée.

Si ces résultats laissent présager d'un avenir sombre pour le projet, il est important de rappeler que des exploitants, des exploitations disposant de tels sols et même de sols beaucoup plus favorables identifient l'agroforesterie comme un système, un outil prometteur, d'intérêt. Bien entendu, les raisons de l'acceptation pour ces exploitants sont multiples mais deux éléments de similitudes semblent persister entre ces exploitants :

- être tourné vers son territoire, y être ouvert et ne pas se concentrer sur sa seule ferme indépendamment du territoire qui l'héberge,
- être conscients de l'état de ses sols, des pressions qu'ils y exercent et vouloir faire perdurer voire améliorer ce moyen de production.

Ainsi, même s'ils sont aujourd'hui un nombre restreint, il serait possible d'amener une grande partie des agriculteurs indécis et pourtant concernés par les transferts et l'appauvrissement de la qualité de leurs sols à reconsidérer leurs systèmes, sa gestion puis l'agroforesterie. Accompagner les agriculteurs et les aider à connaître tant la vulnérabilité que l'état de leurs sols, leur permettre de considérer les impacts de ce qu'ils y conduisent nous semble important. L'opportunité est donnée de le réaliser lors des diagnostics poussés d'exploitation que les partenaires du projet proposeront lors de la phase 3 ; en s'appuyant tant sur les résultats du diagnostic territorial de vulnérabilité que sur cette première différenciation des agricultures et des préférences, les conseillers en développement pourraient y contribuer.

VII. CONCLUSIONS GENERALES

L'objectif principal de la phase 2 du projet expérimental de développement de l'agroforesterie sur les AAC de la Vanne était d'identifier quelles exploitations devraient, selon leur exposition aux vulnérabilités locales, faire l'objet d'un projet d'aménagement agroforestier de leurs parcelles. Localiser les parcelles agricoles les plus vulnérables au sein des exploitations, en tenant compte des diverses sensibilité au ruissellement, à l'érosion, à l'érosion ainsi que les besoins en connectivité, a été conduit dans la première partie de la phase 2, lors du diagnostic territorial de vulnérabilité. En priorisant les parcelles ruissellantes et/ou érosives (48% des parcelles du territoire) et en tenant compte de leur caractéristiques intrinsèques et de l'environnement proche, des aménagements types ont été proposés pour chaque parcelle prioritaire. Deux grands types d'aménagement ont été proposés : (i) intraparcellaire lorsque la superficie, l'orientation, la forme mais aussi le potentiel d'interception de flux ruisselant étaient favorables, (ii) interparcellaire dans le cas contraire. En outre, des agroforesteries en ligne avec cultures intercalées de haute ou de basse tige ont été différenciées. En parallèle, pour les parcelles les plus à risques, c'est-à-dire hébergeant une zone préférentielle de concentration des flux ruisselant (vallée sèche) ou une dépression (bétoire), des aménagements renforcés ont été distingués. Enfin, pour les parcelles les plus vulnérables et concentrant diverses formes de dépression/concentration d'autres aménagements tels la remise en herbe ont été précisés.

Face à la sensibilité identifiée et priorisée des parcelles, un travail de recensement des pratiques (pressions) comme plus généralement des particularités du système d'exploitation a été conduit. Il s'agissait du diagnostic des exploitations agricoles dont l'objectif était d'une part d'identifier la gamme des pressions (IFT, balance N, gestion des intercultures, travail du sol...) pour s'acculturer à la diversité des agricultures pratiquées sur le territoire de la Vanne, d'autre part, d'identifier les systèmes d'exploitations les plus enclins à envisager une agroforesterie donnée sur son exploitation. Ce second travail a démontré de la grande diversité des agricultures existant sur le territoire. Elle est conséquence en premier lieu du potentiel agrotechnique et pédologique des exploitations : du fait d'une topographie diversifiée (de vallée, de piémonts, de coteaux et de plateaux), les sols et donc le potentiel cultural, et plus tard les successions culturales comme les itinéraires techniques ne peuvent être les mêmes sur tout le territoire. Cela se traduit par un certain gradient cultural avec des cultures de maïs grain (maraîchères, industrielles) en vallée puis oléagineuses (colza, tournesol) en piémonts pour ne présenter que des céréales et colza en zones difficiles de coteaux ; sur les plateaux des sols plus favorables permettent à nouveau le maïs mais cette fois-ci fourrager du fait de la présence d'élevages bovins et ovins en lisière boisée au sud du territoire. Du fait de ce gradient agropédologique et de la conséquente prédominance de quelques (voire une seule) cultures dans le revenu agricole des exploitations, les itinéraires techniques sont alors souvent conventionnels de sorte de limiter la prise de risques, réfléchis annuellement selon les cours et marchés, et ne sont que moins souvent envisagés sur le long terme (26 exploitations sur les 74 enquêtées, soit 36%). Cette dernière caractéristique est cependant primordiale pour un développement réussi de l'agroforesterie sur le territoire et une potentielle limitation des transferts de polluants d'origine agricole. En effet, lorsque analysée selon les caractéristiques thématiques des systèmes d'exploitation, c'est belle et bien la stratégie d'exploitation et le niveau de conscience des enjeux agroenvironnementaux qui conditionnerait l'acceptation et l'aménagement des parcelles vulnérables. C'est auprès des populations d'agriculteurs ayant une approche territoriale du fonctionnement de leur

exploitation et favorables à des agricultures de conservation, biologique, durables, envisageant leurs activités et revenus sur le long terme, innovateurs, que l'agroforesterie est perçue comme une réelle opportunité de maintien voire d'amélioration du système de production. Elle ne fait bien entendu pas l'unanimité et d'autres alternatives telles le semis direct sous couvert végétal sont avancées par les producteurs.

Au sein de l'échantillon constitué persiste une proportion importante d'exploitants indécis, ne sachant pas comment juger l'une ou l'autre des agroforesteries proposés (33%). Pour cette population, l'intérêt existe cependant puisque des compléments d'information, de formation sont régulièrement demandés ; par contre le retour d'expérience sur exploitation comme lors des journées de restitution nous laisse à penser que le premier pas vers une prise de décision favorable aux agroforesteries est conditionné par une explicitation et une analyse précise, à la parcelle, avec les agriculteurs de ce qu'est la vulnérabilité. Nombreux auront été les exploitants désireux de mieux connaître pour éventuellement prendre en compte leurs vulnérabilités parcellaires, leur positionnement sur les lignes de ruissellement, les choix culturaux qui pourraient aider à limiter cette exposition aux risques ruissellement, érosion voire infiltration. La méconnaissance de leur positionnement au sein de sous bassins versants, de l'impact de leurs pratiques voire de leurs sols pourrait si elle était traitée, permettre de mieux accepter et envisager des aménagements au sein de leurs propres parcelles.

Ainsi, si la phase 3 du projet expérimental commandité par Eau de Paris a comme objectif de diagnostiquer les exploitations volontaires et de co-décider avec les agriculteurs des systèmes agroforestiers parcellaires, individuels ou collectifs, adaptés, il semble important de profiter de ces moments privilégiés pour partager avec eux les résultats du diagnostic des vulnérabilités (NdV_i et NGV_i, bassins de dépression, zones préférentielles d'écoulement, besoin en connectivité écologique, type de sols ...) et de se servir des aménagements agroforestiers types proposés comme d'un référentiel, d'une base de réflexion des projets d'aménagement. En outre, l'ensemble des résultats suggèrent de la nécessité pour les conseiller agroforestiers dédiés à la phase 3 (SCOP Agroof) de considérer différemment les exploitations, de proposer des formules progressives d'explicitation, de démonstration et de réalisation. Les modes et formats d'animation menés lors de cette phase 3 devront très largement s'inspirer tant de la connaissance des agricultures produites que de la diversité de ces agricultures. La nature et la multiplicité des contraintes réelles comme ressenties par les exploitations devant être en bonne place pour la différenciation et l'adaptation des processus de concertation envisagés.

Cela pourrait enfin démontrer du niveau d'implication d'Eau de Paris pour la préservation certes de la qualité de l'eau mais aussi des sols et donc de l'activité agricole en territoire. Cela témoignerait de la décision d'Eau de Paris d'investir pour un territoire performant et durable, de sa volonté de partager les connaissances et de travailler avec et pour les agricultures du territoire de la Vanne.

REFERENCES

- AGRESTE** (2006). Superficie en blé tendre selon le rendement aux normes. Agreste- Enquête Pratiques culturales 2006 <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/pratiques2008T26.pdf>
- AGRESTE** (2011a). Agreste – Champagne Ardenne n°2, Avril 2011. pp6. http://www.draaf.champagne-ardenne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/portrait_aube_cle8681a1.pdf
- AGRESTE** (2011b). Agreste – Bourgogne n°119, Octobre 2011. pp4. http://draaf.bourgogne.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/AgresteBourgogne119_RA_yonne_cle83d391.pdf
- ALLIER, D., ARCHAMBAULT, A., BERANGER, S., BLANCHARD, F.**, 2006, Utilisation des Outils d'Aide à la Décision dans la gestion des Mégasites, BRGM/RP-55223-FR, 116 p.
- BARKI, M., BENHANIFIA, K., BENSALD, A., MENDAS, A.**, 2007, L'analyse Multicritère comme outil d'aide à la décision pour la localisation spatiale des zones à forte pression anthropique : le cas du département de Naâma en Algérie, *Téledétection*, 2007, vol. 7, n° 1-2-3-4, p. 359-371
- BRGM**, 1981. Carte géologique d'Estissac à 1/50 000. Disponible sur : <http://www.brgm.fr/preCarte50.do>
- BRGM**, 1971. Carte géologique de Sens à 1/50 000. Disponible sur : <http://www.brgm.fr/preCarte50.do>
- BRGM**, 1976. Carte géologique de Joigny à 1/50 000. Disponible sur : <http://www.brgm.fr/preCarte50.do>
- BRGM**, 1968. Carte géologique de Saint-Florentin à 1/50 000. Disponible sur : <http://www.brgm.fr/preCarte50.do>
- BRGM**, 1973. Carte géologique de Sergines à 1/50 000. Disponible sur : <http://www.brgm.fr/preCarte50.do>
- CERDAN O., LE BISSONNAIS Y., SOUCHERE V., KING C., ANTONI V., SURDYK N., DUBUS I., ARROUAYS D., et DESPRATS J.F.** (2006) Guide méthodologique pour un zonage départemental de l'érosion des sols. Rapport N°3 : Synthèse et recommandations générale. (2006) BRGM/RP-55104-FR
- DEVILLERS J., FARRET R., GIRARDIN P., RIVIERE J-L., et SOULAS G.**, 2005. Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides, Tech & Doc., Eds. Lavoisier, 278 p.
- DUPRAZ C., LIAGRE F.**, 2008. Agroforesterie : des arbres et des cultures. Paris : Editions France Agricole. 413 p.
- EL MAGNOUNI, S.**, 1997, ANTEA : Analyse Multicritère pour le classement et la hiérarchisation – Guide méthodologique. Rapport n°A 08274.
- FARES, A., ROLLET, M., BROQUET, P.**, 1994. Méthodologie de cartographie des risques naturels liées aux mouvements de terrain (Région de Taounate – Rif, Nord du Maroc). Revue française de géotechnique, volume 69. p. 63-72.
- GABRIELS D., GHEKIERKE G., SCHIETTECATTE W. et ROTTIERS I.**, 2003. Assessment of USLE cover-management C-factors for 40 crop rotation systems on arable farms in the Kemmelbeek watershed, Belgium. Soil & Tillage Research, vol 74. P47-53.
- GRAS R., BENOIT M., DEFFONTAINES J.P., DURU M., LAFARGE M, LANGLET A, OSTY PL.**, 1989. Le fait technique en agronomie, Activité agricole, concepts et méthodes d'étude, Institut National de la Recherche Agronomique, eds. L'Harmattan, Paris, France.
- IGN**, 2011. BD ALTI® 25m de l'Aube et de l'Yonne. Disponible sur : <http://professionnels.ign.fr/bdalti>
- IGN**, 2007, 2009. BD ORTHO® 50cm de l'Aube et de l'Yonne. Disponible sur : <http://professionnels.ign.fr/bdortho>
- IGN**, 2009. BD CARTHAGE® de l'Aube et de l'Yonne. Disponible sur : <http://professionnels.ign.fr/bdcarthage>
- 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. BRGM/RP-50571-FR, 123p. http://sigessn.brgm.fr/IMG/pdf/Bourgogne_RP-50571-FR.pdf

KIRKBY M., GOBIN A., IRVINE B., 2003. PESERA model strategy, land use and vegetation growth, Deliverable 05, p 6-16.

LE BISSONNAIS Y., MONTIER C., DAROUSSIN J., KING D., 1998. Cartographie de l'aléa érosion des sols en France. IFEN, Collection Etudes et travaux, n°18. 63p.

LE BISSONNAIS Y., MONTIER C., DAROUSSIN J., GORCE M., 2004. Modélisation et cartographie de l'aléa d'érosion des sols à l'échelle régionale, exemple du département de l'Aisne. Etude et Gestion des sols.

LINKOV, I., VARGHESE, A., JAMIL, S., SEAGER, T.P., KIKER, G., BRIDGES, T., 2004, Multi-criteria decision analysis : a framework for structuring remedial decisions at contaminated sites, Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making, Kluwer, p. 15-54.

MARDHEL, V., 2006. Carte de vulnérabilité intrinsèque simplifiée des eaux souterraines de la région Aquitaine. Rapport final BRGM/RP 55311-FR, pp103

ANTONI, V., LE BISSONNAIS, Y., THORETTE, J., ZAIDI, N., LAROCHE, B., BARTHES, S., DAROUSSIN, J., et D. ARROUAYS. (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. Etude et Gestion des Sols, Volume 13, 3, 2006 - pages 201 à 222

POMEROL B., 2008. Carte géologique d'Aix-en-Othe à 1/50 000. Disponible sur : <http://www.brgm.fr/preCarte50.do>

PREVIL, C., THERIAULT, M. et ROUFFIGNAT, J., 2003. Analyse multicritère et SIG pour faciliter la concertation en aménagement du territoire : vers une amélioration du processus décisionnel? Cahiers de géographie du Québec, volume 47, n° 130. p. 35-61.

ROUSSAT N., 2007. Optimisation des stratégies de gestion du contenu «matières premières et énergie » des déchets produits et utilisés sur un territoire urbanisé. Thèse de doctorat sciences de l'Environnement Industriel et Urbain : Institut National des Sciences appliquées de Lyon. P1.283.

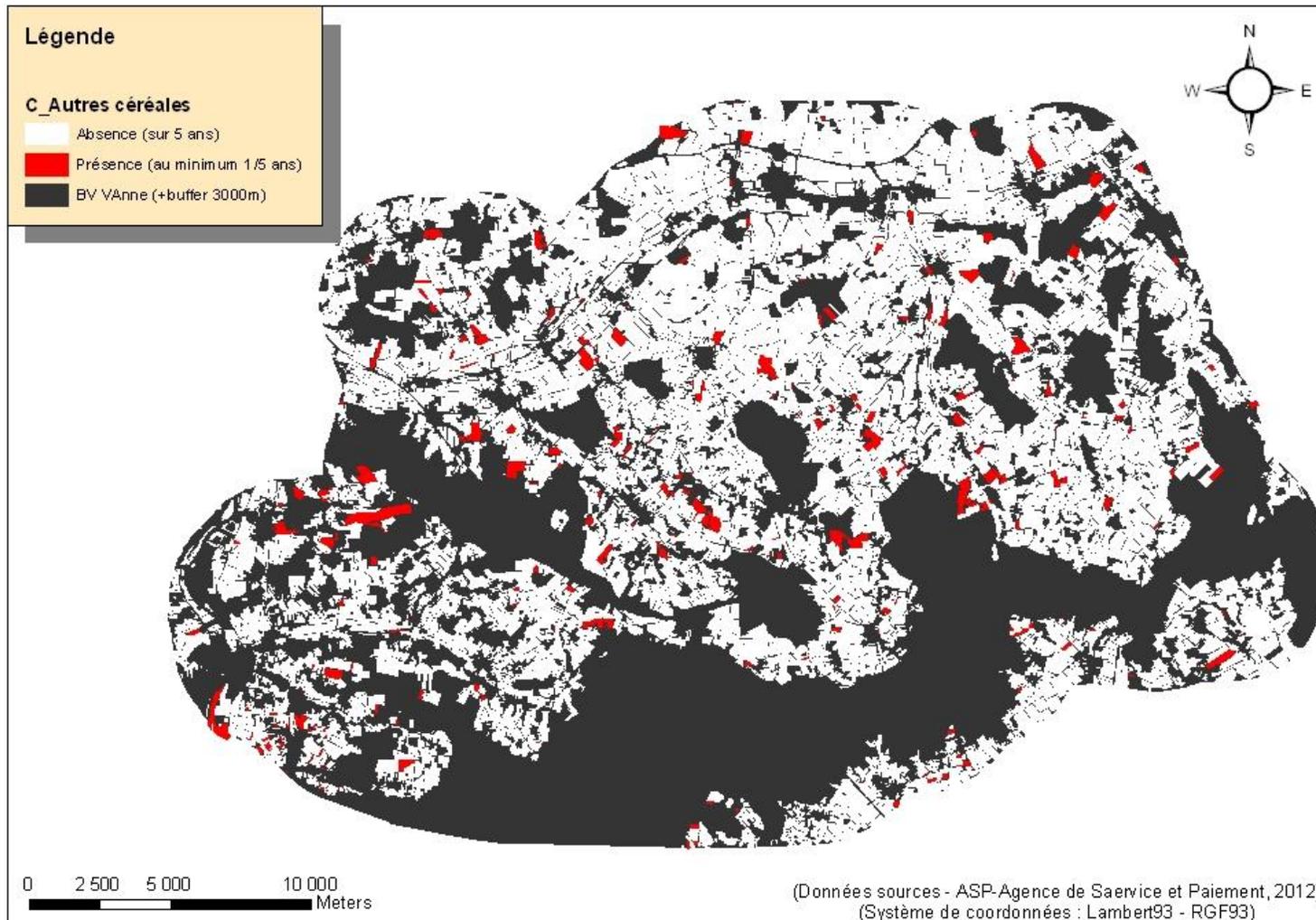
WISCHMEIER W.H. & SMITH D., 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington DC : USDA-ARS Agriculture Handbook N° 537. 58 p.

Annexes

Annexe A : Table des cultures locales majoritaires correspondant aux groupes de cultures du RPG identifiées à dire d'experts - les cases grisées ne demandaient pas d'effort d'identification particulier, les groupes étant suffisamment explicites ou n'existant pas sur la zone d'étude (NS = ne sait pas; NE = non existant ici)

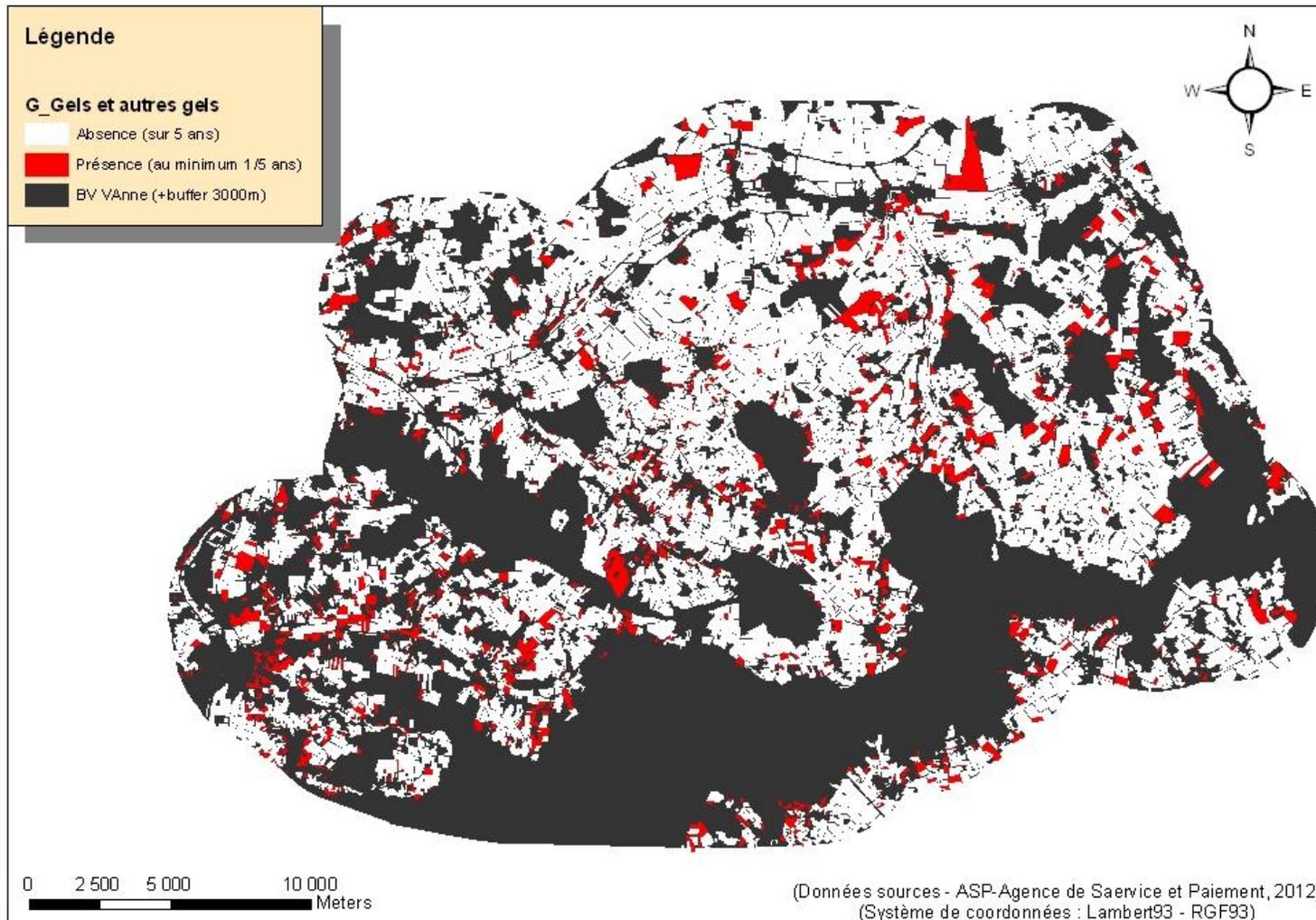
Groupes de culture (RPG)	N° de groupe (RPG)	Expert 1 (P. Cochard)	Expert 2 (A. Le Quemener)	Expert 3 (D. Justeau)	Culture(s) arrêtée(s)	Codes cultures de l'étude
		Agriculture conventionnelle	Agriculture biologique	Agriculture conventionnelle		
BLE TENDRE	1				Blé tendre	B
MAIS GRAIN ET ENSILAGE	2				Maïs	M
ORGE	3				Orge	O
AUTRES CEREALES	4	Triticale	Triticale / seigle	Triticale / avoine	Triticale	C
COLZA	5				Colza	Z
TOURNESOL	6				Tournesol	T
AUTRES OLEAGINEUX	7	Lin oléagineux		Lin oléagineux	Lin oléagineux	L
PROTEAGINEUX	8	Luzerne		Luzerne	Luzerne	P
PLANTES A FIBRES	9	Chanvre	Chanvre	Chanvre	Chanvre	H
SEMENCES	10	NS	NS	Trèfle porte-graines, facélie, pois fourrager	Trèfle	S
GEL (SURFACES GELEES SANS PRODUCTION)	11	Prairie spontanée		Prairie spontanée	Gel prairial	G
GEL INDUSTRIEL	12	colza		Colza	Colza	Z
AUTRES GELS	13	NS	NS	NS		G
RIZ	14				NE	
LEGUMINEUSES A GRAINS	15	Pois H / Féverole / Pois P	Pois P/Féverole	Pois H / Féverole / Pois P	Pois H / Féverole H	P
FOURRAGE	16	Luzerne / trèfle	Luzerne / trèfle	Pois fourrager / blé fourrager	Luzerne	F
ESTIVES LANDES	17				NE	
PRAIRIES PERMANENTES	18				Prairie permanente	W
PRAIRIES TEMPORAIRES	19				Prairie temporaire	V
VERGERS	20	Pomme		Pomme	Verger	R
VIGNES	21				vigne	N
FRUITS A COQUE	22				NE	
OLIVIERS	23				NE	
AUTRES CULTURES INDUSTRIELLES	24	Blé éthanol	Tournesol	Pomme de terre fécule	Pomme de terre	I
LEGUMES-FLEURS	25	Oignon / pomme de terre		Oignon semences / pomme de terre	Oignon	E
CANNE A SUCRE	26				NE	
ARBORICULTURE	27				NE	
DIVERS	28	Sarrazin	NS	Sarrazin dérobé, moutarde semence	Sarrazin	D

Annexe B : Cartes de localisation des principales têtes de rotation dont la fréquence de retour est d'au moins 2/5 ans



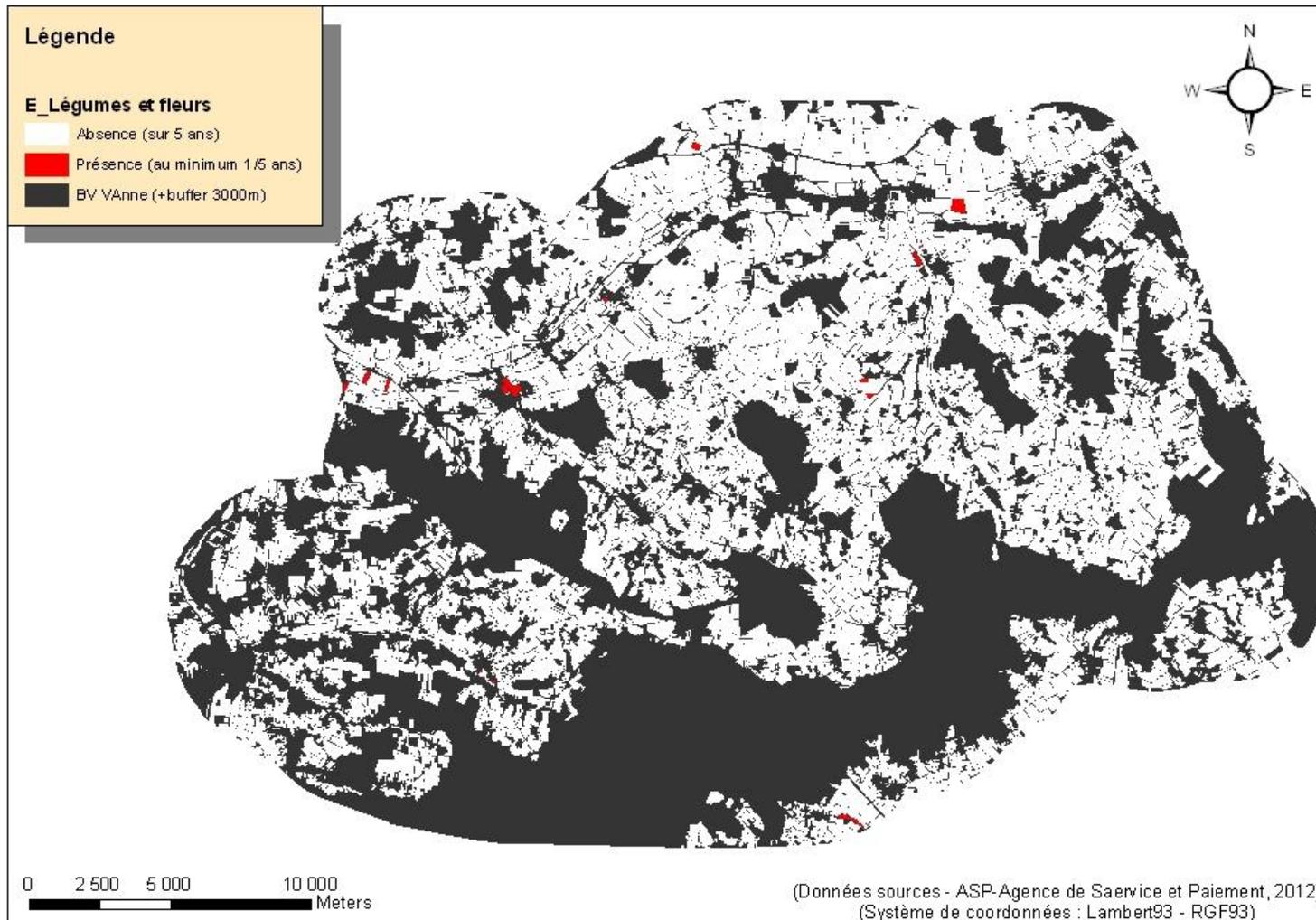
Distribution spatiale des ilots parcellaires occupés majoritairement par la catégorie culturelle "Autres céréales" (C)





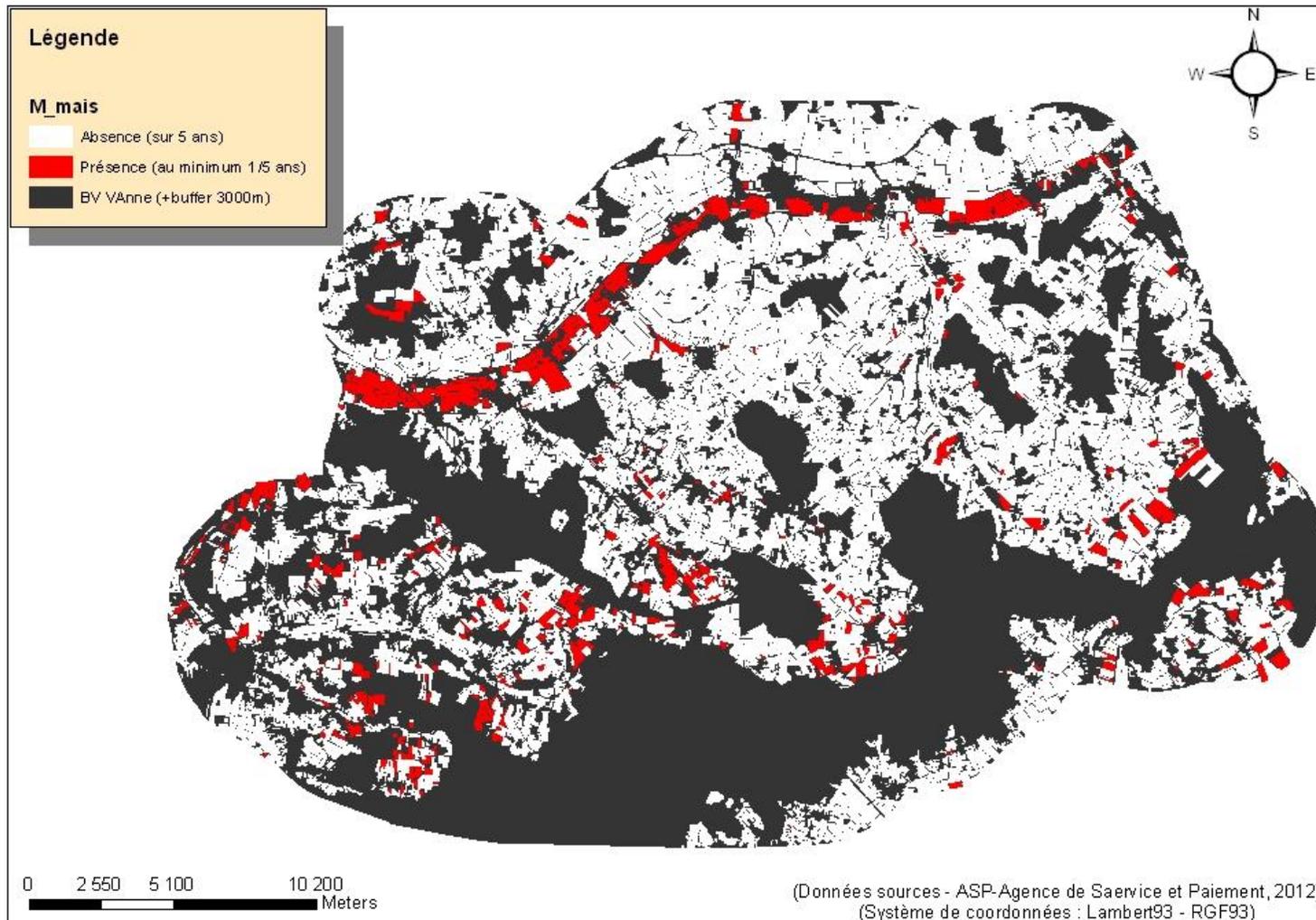
Distribution spatiale des ilots parcelaires occupés majoritairement par la catégorie culturelle "Gels" (G)





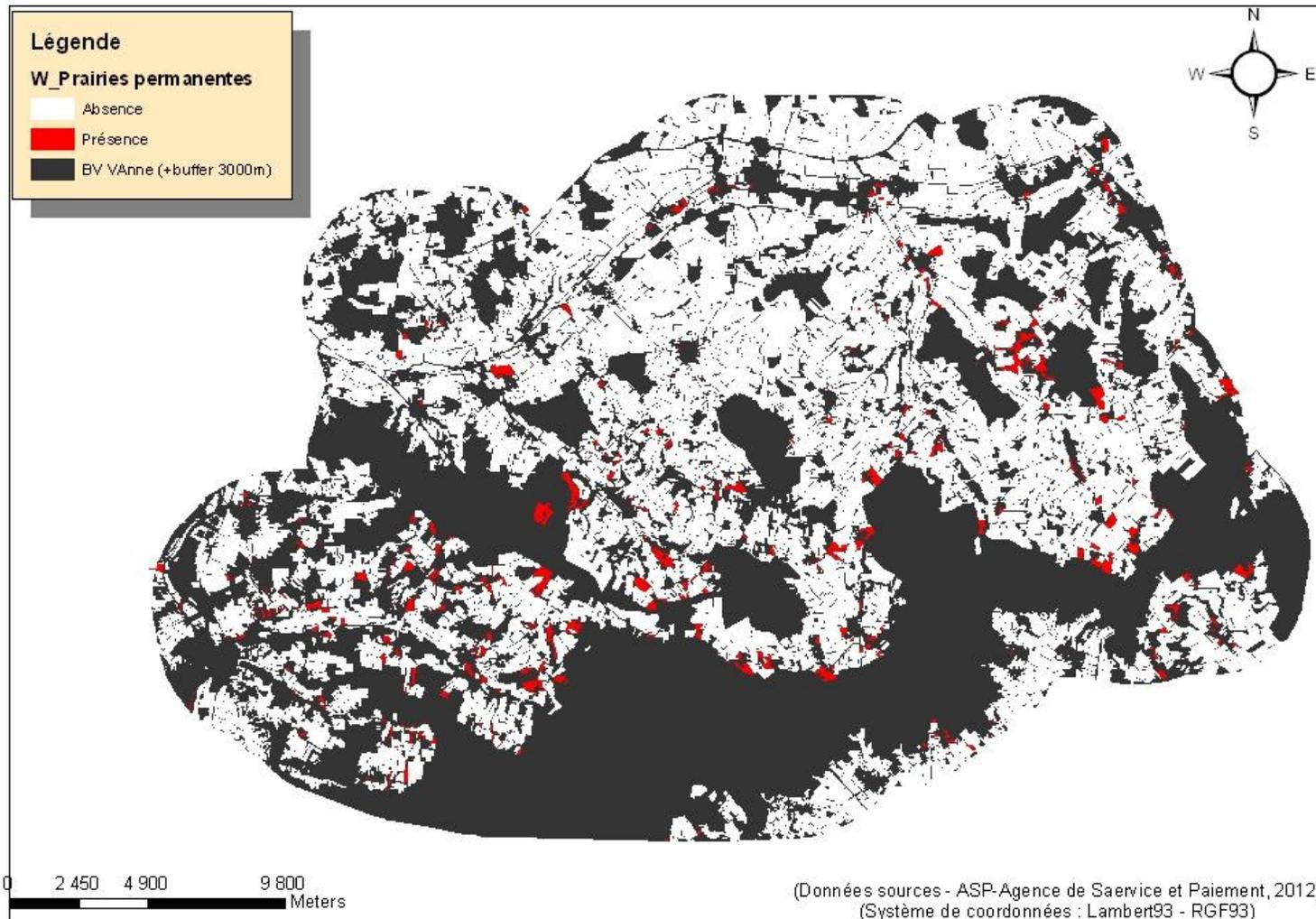
Distribution spatiale des ilots parcellaires occupés majoritairement par la catégorie culturelle "Légumes et fleurs" (E)





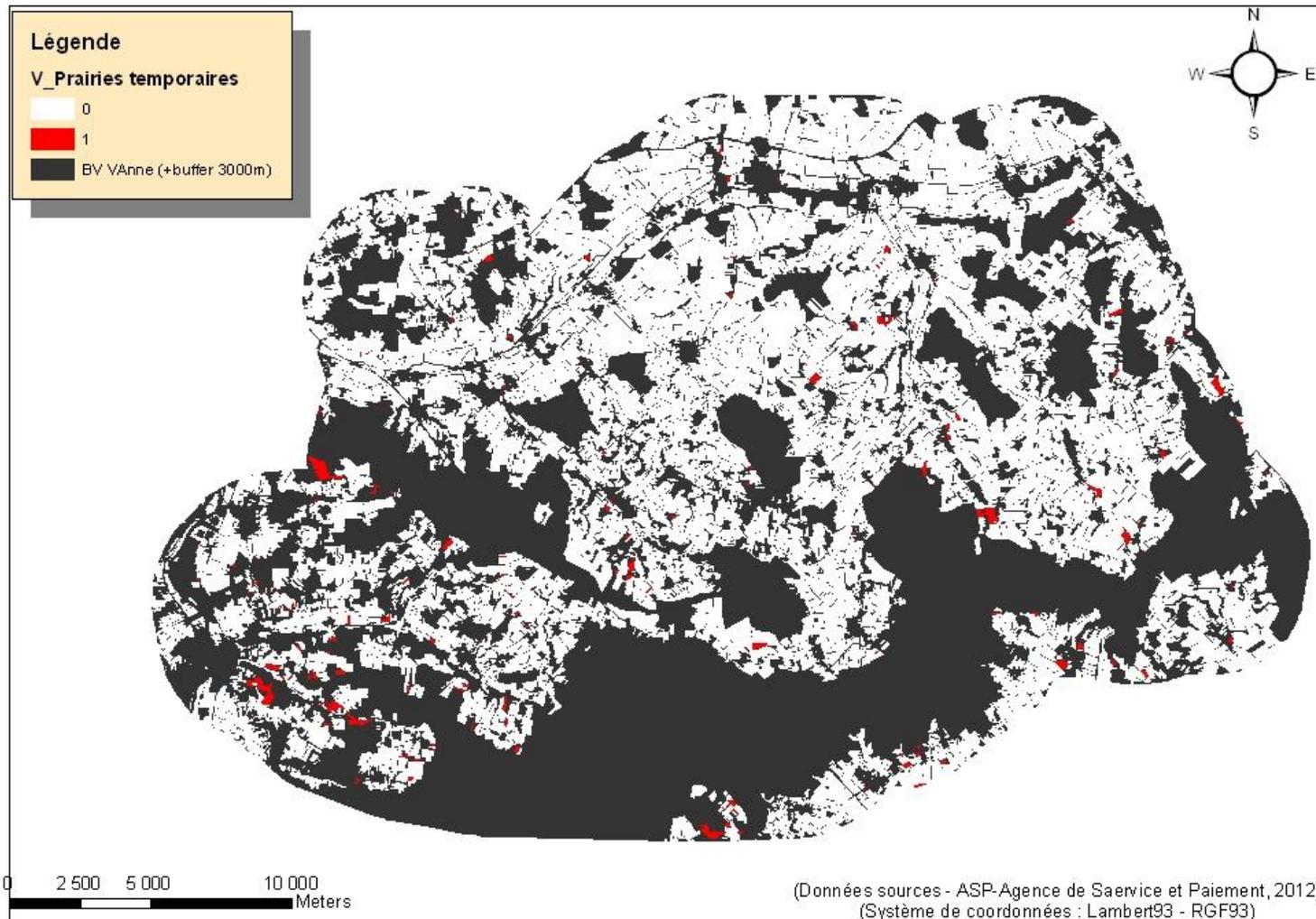
Distribution spatiale des ilots parcellaires occupés majoritairement par la culture Mais (M)





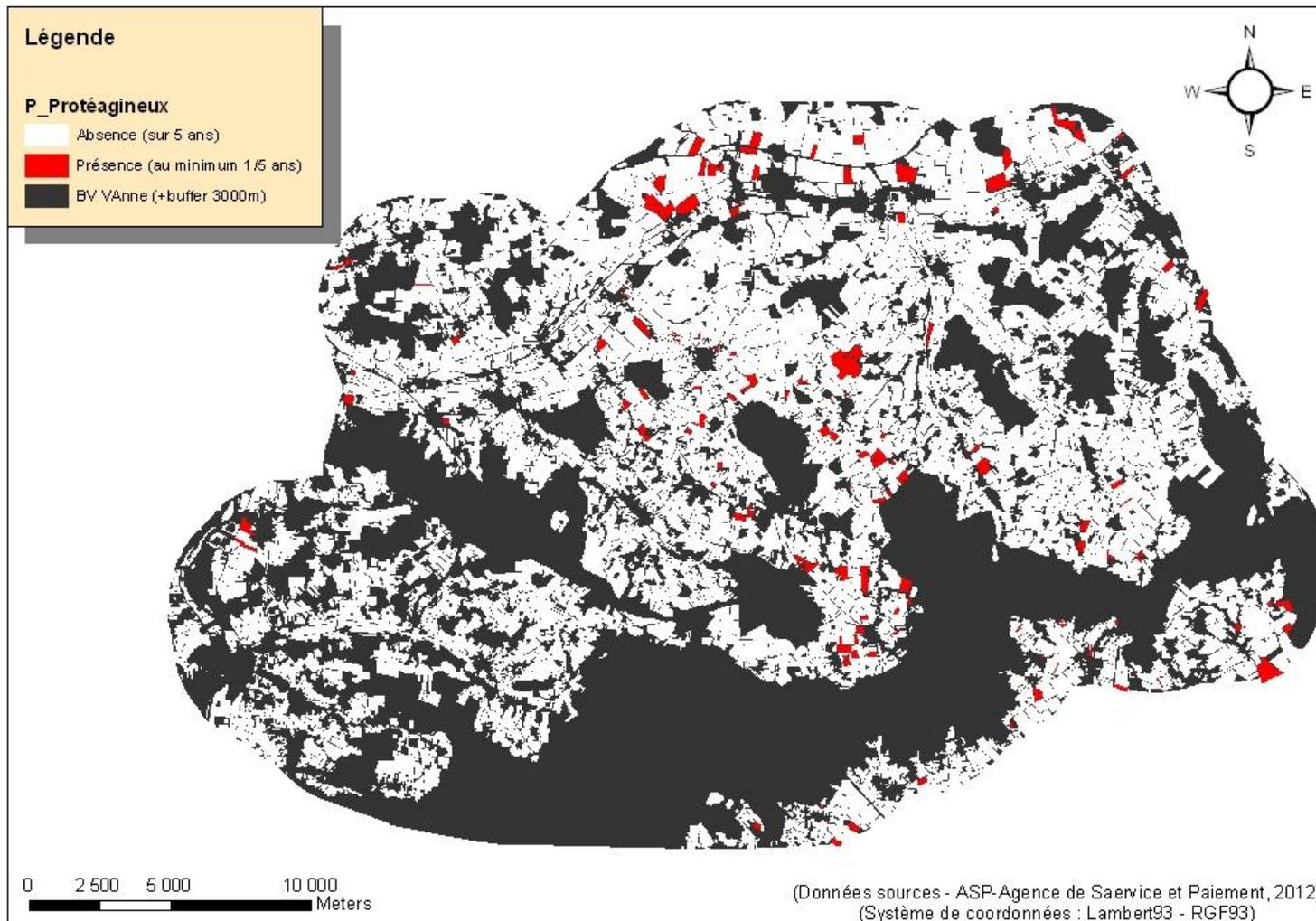
Distribution spatiale des ilots parcellaires occupés majoritairement par des prairies permanentes (W)





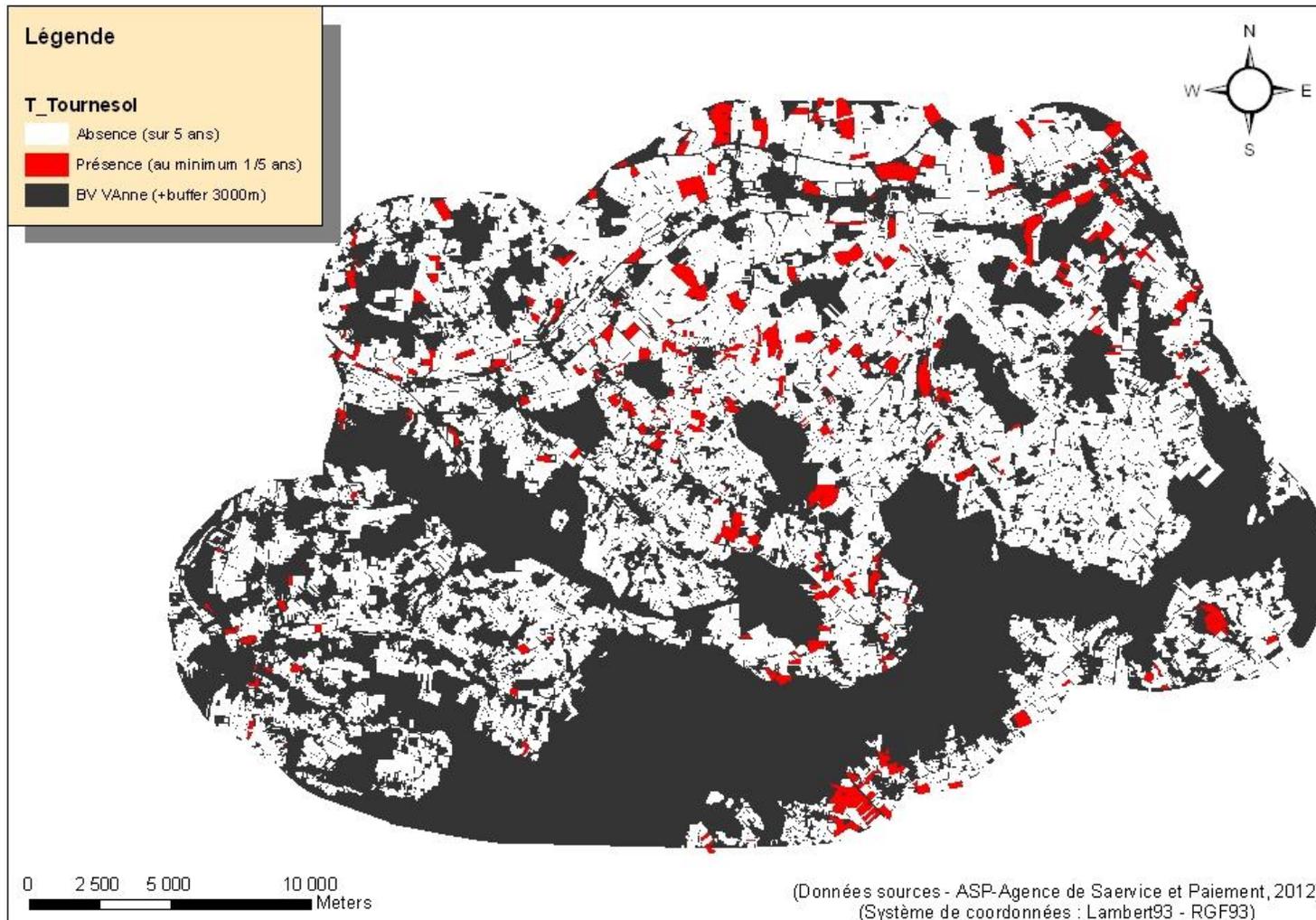
Distribution spatiale des ilots parcellaires occupés majoritairement par des prairies temporaires (V)





Distribution spatiale des ilots parcellaires occupés majoritairement par la catégorie culturelle "Protéagineux" (P)





Distribution spatiale des ilots parcelaires occupés majoritairement par la culture Tournesol (T)



Annexe C : Table partielle des 72ères successions culturelles types proposées à partir de l'analyse et de la classification des suites culturelles observées des îlots à culture unique au fil du temps – "1": successions existante, "2": succession probable mais peu fréquente, "3": succession improbable

Successions types potentielles	Nb îlots concernés	Fréquence (%)	Probabilité d'existence sur la zone
5_GGGGG	1122	15.33	1
6_ZBOZBB	903	12.34	2
3_ZBO	826	11.29	1
5_ZBOBB	787	10.75	2
5_WWWWW	422	5.77	1
3_ZBB	340	4.65	1
5_MMMMM	208	2.84	1
4_ZBBG	190	2.60	2
5_VVVVV	154	2.10	1
5_MBZBO	124	1.69	2
5_ZBBOO	110	1.50	2
3_CGG	106	1.45	3
2_MB	105	1.43	2
5_BBBBB	94	1.28	2
5_ZBBBB	92	1.26	2
2_ZC	86	1.18	3
5_ZBTBO	86	1.18	1
5_DDDDD	80	1.09	2
4_ZBOC	79	1.08	2
6_ZBOGBO	78	1.07	3
4_ZBOB	76	1.04	2
5_FFFFF	67	0.92	1
5_ZBZBO	62	0.85	1
6_ZBOTBO	56	0.77	1
3_MBO	47	0.64	1
4_TBBO	45	0.61	2
5_ZBOTB	45	0.61	1
5_BBOBO	44	0.60	3
4_ZBBB	43	0.59	2
6_ZBOPBO	40	0.55	1
5_ZBPBO	35	0.48	1
5_VK	32	0.44	2
3_MBG	29	0.40	3
3_TBO	28	0.38	2
2_Di	26	0.36	3
4_ZBOG	24	0.33	3
4_BBOO	23	0.31	3
4_FFBO	22	0.30	2
5_RRRRR	21	0.29	1
3_ZGO	20	0.27	3
5_OOOOO	19	0.26	2
4_TBZB	18	0.25	2
4_MMGG	16	0.22	2
5_ZBOZO	16	0.22	2

4_MMBO	15	0.20	2
5_ZBFBO	15	0.20	2
5_WK	14	0.19	2
4_TBOO	12	0.16	2
5_ZBOGB	12	0.16	3
3_BOO	11	0.15	3
4_ZGBO	11	0.15	3
2_BO	10	0.14	3
3_PBO	10	0.14	2
4_GBBB	10	0.14	3
4_PBBO	10	0.14	2
2_TG	9	0.12	3
3_DCC	9	0.12	3
4_MBOO	9	0.12	2
5_ZZZZZ	9	0.12	3
5_TBOTB	8	0.11	2
5_ZBHBO	8	0.11	2
6_ZBOZPB	8	0.11	2
4_ZBZO	7	0.10	3
5_MBBBB	7	0.10	2
5_ZBBOB	7	0.10	3
5_ZBBTB	7	0.10	2
6_PBOTBO	7	0.10	2

Annexe D : Table des classes d'occupation du sol utilisée pour la digitalisation

Nom de la classe d'occupation du sol (COS)	N° COS
Zone forestière	11
Bosquet	12
Jardin boisé	13
Zone parquée boisée	14
Haie	15
Zone en herbe	21
Friche	22
Culture céréalière	31
Autres cultures	32
Verger-Vignoble	33
Prairie	34
Bâti	41
Jardin non boisé	42
Zone parquée non boisée	43
Route et voies ferrées	51
Autoroute	52
Cours et plans d'eau	60

Annexe E : Détail des formations géologiques de la zone d'étude

Indice	Appellation	Remarques	Aptitude au ruissellement
C	Colluvions	crayeux englobé d'une matrice d'argilo-sableuse	1
C	Colluvions	crayeux	1
C	colluvions argilo-sableuses et caillouteux des bas versants et es vallons		1
C	crétacés	craie	1
C			1
C3	Turonien.	Craie avec ou sans silex	1
C3a	turonien	sous faciès crayeux	1
C3b	turonien	sous faciès crayeux	3
c3c	Turonien supérieur	crayeux	1
C3c			1
C3ti	turonien	argileuse à la base, gris et sans silex	3
C3tm	turonien	craie blanche	3
C3ts	turonien	craie blanche sans silex	3
c4	Coniacien	crayeux	3
C4	Sénonien (Coniacien, Santonien) Craie blanche	crayeux	3
C4-6a	sénonien	craie blanche	4
C4-6a	Sénonien	craie blanche compacte et résistante	4
C4-6b	Sénonien	craie blanche compacte et résistante	3
C4-6c	Sénonien	craie blanche, quelques silex	3
C4-6c	Sénonien	craie blanche compacte et résistante	3
C4-6d	Sénonien	craie blanche, silex gris	3
C4-6d	Sénonien	craie blanche noduleuse	3
C4-6e	Sénonien	craie blanche, silex gris	3
C4-6e	Sénonien	craie blanche noduleuse	3
C4-6f	Sénonien	craie blanche, silex gris	3
C4-6f	Sénonien	craie blanche noduleuse	3
C4-6g	Sénonien	craie blanche massive	3
C4-6g	Sénonien	craie blanche compacte, massive	3
C4-6h	Sénonien	craie blanche compacte, massive	4
c5	Santonien	crayeux	4
C5	Sénonien (Coniacien, Santonien) Craie blanche	crayeux	4
Cc	Colluvions de pente	colluvions crayeuses	2
Cc	Colluvions	crayeux	2
CF	Colluvions en bas de versants et remplissage de vallons secs		2

CF	Colluvions polygéniques de fond de vallons ou de vallées sèches		2
CIII	Colluvions	crayeux	2
CIII			2
CIII/Rs			2
e3	Sparnacien	sable blanc	1
e3-4	Yprésien	grès et poudingues, sables et argiles	3
e4	Cuisien	sable argileux	3
Fv	alluvions anciennes		1
Fv-w	alluvions anciennes	alluvions silicieux: galets, graviers et sables	1
Fv-w	alluvions anciennes		1
Fw	alluvions anciennes		1
Fw-x	alluvions anciennes		1
Fx	Alluvions anciennes. Moyenne terrasse	silex	1
Fx-y	Alluvions anciennes des vallées de la Vanne et de l'Orvin		1
Fy	Alluvions anciennes. Basse terrasse	silex	1
Fy	alluvions anciennes	grève calcaire, silex et sables	1
Fy	alluvions anciennes		1
Fy-z	alluvions anciennes		1
Fz	Alluvions actuelles et subactuelles, Argiles, sable calcaire et tourbe		1
Fz	Alluvions actuelles et subactuelles. Argiles, sable calcaire et tourbe		1
Fz	argiles sableuses avec tourbe	humide	1
Fz	alluvions actuelles et subactuelles	argiles sableuse, avec tourbes	1
FzT	Alluvions actuelles et subactuelles, Argiles, sable calcaire et tourbe		1
FzT	Alluvions actuelles et subactuelles. Argiles, sable calcaire et tourbe		1
GP	Grève crayeuse de bas de versants	colluvions crayeuses	1
GP	grèzes	éboulement en bas de pente	1
H	Sables et cailloutis de silex		3
H	formation d'épandage et de remaniement:	galet de silex, silex et sables	3
H	formation d'épandage:	matériaux éocènes	3
K	Colluvions et alluvions plus ou moins	calcaire	2

	remaniées		
K	Complexe de bas de versants. Colluvions et alluvions plus ou moins remaniées		2
K/Fx	colluvion, alluvions et apport éolien sur alluvions anciennes		2
K/Fx-y	colluvion, alluvions et apport éolien sur alluvions anciennes		2
K/Fy	colluvion, alluvions et apport éolien sur alluvions anciennes		2
K/Fz-y	colluvion, alluvions et apport éolien sur alluvions anciennes		2
L	Limons de pente	limono-argileux	3
L	Complexe limono-argileux de versants		3
LP	limons indifférenciés		3
LP	couverture limoneuse ou limoneuse-argileuse		3
LP/RIII-H			3
LP1	complexe limoneux et argileux, parfois sableux		3
LP1	couverture limoneuse parfois sableux ou argileux et hydromorphe		3
LP1/H			3
Ls	Limons argilo-sableux, Limons à silex		2
Ls	Limon à silex		2
LS	formation sup de versant		2
P	Formations de piedmont	silex, altération	2
Re4	formation résiduelle du Cuisien	sables, grès quartzites, conglomérats	2
RFp	Formations de piedmont		2
RIII	Argiles, sables et silex		3
RIII-H	Tertiaire ou Quaternaire. Complexe argilo-sableux du Pays d'Othe	crayeux	3
Rs	Formations résiduelles à silex	argile à silex ou matériaux argilo-sableux	4
Rs	formation à silex des plateaux	sur dépôts crayeux, argile rouges à silex	4
Rs	formation argilo-sableuse à silex	argile à silex ou matériaux sablo-argileux	4
Rs	formation résiduelles argilo-sableuse à silex	argile à silex ou matériaux argilo-sableux	4
Rs	formation de versant argilo-sableuse à silex	silex dans argile ou sablo-argileuse	4

Annexe F : Critères, système de pondération et valeurs culturelles pour l'obtention des coefficients cultureux

Cultures		Critères d'évaluation de la limitation des processus d'érosion (d'après Gabriels et al., 2003)						SP	$\frac{SP}{SP_{\max \text{ potentiel}}}$	$\frac{SP}{SP_{\max \text{ calculé}}}$	C. C ult.
Codes	Noms	Architecture du système racinaire	Distance inter-rangs	Date de semis	Vitesse de fermeture du couvert	Port foliaire	Acceptation terrain motteux				
		Capacité à retenir les sols	Occupation du sol	Durée sol nu	Amoindrissement de l'effet "splash"	Interception de la pluie	Évite la battance				
		Poids : 0.05	Poids : 0.15	Poids: 0.35	Poids : 0.2	Poids : 0.15	Poids : 0.1				
C	Avoine	5	5	4	1	3	3	3.35	0.68	0.74	1.05
I	Betterave sucr.	1	2	2	3	5	2	2.60	0.53	0.57	1.35
B	Blé	5	5	4	1	3	3	3.35	0.68	0.74	1.05
F	Blé fourrager	5	5	4	1	3	3	3.35	0.68	0.74	1.05
S	Carotte sem.	1	3	5	2	1	1	2.90	0.59	0.64	1.21
H	Chanvre	3	5	2	5	3	3	3.35	0.68	0.74	1.05
Z	Colza	4	4	5	2	4	2	3.75	0.77	0.82	0.93
O	Escourgeon	5	5	4	1	3	3	3.35	0.68	0.74	1.05
P	Féverole P	4	5	2	3	4	4	3.25	0.66	0.71	1.08
P	Féverole H (ref.)	3	5	4	1	4	4	3.50	0.71	0.77	1.00
L	Lin oléagineux	3	5	2	2	1	2	2.35	0.48	0.52	1.49
F	Luzerne	4	5	5	4	3	1	4.05	0.83	0.89	0.87
M	Mais ensilage	4	1	2	2	2	4	2.15	0.44	0.47	1.63
M	Mais grain	4	1	2	2	2	4	2.15	0.44	0.47	1.63
C	Avoine	5	5	4	1	3	3	3.35	0.68	0.74	0.82
E	Oignon (sem.)	1	2	3	1	1	1	1.85	0.38	0.41	1.17
F	Orge fourrager	5	5	4	1	3	3	3.35	0.68	0.74	1.89
O	Orge P	3	5	3	3	3	3	3.30	0.67	0.73	1.05
P	Pois H	4	5	4	1	2	4	3.25	0.66	0.71	1.06
P	Pois P	4	5	2	3	2	4	2.95	0.60	0.65	0.77
I	Pomme de terre	1	1	2	2	4	4	2.30	0.47	0.51	1.08
V	Prairie temp.	5	5	5	4	4	2	4.35	0.89	0.96	1.19
C	Sarrasin	3	5	2	3	2	3	2.80	0.57	0.62	1.52
C	Seigle	5	5	4	1	3	3	3.35	0.68	0.74	0.81
T	Tournesol	3	1	2	2	4	4	2.40	0.49	0.53	1.25
S	Trèfle sem.	4	5	5	2	3	1	3.65	0.74	0.80	1.05
C	Triticale	5	5	4	1	3	3	3.35	0.68	0.74	1.46
F	Vesce commune	3	5	5	4	3	3	4.20	0.86	0.92	0.96
G	Ray Grass	5	5	5	2	3	3	3.90	0.80	0.86	1.05
VPM		0.25	0.75	1.75	1	0.75	0.4	SP_{max potentiel} 4.90		SP_{max ref.} 0.77	C. Cult. moy. 1.05

(SP : Somme pondérée; SP_{max potentiel}: Somme pondérée maximum potentielle; SP_{max calculé}: Somme pondérée maximum calculée; C.Cult. = coefficient cultural; C.Cult.moy: coefficient cultural moyen; sucr.: sucrière; sem. : semence; ref.: référence)

Annexe G : liste des 161 combinaisons issues du processus de concaténation de l'étape N°2 de l'arbre de décision et les aménagements types proposés correspondants

Combinaisons issues de la concaténation	Codes Aménagement type proposé	Nombre de parcelles concernées
IAP_0_0_0_0_0	IEP_?	22
IAP_0_0_0_0_1	IEP_C_?	21
IAP_0_0_0_1_0	IEP_?	11
IAP_0_0_0_1_1	IEP_C_?	20
IAP_0_0_1_0_0	IEP_?	132
IAP_0_0_1_0_1	IEP_C_?	27
IAP_0_0_1_1_0	IEP_?	167
IAP_0_0_1_1_1	IEP_C_?	23
IAP_0_1_0_0_0	IAP_mH+BH	9
IAP_0_1_0_0_1	IEP_C_?	12
IAP_0_1_0_1_1	IEP_C_?	1
IAP_0_1_1_0_0	IAP_mH	61
IAP_0_1_1_0_1	IAP_C_mH+BH	7
IAP_0_1_1_1_0	IAP_mH+BH	57
IAP_0_1_1_1_1	IAP_mH+BH	8
IAP_1_0_0_0_0	IEP_mH+BH	7
IAP_1_0_0_0_1	IEP_C_mH+BH	2
IAP_1_0_0_1_0	IAP_AF+herb	3
IAP_1_0_0_1_1	IAP_AF+herb	1
IAP_1_0_1_0_0	IAP_AF+herb	42
IAP_1_0_1_0_1	IEP_C_mH+BH	17
IAP_1_0_1_1_0	IEP_C_mH+BH	80
IAP_1_0_1_1_1	IEP_C_mH+BH	29
IAP_1_1_0_0_0	IEP_Hhtig	7
IAP_1_1_0_0_1	IEP_C_Hhtig	9
IAP_1_1_0_1_0	IEP_Hhtig	9
IAP_1_1_0_1_1	IEP_Hhtig	6
IAP_1_1_1_0_0	IEP_Hhtig	93
IAP_1_1_1_0_1	IEP_C_Hhtig	15
IAP_1_1_1_1_0	IAP_AF	105
IAP_1_1_1_1_1	IAP_AF	20
IAP_CR_0_0_0_1_1	IAP_R_enH	2
IAP_CR_0_0_1_0_0	IAP_R_enH	5
IAP_CR_0_0_1_0_1	IAP_R_mH+enH	2
IAP_CR_0_0_1_1_0	IAP_R_enH	7
IAP_CR_0_0_1_1_1	IAP_R_mH+enH	1
IAP_CR_0_1_0_0_0	IAP_R_mH+enH	1
IAP_CR_0_1_0_1_1	IAP_CR_mH+enH	1
IAP_CR_0_1_1_0_0	IAP_R_mH+enH	3
IAP_CR_0_1_1_0_1	IAP_CR_mH+enH	1
IAP_CR_0_1_1_1_0	IAP_R_mH+enH	3
IAP_CR_0_1_1_1_1	IAP_CR_mH+enH	1
IAP_CR_1_0_1_0_0	IAP_R_Hhtig+enH	3
IAP_CR_1_0_1_0_1	IEP_CR_Hhtig+enH	1
IAP_CR_1_0_1_1_0	IAP_R_AF+enH	2
IAP_CR_1_1_0_1_1	IEP_R_Hhtig+enH	1
IAP_CR_1_1_1_0_0	IEP_R_Hhtig+enH	5
IAP_CR_1_1_1_0_1	IEP_CR_Hhtig+enH	1
IAP_CR_1_1_1_1_0	IAP_R_AF	3
IAP_CR_1_1_1_1_1	IAP_CR_AF	1
IAP_C_0_0_0_0_0	IEP_?	3

IAP_C_0_0_0_0_1	IEP_C_?	2
IAP_C_0_0_0_1_1	IEP_C_?	1
IAP_C_0_0_1_0_0	IAP_BH	6
IAP_C_0_0_1_0_1	IAP_C_mH+BH	2
IAP_C_0_0_1_1_0	IAP_BH	8
IAP_C_0_0_1_1_1	IAP_C_mH+BH	4
IAP_C_0_1_0_0_0	IAP_mH+BH	4
IAP_C_0_1_0_0_1	IEP_C_mH+BH	1
IAP_C_0_1_0_1_0	IEP_mH+BH	1
IAP_C_0_1_0_1_1	IEP_C_mH+BH	2
IAP_C_0_1_1_0_0	IAP_mH+BH	3
IAP_C_0_1_1_0_1	IEP_C_mH+BH	1
IAP_C_0_1_1_1_0	IAP_mH+BH	3
IAP_C_0_1_1_1_1	IAP_C_mH+BH	2
IAP_C_1_0_0_0_0	IAP_enH	1
IAP_C_1_0_0_0_1	IEP_C_mH+BH	1
IAP_C_1_0_1_0_0	IEP_mH+BH	4
IAP_C_1_0_1_0_1	IEP_C_mH+BH	1
IAP_C_1_0_1_1_0	IEP_mH+BH	3
IAP_C_1_1_0_1_0	IEP_Hhtig	1
IAP_C_1_1_1_0_0	IEP_Hhtig	10
IAP_C_1_1_1_0_1	IEP_C_Hhtig	1
IAP_C_1_1_1_1_0	IAP_AF	11
IAP_C_1_1_1_1_1	IAP_AF	2
IAP_R_0_0_0_0_0	IAP_R_enH	1
IAP_R_0_0_1_0_0	IAP_R_enH	4
IAP_R_0_0_1_1_0	IAP_R_enH	9
IAP_R_0_1_1_0_0	IAP_R_mH+enH	3
IAP_R_0_1_1_0_1	IAP_CR_mH+enH	1
IAP_R_0_1_1_1_0	IAP_R_mH+enH	2
IAP_R_1_0_0_0_1	IEP_R_Hhtig+enH	2
IAP_R_1_0_1_0_0	IAP_R_Hhtig+enH	5
IAP_R_1_0_1_0_1	IEP_CR_Hhtig+enH	1
IAP_R_1_0_1_1_0	IEP_R_Hhtig+enH	5
IAP_R_1_1_1_0_0	IEP_R_Hhtig+enH	4
IAP_R_1_1_1_1_0	IAP_R_AF	6
IAP_R_1_1_1_1_1	IAP_R_AF	2
IEP_0_0_0_0_0	IEP_?	184
IEP_0_0_0_0_1	IEP_C_?	196
IEP_0_0_0_1_0	IEP_?	142
IEP_0_0_0_1_1	IEP_C_?	118
IEP_0_0_1_0_0	IEP_Hhtig	265
IEP_0_0_1_0_1	IEP_C_Hhtig	89
IEP_0_0_1_1_0	IEP_Hhtig	331
IEP_0_0_1_1_1	IEP_C_Hhtig	95
IEP_0_1_0_0_0	IEP_mH+BH	100
IEP_0_1_0_0_1	IEP_C_mH+BH	76
IEP_0_1_0_1_0	IAP_enH	62
IEP_0_1_0_1_1	IAP_C_mH+BH	53
IEP_0_1_1_0_0	IAP_mH+BH	107
IEP_0_1_1_0_1	IEP_C_mH+BH	32
IEP_0_1_1_1_0	IAP_mH+BH	150
IEP_0_1_1_1_1	IAP_C_mH+BH	42
IEP_1_0_0_0_0	IAP_enH	49
IEP_1_0_0_0_1	IAP_C_enH	67
IEP_1_0_0_1_0	IAP_enH	49

IEP_1_0_0_1_1	IEP_C_mH+BH	58
IEP_1_0_1_0_0	IAP_mH+BH	42
IEP_1_0_1_0_1	IEP_C_mH+BH	17
IEP_1_0_1_1_0	IEP_mH+BH	101
IEP_1_0_1_1_1	IEP_C_mH+BH	24
IEP_1_1_0_0_0	IEP_Hhtig	93
IEP_1_1_0_0_1	IEP_C_Hhtig	98
IEP_1_1_0_1_0	IEP_Hhtig	66
IEP_1_1_0_1_1	IEP_C_Hhtig	59
IEP_1_1_1_0_0	IEP_Hhtig	162
IEP_1_1_1_0_1	IEP_C_Hhtig	60
IEP_1_1_1_1_0	IAP_AF	211
IEP_1_1_1_1_1	IAP_C_AF	48
IEP_CR_0_0_1_0_0	IAP_R_enH	3
IEP_CR_0_0_1_1_1	IAP_R_mH+enH	1
IEP_CR_0_1_1_1_0	IAP_R_mH+enH	1
IEP_CR_1_0_1_1_0	IAP_R_mH+enH	1
IEP_CR_1_1_1_0_0	IEP_R_Hhtig+enH	1
IEP_CR_1_1_1_1_0	IAP_R_AF	1
IEP_C_0_0_0_0_0	IEP_?	16
IEP_C_0_0_0_0_1	IEP_C_?	25
IEP_C_0_0_0_1_0	IEP_?	13
IEP_C_0_0_0_1_1	IEP_C_?	12
IEP_C_0_0_1_0_0	IEP_Hhtig	25
IEP_C_0_0_1_0_1	IEP_C_Hhtig	17
IEP_C_0_0_1_1_0	IEP_Hhtig	38
IEP_C_0_0_1_1_1	IEP_C_Hhtig	9
IEP_C_0_1_0_0_0	IEP_mH+BH	8
IEP_C_0_1_0_0_1	IEP_C_mH+BH	7
IEP_C_0_1_0_1_0	IAP_enH	3
IEP_C_0_1_0_1_1	IAP_C_mH+BH	7
IEP_C_0_1_1_0_0	IAP_mH+BH	9
IEP_C_0_1_1_0_1	IEP_C_mH+BH	2
IEP_C_0_1_1_1_0	IAP_mH+BH	9
IEP_C_0_1_1_1_1	IAP_C_mH+BH	5
IEP_C_1_0_0_0_0	IAP_enH	4
IEP_C_1_0_0_0_1	IAP_C_enH	5
IEP_C_1_0_0_1_0	IAP_enH	4
IEP_C_1_0_0_1_1	IEP_C_mH+BH	8
IEP_C_1_0_1_0_0	IAP_mH+BH	4
IEP_C_1_0_1_0_1	IEP_C_mH+BH	1
IEP_C_1_0_1_1_0	IEP_mH+BH	7
IEP_C_1_0_1_1_1	IEP_C_mH+BH	1
IEP_C_1_1_0_0_0	IEP_Hhtig	10
IEP_C_1_1_0_0_1	IEP_C_Hhtig	9
IEP_C_1_1_0_1_0	IEP_Hhtig	1
IEP_C_1_1_0_1_1	IEP_C_Hhtig	4
IEP_C_1_1_1_0_0	IEP_Hhtig	15
IEP_C_1_1_1_0_1	IEP_C_Hhtig	2
IEP_C_1_1_1_1_0	IAP_AF	14
IEP_C_1_1_1_1_1	IAP_C_AF	2
INFIL	INFIL	4400
Prairie	Prairie	713

Annexe H : Liste et descriptif des variables constitutives de l'information parcellaire générée au cours des processus de diagnostic des vulnérabilités

Intitulés variables	Signification variables	Nature variables	Gamme des valeurs	Transformation ex post	Remarques
ID_agri	Identifiant Agriculteur	Code ASP	Voir descriptif ASP	non	Anonyme
N_ilo_2010	N° d'îlot ASP correspondant	Code ASP	Voir descriptif ASP	non	Année 2010, voir descriptif ASP
Enquete	Enquête réalisée ou non sur l'exploitation	binaire	[0 - 1] ("0" = non, "1" = oui)	non	Est attribué aux parcelles des exploitations enquêtées
Eros_moy	Valeur moyenne parcellaire de la sensibilité érosion	Quantitative	[0 – 9.89]	oui	Reclassification en 5 (7) classes
Eros_med	Valeur médiane parcellaire de la sensibilité érosion	Qualitative	5 classes de 1 à 5	non	Classes "0" et "10" existent mais non prises en compte
BV_bet_ID	Identifiant bassin dépression	Code	Voir rapport de synthèse Vanne 2012	non	
BV_bet_ON	Contient un bassin de dépression ?	binaire	[0; 1] – "0" = non, "1" = oui	non	
Ruislt_moy	Valeur moyenne vulnérabilité ruissellement	Quantitative	[0 – 45]	oui	Est reclassée selon 5 classes de ruissellement (1 à 5)
Val_sech	Contient une vallée sèche ?	binaire	[0; 10] – "0" = non, "1" = oui; pas intersectée	non	
OCSOL_fin	N° Classe Occupation des Sols (COS)	Qualitative	[11 – 42]	non	Seulement des COS applicables aux parcelles
textursol	Texture de surface du sol	Qualitative	Voir rapport de synthèse Vanne 2012	non	
DimFarc	Dimension fractale parcellaire	Quantitative	[0.988 – 3.113]	oui	En trois classes de dimension fractale
Succession	Code des successions types	Qualitative	Voir rapport de synthèse Vanne 2012	non	Permet de différencier prairies vs. terres arables
Ruislt_cat	Note de vulnérabilité au ruissellement	Qualitative	5 classes de 1 à 5	non	
pente_max	Pente parcellaire maximale	Quantitative	[0 – 21.05] (%)	non	
pentmoy	Pente parcellaire moyenne	Quantitative	[0 – 15.57] (%)	non	
Acflumoy	Accumulation moyenne de flux parcellaire	Quantitative	[0 – 368000] (m ²)	oui	En trois classes d'accumulation moyenne
Acflumax	Accumulation maximale de flux parcellaire	Quantitative	[0 – 8856000] (m ²)	oui	En trois classes d'accumulation maximale
Igflumax	Longueur de flux parcellaire	Quantitative	[0 – 4937] (m)	oui	En trois classes de longueur de flux

Intitulés variables	Signification variables	Nature variables	Gamme des valeurs	Transformation ex post	Remarques
Codenqet	Code enquête exploitation	Code ASET	Voir rapport de synthèse Vanne 2012	non	Si présent, exploitation agricole enquêtée
conec_moy	Valeur des besoins parcellaires en connectivité	Quantitative	[0 – 5]	non	Normalisation
EdfTelcom	Contient un réseau EDF et/ou Telecom ?	binaire	[0; 1] – "0" = non, "1" = oui	non	
IDPRmoy	Valeur moyenne vulnérabilité infiltration	Quantitative	[0 – 2000]	non	[0 – 800] = infiltrant et [1200-2000] = ruisselant
IDPRclass	Classe de vulnérabilité à l'infiltration	Qualitative	5 classes de 1 à 5	non	Classe "1" non infiltrant , classe "5" = fortement infiltrant
NGVi	Note globale de vulnérabilité de la parcelle i	Quantitative	[1.29 – 4.97]	non	Produit résultat de la somme pondérée des vulnérabilités individuelles
Amg_col1	Nécessite un aménagement collectif (selon superficie et appartenance à bassin de dépression de bétail)	binaire	[0; 1] – "0" = non, "1" = oui	non	
Rayoncol	Taille (m) du rayon de la parcelle i	Quantitative	[12.31 – 397.5]	non	En assumant que la parcelle a une surface circulaire ($A=\pi*r^2$)
Nbparcol	Nombre de parcelles nécessitant un aménagement collectif dans le buffer de la parcelle i	Quantitative	[0 – 16]	Non	
Npcolbuf	Nombre total de parcelles dans le buffer de la parcelle i	Quantitative	[1 – 39]	Non	
Npcolenq	Nombre de parcelles nécessitant un aménagement collectif dans le buffer de la parcelle i et enquêtées	Quantitative	[0 – 21]	Non	
Surfparc	Classe de surface des parcelles	Qualitative	[1 – 3]	Non	Classe "1" <= 2ha , classe "2" =]2 – 5ha], classe "3" > 5ha
CompassA	Orientation de la parcelle i par rapport au nord	Quantitative]0 – 180°[et = -180°	Non	Issue de la fonction Compass d'ArcGis (calcul brut)

Intitulés variables	Signification variables	Nature variables	Gamme des valeurs	Transformation ex post	Remarques
DirMean	Orientation de la parcelle i par rapport au nord	Quantitative	[0 – 90°[puis [270 – 360°[Non	Transformation de CompassA pour avoir un angle + ou 90 autour du nord
orient	Orientation de la parcelle i par rapport au nord	Quantitative	[0 – 180°]	Non	Après transformation des valeurs 270-360° ; au final seules les parcelles ayant moins ou égal de 30° / nord et plus ou égal de 150° par rapport au nord sont bonnes pour l'agroforesterie intraparcellaire en lignes
Orien_ok	Classe d'orientation de l'axe de la parcelle par rapport au nord pour accueillir de l'agroforesterie intraparcellaire en ligne	Qualitative	[0; 1] – "0" = pas ok, "1" = ok	Non	1 = ok, veut dire un angle de moins de ou égal à 30° entre le nord et le sens du labour (ou la plus grande longueur pour les prairies)
orienalt1	Classe d'orientation au nord + superficie (figure 32 du rapport – attention la légende de la figure 32 est erronée car il s'agit bien de la classe "0" < 30°/nord)	Qualitative	Classe "0" = <30°/nord, classe "1" >= 30°/nord et moins de 15ha de superficie, classe "2" >=30°/nord et >= à 15 ha	Non	Permet du fait d'une superficie importante, mais d'une orientation du sens du travail Est/ouest d'envisager une AF intraparcellaire en lignes après changement de sens de labour
Vuln_0_1	?				Pas d'intérêt direct
Npcolvul	?				Pas d'intérêt direct
Sum_Enquet	?				Pas d'intérêt direct
Sum_Eros_1	?				Pas d'intérêt direct
Sum_Ruis_1	?				Pas d'intérêt direct
Sum_conec_	?				Pas d'intérêt direct
Sum_IDPRcl	?				Pas d'intérêt direct
Sum_NGVi	?				Pas d'intérêt direct
NpcoVupp	?				Pas d'intérêt direct

Intitulés variables	Signification variables	Nature variables	Gamme des valeurs	Transformation ex post	Remarques
Dir_RSLT	Angle du ruissellement par rapport au nord au sein parcelle i	Quantitative	[0 – 180°]	Oui pour obtenir une valeur allant de 0 à 90° par rapport au nord	
orient90	Orientation de la parcelle i par rapport au nord ramenée sur 90°	Quantitative	[0 – 90°]	Orient90 = valeur absolue (orient – 180°)	Formule appliquée seulement pour les angles Orient supérieurs à 90°
DirrsI90	Orientation de l'axe de ruissellement moyen des parcelles i par rapport au nord et ramené à 90°	Quantitative	[0 – 90°]	DirrsI90 = valeur absolue (Dir-Rslt – 180°)	Formule appliquée seulement pour les angles Dir-RSLT supérieurs à 90°
ecarangle	Potentiel d'interception des ruissellements intraparcellaires par des lignes d'arbres agroforestières intraparcellaires	Quantitative	[-90 – 90°]	non	Ecarangle = DirrsI90 – orient90
stopRSLT	Capacité d'interception des lames ruisselantes	Qualitative	[0; 1] – "0" = interception limitée, "1" = interception efficace	Non	Si un écart d'angle de moins de 30° existe entre ruissellement et lignes d'arbres fictives, l'interception est jugée efficace ("1") sinon "0"
Valsech_YN	Présence d'une vallée sèche au sein de la parcelle i	Qualitative	[0; 1] – "0" = pas de vallée sèche, "1" = vallée sèche	Non	
Idpr_brgm	Indice d'infiltration issu de l'IDPR du BRGM	Quantitative	[0 – 2000]	Non	
Betoir_nb	Nombre de bétoires contenus dans la parcelle i	Quantitative	[0 – 3]	Non	Nombre entier
CAHclass	Numéro de classe statistique des vulnérabilités (ADD 1ère étape, Figure 38)	Qualitative	[1 – 11]	Non	
CODE_CLASS	Codification textuelle des classes statistiques de vulnérabilité (ADD 1 ^{ère} étape)	Qualitative (textuelle)	"CR" = enjeux connectivité et ruissellement, "INFIL" = enjeu infiltration, "R" = enjeu ruissellement	Non	
CODE_BET	Contient une bétoire	Qualitative	[0; 1] – "0" non, "1" = oui	Non	

Intitulés variables	Signification variables	Nature variables	Gamme des valeurs	Transformation ex post	Remarques
CODE_BVBET	Appartient au bassin de dépression d'une bétairie	Qualitative	[0; 1] – "0" non, "1" = oui	Non	
CODE_VALSE	Contient une vallée sèche	Qualitative	[0; 1] – "0" non, "1" = oui	Non	
CODE_LGFLU	Positionnement de la parcelle le long d'un chemin d'eau	Qualitative	[0 - 2] – "0" amont, "1" = intermédiaire, "2" = aval	Non	
CONCATEN_C	Code concaténé des 5 précédents codes	Qualitative			Cf. tableau 20
AMNGT_TYPE	Code des aménagements types potentiel (figure 43)	Qualitative (textuelle)	Voire figure 43	Oui → ADD 2 ^{ème} étape	
CODE_PRAIR	Distinction des parcelles prairiales	Qualitative (textuelle)	"prairie" si la variable "succession" est "vvvvv = prairie temporaire" ou "wwwww = prairie permanente", sinon, AMNGT_TYPE	Oui → ADD 2 ^{ème} étape	
CODE_ORIEN	Classe d'orientation de l'axe de la parcelle par rapport au nord pour accueillir de l'agroforesterie intraparcellaire en ligne	Qualitative	[0; 1] – "0" = pas ok, "1" = ok	Non	Egale à la variable "ORIENT_OK"
CODE_INTER	Potentiel d'interception des ruissellements par l'agroforesterie intraparcellaire en ligne	Qualitative	[0; 1] – "0" = pas ok, "1" = ok	Non	Egale à la variable "stopRSLT"
CODE_SAU	Accueil potentiel de l'intraparcellaire (>= 2ha)	Qualitative	[0; 1] – "0" = pas ok, "1" = ok	Non	
CODE_FRAC	Dimension fractale favorable ou non à l'agroforesterie intraparcellaire en ligne	Qualitative	[0; 1] – "0" = pas ok, "1" = ok	Non	
CODE_AMNGT	Aménagement collectif à entreprendre	Qualitative	[0; 1] – "0" = pas ok, "1" = ok	Non	Egale à " Amg_col1"
CONCATEN_1	Code concaténé des 7 précédents codes	Qualitative			Cf. Annexe G
AMNGT_TY_1	Les aménagements types proposés	Qualitative			Cf. tableau 21
AMNGT_TY_2	Les 26 aménagements types proposés	Qualitative			Cf. figure 44

SHautes	La parcelle appartient à l'AAC des Sources Hautes	Qualitative	[0; 1] – "0" non, "1" = oui	Non	
SBasses	La parcelle appartient à l'AAC des Sources Basses	Qualitative	[0; 1] – "0" non, "1" = oui	Non	
Cochepie	La parcelle appartient à l'AAC de Cochepies	Qualitative	[0; 1] – "0" non, "1" = oui	Non	
area_m2	Surface parcellaire	Quantitative	[0.076 – 848800] (m ²)	Oui (en hectare)	Les parcelles très petites sont à exclure
perimm_m	Périmètre parcellaire	Quantitative	[18.08 – 5686.90] (m)	non	Les parcelles très petites sont à exclure

