



HAL
open science

Méthodologie de spatialisation de pratiques agricoles dans les territoires à enjeux environnementaux

Thomas Puech, Pierre Cantelaube, Eric Cahuzac, Catherine Mignolet, Céline Schott

► **To cite this version:**

Thomas Puech, Pierre Cantelaube, Eric Cahuzac, Catherine Mignolet, Céline Schott. Méthodologie de spatialisation de pratiques agricoles dans les territoires à enjeux environnementaux. Journée Thématique SAE2 “ Territorialisation des systèmes de production ”, Dec 2016, Paris, France. 2016. <hal-01604534>

HAL Id: hal-01604534

<https://hal.science/hal-01604534v1>

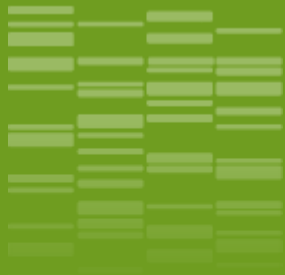
Submitted on 3 Jun 2020

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

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



Distributed under a Creative Commons CC BY-SA 4.0 - Attribution - ShareAlike - International License



Méthodologie de spatialisation de pratiques agricoles dans les territoires à enjeux environnementaux





SOMMAIRE

❖ Introduction

- ❖ **Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes.** Le cas du bassin de la Seine.

Thomas Puech, Céline Schott, Catherine Mignolet.

- ❖ **Le Registre Parcellaire Graphique enrichi et complété : Outil pour la caractérisation des territoires et pour la spatialisation et les changements d'échelles.** Application à la spatialisation des ventes de produits phytosanitaires.

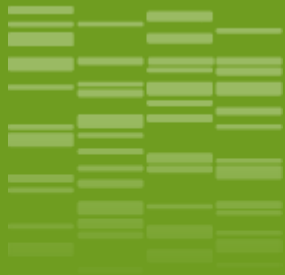
Pierre Cantelaube.

❖ Conclusion



Introduction

- ❖ Forte évolution de l'agriculture depuis l'instauration de la PAC à partir des années 1950 et spécialisation des systèmes de production
- ❖ Émergence des problématiques environnementales à partir des années 1990 et surtout depuis la fin des années 2000 (Directive Nitrates, grenelle de l'environnement, Ecophyto, projet agro-écologique pour la France)
- ❖ Mise en cause de l'agriculture dans des problématiques environnementales (GES, pollutions diffuses aux nitrates et produits phytosanitaires...)
- ❖ Nombreux projets de modélisation agro-hydro dans les vingt dernières années (Silgram et al. 2008; Wang et al. 2009; Moreau et al. 2012) pointant l'importance de la qualité des données d'entrée (Beaudoin et al. 2016).
- ❖ Développement de projets de recherche à l'échelle de grands territoires et à un grain spatial relativement fin
 - ❖ Connaissances sur la diversité des systèmes de culture, au-delà des occupations du sol.
 - ❖ Modélisation des dynamiques de contamination des eaux souterraines par les nitrates sur le temps long sur le bassin de la Seine (Armines - MinesParisTech) → outil de rapportage et d'aide à la décision pour les gestionnaires de l'eau.
- ❖ Développement de méthodes d'agrégation / désagrégation pour des questions de changement d'échelle.



Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes

Le cas du bassin de la Seine

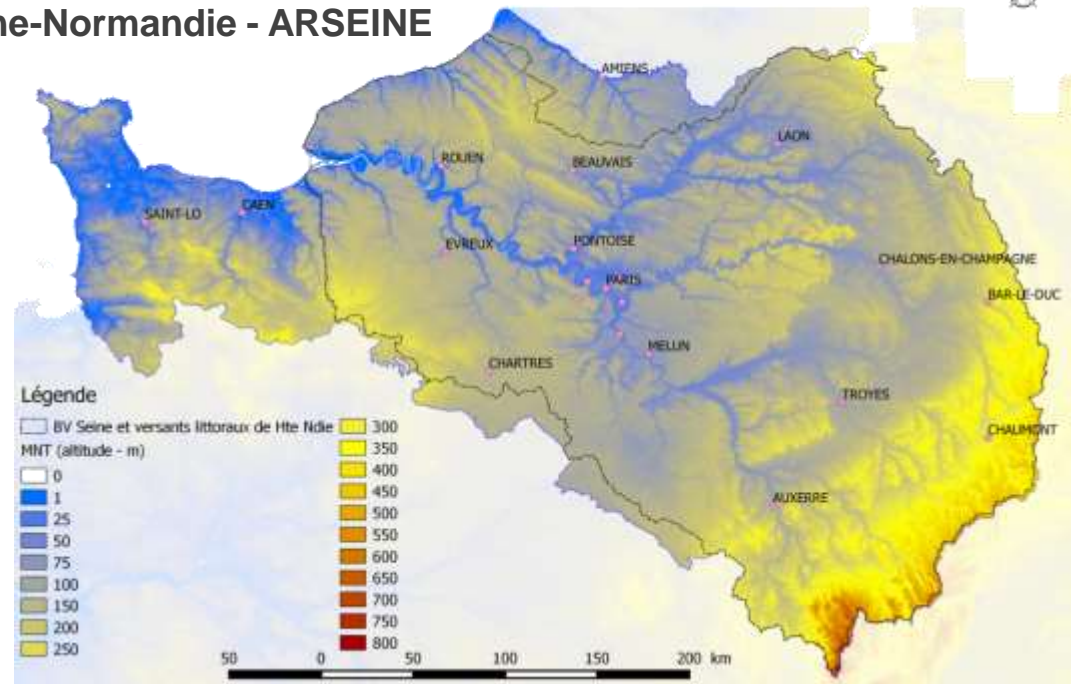


Puech T., Schott C., Mignolet C.,
UR ASTER Mirecourt
thomas.puech@inra.fr , celine.schott@inra.fr , catherine.mignolet@inra.fr

Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

- ❖ Objectif : Production de méthodes et de connaissances pour spatialiser les dynamiques d'utilisation des sols par l'agriculture (système de culture)
- ❖ Cas d'étude : le bassin hydrographique Seine - Normandie
- ❖ Programme de Recherche : PIREN-Seine (depuis 1999)
- ❖ Travail sur le temps long (1970-2015)
- ❖ Base de données Agricole Régionalisée sur le bassin Seine-Normandie - ARSEINE

Superficie : 100 000 km²
⇒ 20% du territoire métropolitain



Source : MNT 75m



Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

❖ Données mobilisées

❖ Bases de données génériques*

- Recensement agricole 2010 : occupation des sols (105 000 exploitations)
- Enquête Ter-Uti Lucas (2006-2010) : successions de cultures
- Enquêtes « pratiques culturales » 2011 : itinéraires techniques (6 300 enquêtes)

❖ Connaissances locales :

- Enquêtes auprès d'acteurs du conseil agricole

❖ Bases de données locales disponibles

❖ Méthodes mobilisées :

❖ Analyses multivariées

❖ Entretiens semi-directifs

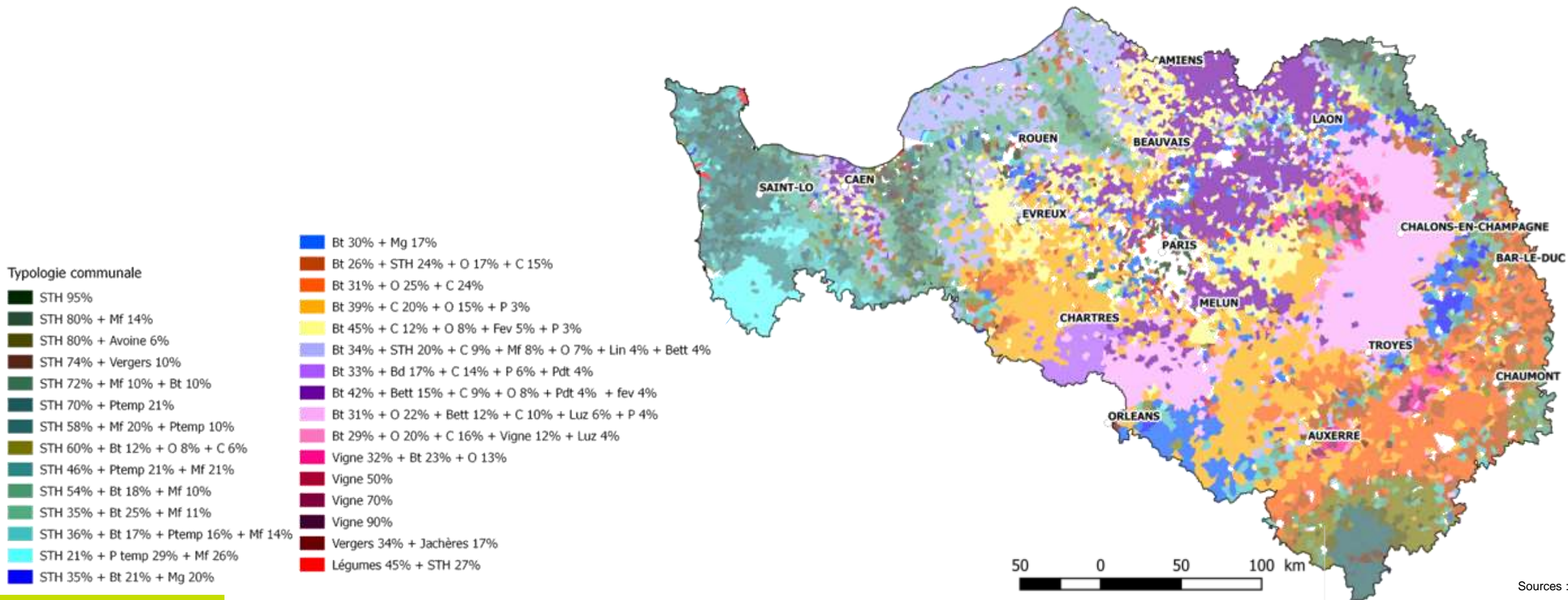
⇒ Présentation de la démarche mise en place pour caractériser les systèmes de culture sur les 10 dernières années

* Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'Investissements d'avenir portant la référence ANR-10-EQPX-17 (Centre d'Accès Sécurisé aux Données – CASD).

Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

❖ 1. Construction de maillages spatiaux adaptés à l'étude

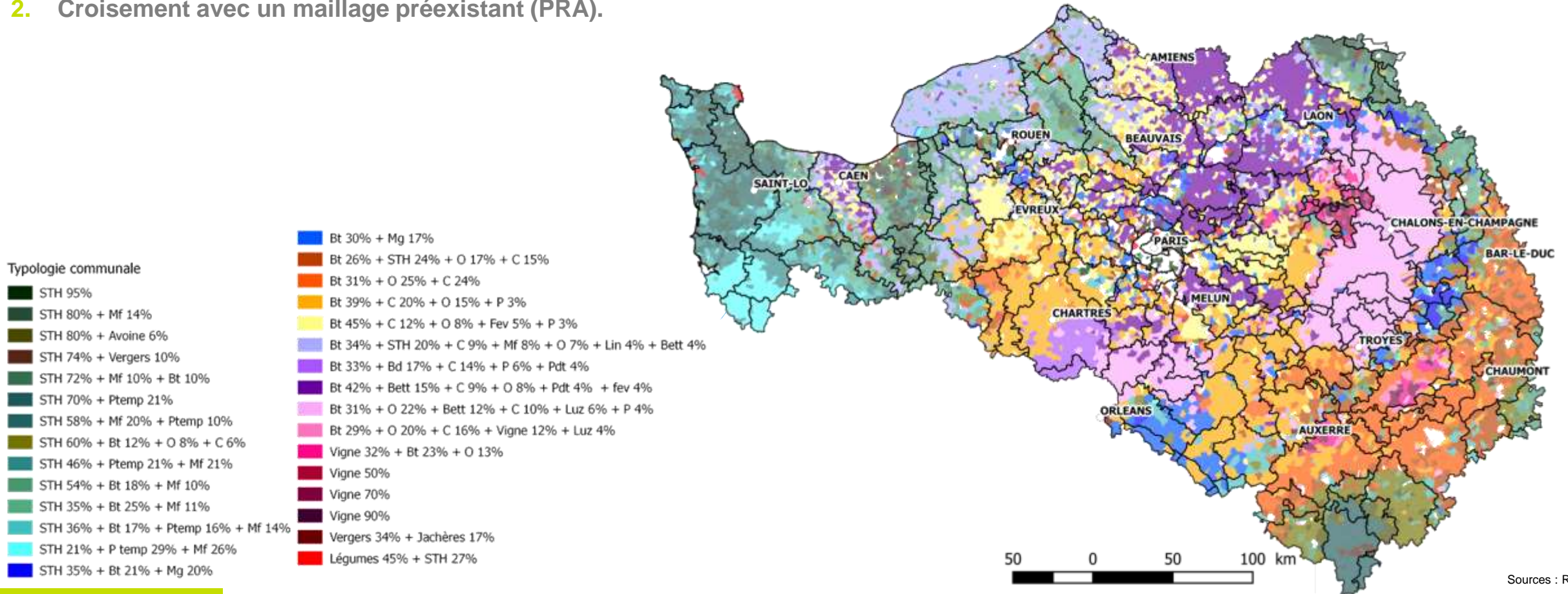
1. Spatialisation des occupations du sol dominantes à la maille communale (analyse multivariée à partir du RA 2010)



Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

❖ 1. Construction de maillages spatiaux adaptés à l'étude

1. Spatialisation des occupations du sol dominantes à la maille communale (analyse multivariée à partir du RA 2010)
2. Croisement avec un maillage préexistant (PRA).

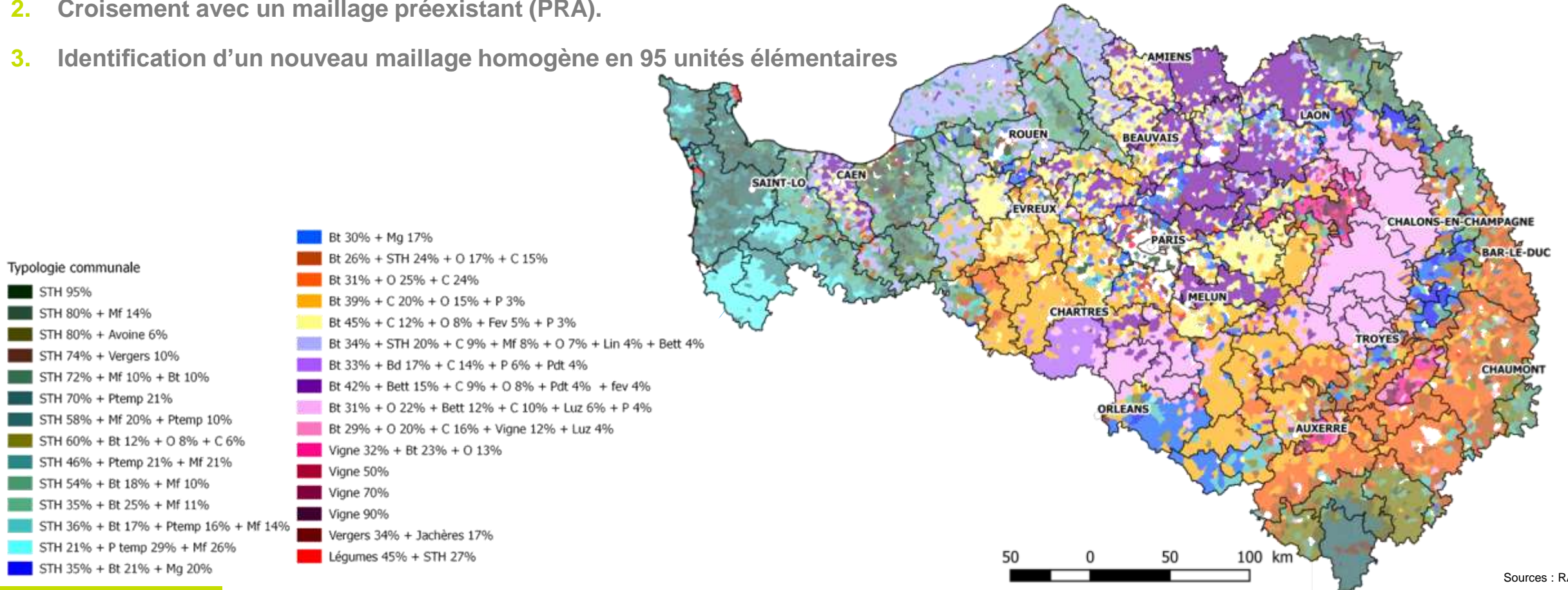


Sources : RA 2010

Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

❖ 1. Construction de maillages spatiaux adaptés à l'étude

1. Spatialisation des occupations du sol dominantes à la maille communale (analyse multivariée à partir du RA 2010)
2. Croisement avec un maillage préexistant (PRA).
3. Identification d'un nouveau maillage homogène en 95 unités élémentaires

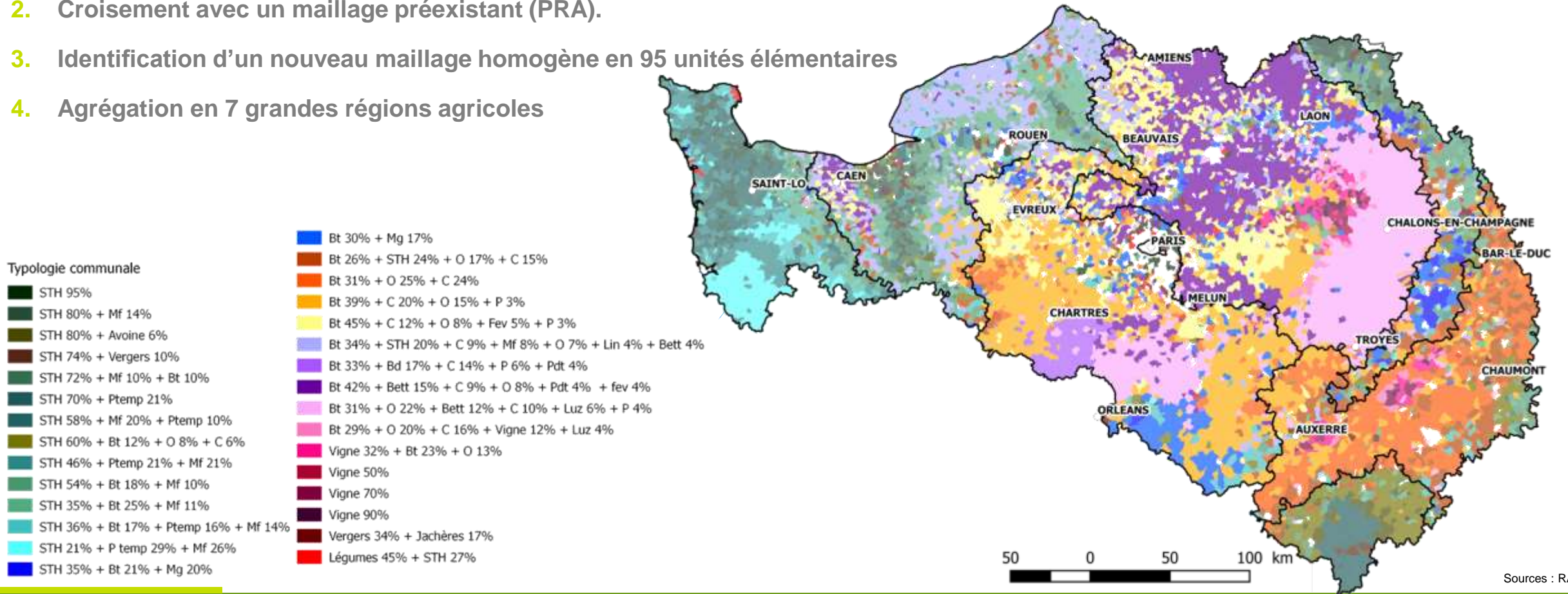


Sources : RA 2010

Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

❖ 1. Construction de maillages spatiaux adaptés à l'étude

1. Spatialisation des occupations du sol dominantes à la maille communale (analyse multivariée à partir du RA 2010)
2. Croisement avec un maillage préexistant (PRA).
3. Identification d'un nouveau maillage homogène en 95 unités élémentaires
4. Agrégation en 7 grandes régions agricoles



Sources : RA 2010

Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

❖ 2. Caractérisation de la diversité des successions de cultures

Par unité de modélisation agricole :

- ❖ Caractérisation des principales successions de cultures (TerUti Lucas)
- ❖ Quantification des successions culturelles par croisement avec les données d'assolement (RA 2010)
- ⇒ Une dizaine de successions de cultures par UMA

Pays de Caux

Succession	Surface
PP	24 %
Co Bt Lin Bt Pdt Bt	18 %
ME Bt Lin Bt	16 %
Pt Pt Pt ME Bt ME Bt	10 %
Co Bt Pdt Bt	8 %
Bs BT Fev OH-Esc	6 %
Co Bt Fev OH-Esc	5 %
ME Bt ME Bt OH-Esc	5 %
Co Bt OH-Esc	4 %
Co Bt MG Bt	4 %

Beauce (partie sud)

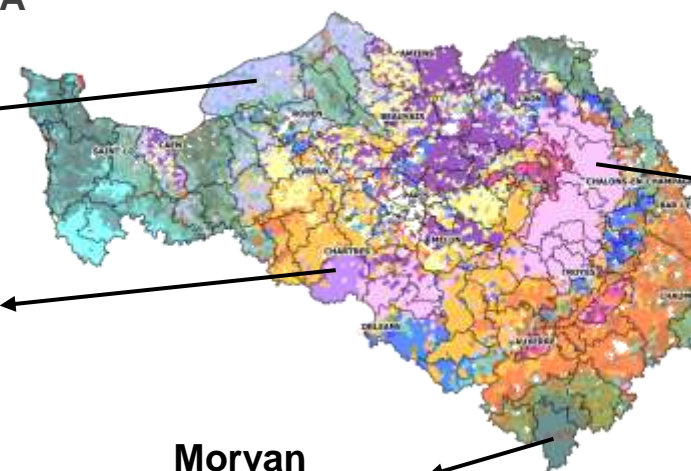
Succession	Surface
Co Bt Bt	21 %
Co Bt Pois Bt	20 %
Co Bt Bd OH	16 %
Co Bt Maïs Bt	12 %
Co Bt OH	12 %
Bt Bt OH	9 %
Pdt Bt Bs Bd OH	5 %
Jachère	4 %
PP	1 %

Morvan

Succession	Surface
PP	90 %
Pt Pt Pt Av Tri BT	4 %
ME Tri Av	4 %
Tri BT OH	2 %

Champagne crayeuse

Succession	Surf.
Co BT Pois BT Bs OP	16 %
Luz Luz Luz BT BT Bs OP Co BT OH-Esc	15 %
Co BT Bs OP	15 %
Luz Luz BT Bs BT OP Co BT OH-Esc	13 %
Co BT Bs BT MG BT	13 %
Bs BT Pdt BT	12 %
Co BT OP To BT OH-Esc	6 %
Co BT OP	5 %
PP	3 %
Jachères	2 %



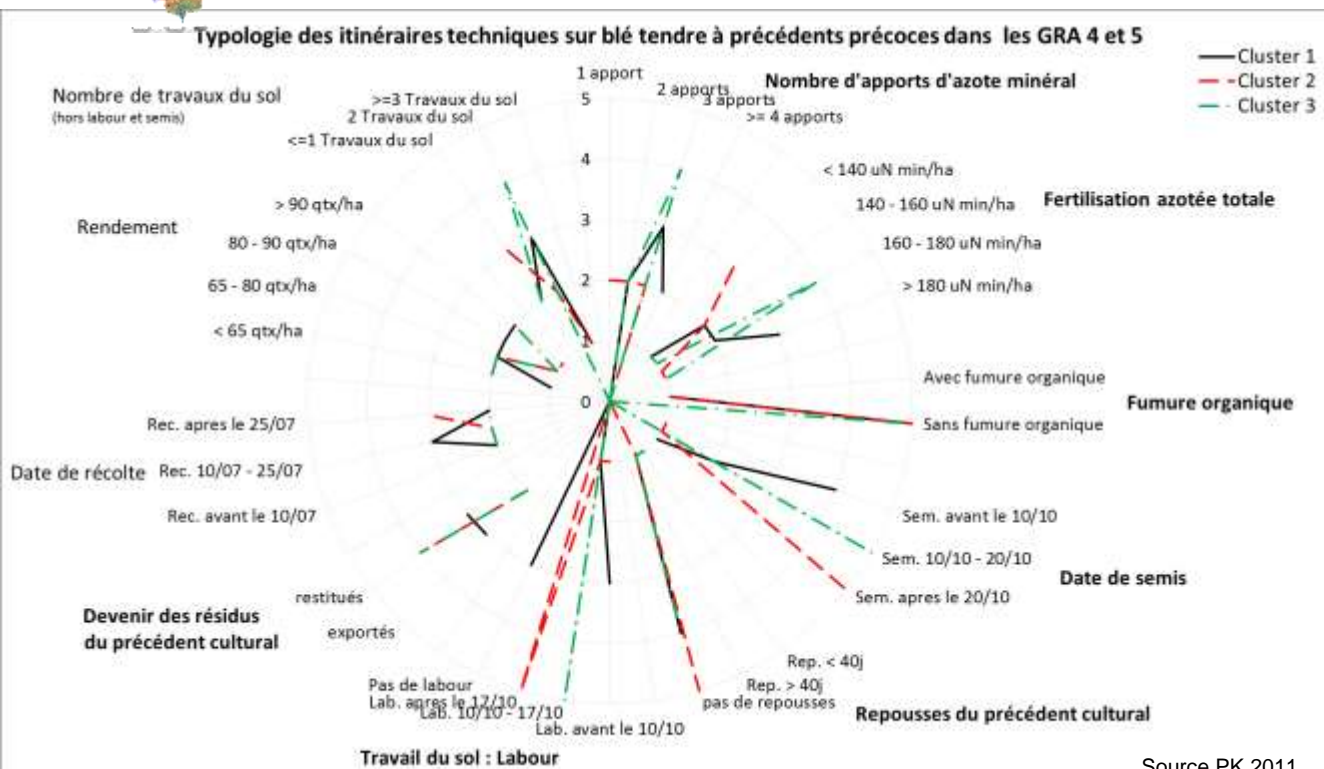
Sources : TerUti Lucas 2006-2010, RA 2010

Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

❖ 3. Caractérisation de la diversité des itinéraires techniques à partir de bases de données nationales

- Analyses multivariées à partir des données de l'enquête pratiques culturelles 2011
- Choix des variables en fonction de l'objectif de l'étude (lixiviation du nitrate)
- Analyse à l'échelle des grandes régions agricoles

Culture	Nombre d'ITK	Culture	Nombre d'ITK
Blé tendre	21	Orge de printemps	9
Betterave	9	Pomme de terre	9
Blé dur	2	Pois	10
Colza	16	Tournesol	3
Mais grain	14	Triticale	7
Mais fourrage	15	Prairie P	14
Orge d'hiver	8	Prairie T	10



Source PK 2011

Caractéristiques
Labour précoce voire non labour Semis précoces Fractionnement important (3-4) Fertilisation >140 uN/ha Rendement > 65qtx
Labour tardif Semis tardif Fertilisation rarement > 180uN/ha Rendements < 80qtx/ha
Labour entre 10/10 et 17/10 Semis 10/10 et 20/10 3 apports N minéral 160-180uN 2 travaux du sol superficiels

ue SAE2
 n des systèmes de production »

Paris, 16/12/2016

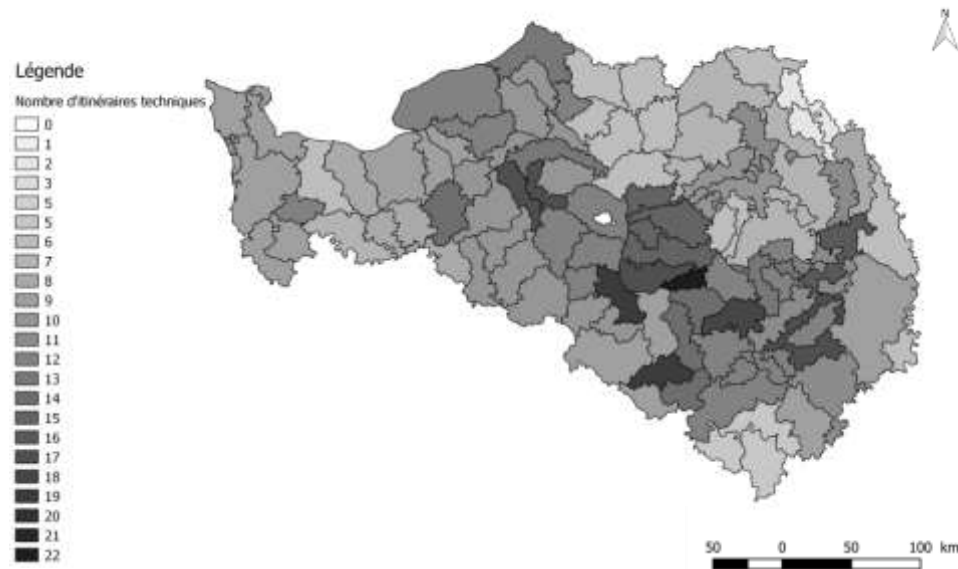
Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

❖ 4. Mise en évidence de spécificités locales d'itinéraires techniques à partir de connaissances d'acteurs du milieu professionnel agricole

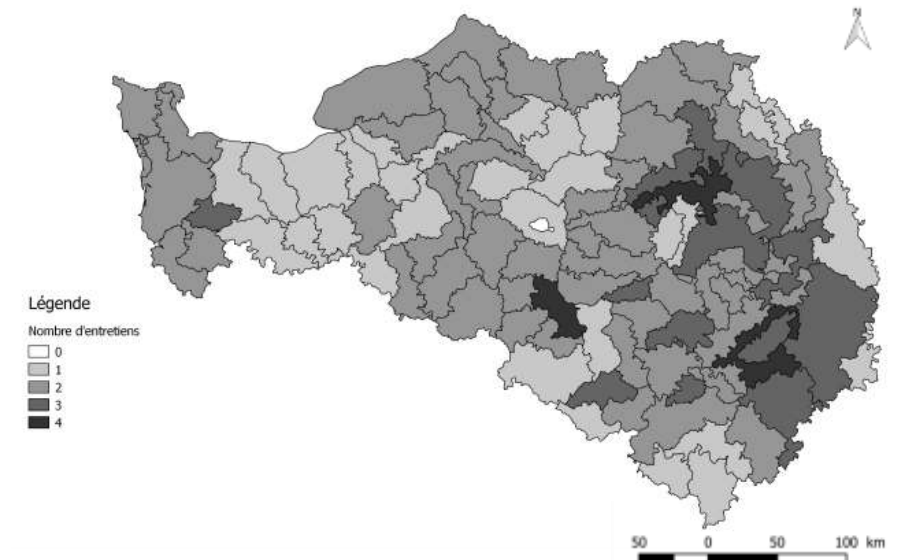
- Objectif : faire réagir les acteurs sur des supports et identifier des spécificités locales (échelle UMA)
- Enquêtes avec supports (itinéraires techniques « régionaux »).

Institution	Nombre de personnes rencontrées
Chambres d'agriculture	32
Instituts techniques (Arvalis, Cetiom, ITB)	7
Organismes privés (coopératives, négoce)	9
TOTAL	48

Nombre d'itinéraires techniques collectés (blé tendre)



Nombre d'entretiens réalisés

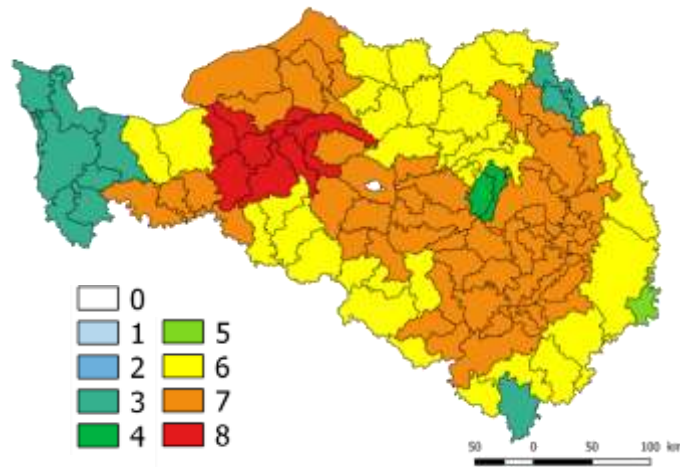


Source Puech et al, 2015

Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

- ❖ 5. Synthèse des itinéraires techniques : identification des itinéraires techniques « types » à partir des statistiques régionales et des données issues d'enquêtes
- ❖ 6. Synthèse des systèmes de culture : projection des itinéraires techniques « types » sur les successions de cultures

Nombre d'itinéraires techniques « types » identifiés sur blé tendre (enquêtes + analyses statistiques)



Caractérisation d'une diversité de systèmes de culture :

Blé tendre	Précédent maïs, fertilisation faible, pailles exportées
Blé tendre	Repousses du précédent cultural, fertilisation moyenne
Blé tendre	Précédent légumineuse, fertilisation faible
Blé tendre	Labour systématique, semis tardif, fertilisation moyenne
Blé tendre	Semis précoce, fertilisation élevée, pailles enfouies

Successions de cultures identifiées sur une UMA

Colza	Blé tendre	Blé tendre	
Maïs fourrage	Blé tendre		
Betterave	Blé tendre	Féverole	Blé tendre

- ❖ Bilan sur le bassin : 1048 systèmes de culture reconstitués (691 itinéraires techniques différents) structurés dans la base de données ARSEINE

Source Puech et al, 2015

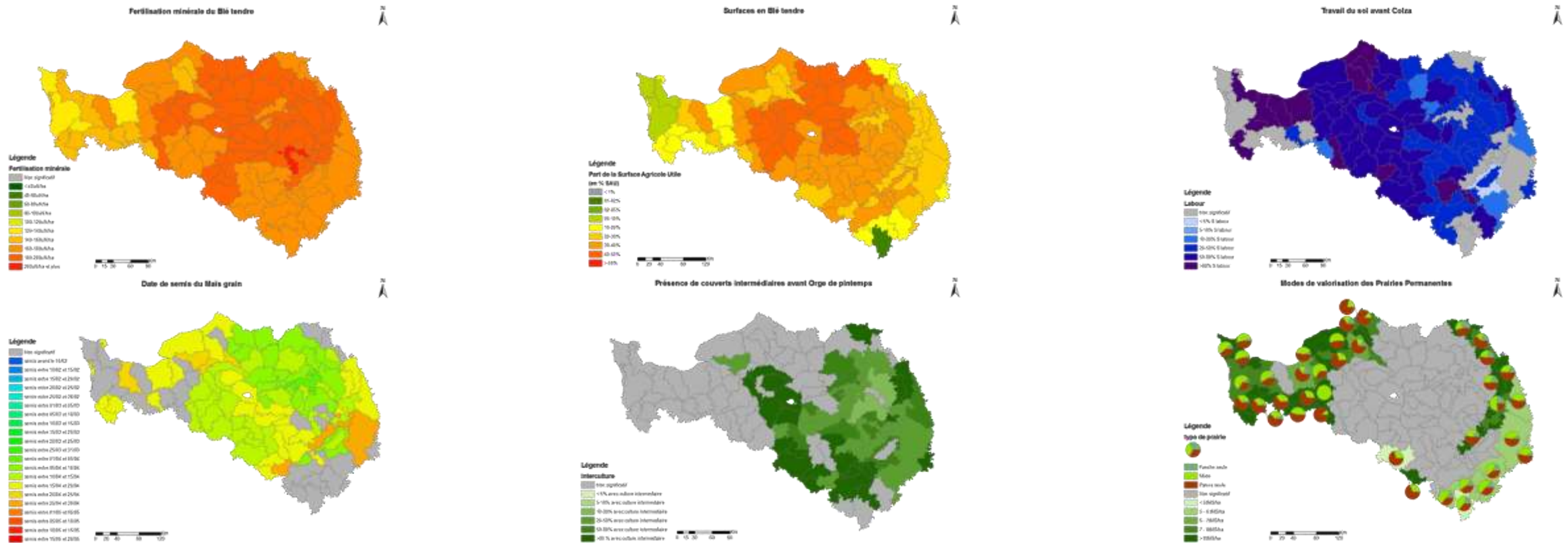
Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

❖ 7. Validation de la méthode à partir de sources d'informations indépendantes

Source	UMA	Espèce cultivée	Variable	Valeur issue de ARSEINE	Valeurs issues des enquêtes	
					Valeur Moyenne arithmétique et (pondérée par surfaces)	Effectifs
4 AAC en Seine Maritime AESN (2015-2016)	281 - 195	Blé tendre	Fertilisation azotée minérale moyenne (kgN.ha ⁻¹)	181	197 (190)	135
			Fréquence de fumure organique (%)	7	12 (12)	
			Rendement (100kg.ha ⁻¹)	85	104 (104)	
			Fréquence de labour (%)	55	51 (57)	181
			Date de semis (jour julien)	293	301 (314)	
OSITOP (enquêtes ASTER + SRPV – 2006-2011) Schott et al 2014	361	Blé tendre	Fertilisation azotée minérale moyenne (kgN.ha ⁻¹)	183	181 (182)	396
			Fréquence de fumure organique (%)	0	2 (6)	
			Rendement (100kg.ha ⁻¹)	79	82 (71)	170
			Fréquence de labour (%)	34	34 (20)	261
			Date de semis (jour julien)	290	286 (286)	399

Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

❖ En sortie de la BDD : Des indicateurs des différents modes d'usage des sols structurés dans une base de données...



❖ ... disponibles pour des modélisations sur les territoires à enjeux environnementaux (Anglade et al, 2016 ; Gallois et al. 2015 ; Beaudoin et al, 2016)

Source Puech et al, 2015



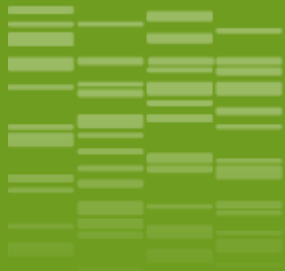
Caractérisation des systèmes de culture à une échelle régionale par croisement d'informations de nature et origine hétérogènes (cas du bassin de la Seine)

❖ Caractéristiques de la méthode :

- **Adaptation des variables d'analyse en fonction de l'objectif de l'étude** (transfert de nitrates vers les eaux souterraines)
- **Production de données régionales** (pertinence en cas de changement d'échelle ?)
- **Non spécifique du bassin Seine-Normandie**

❖ Une proposition à compléter :

- **Pour spatialiser plus finement la distribution des systèmes de culture** (types de sols ?)
- **Pour caractériser d'autres types de systèmes de culture** (Agriculture Biologique)
- **Pour adapter la méthode à l'enjeu pesticides**
- ...



Le Registre Parcellaire Graphique enrichi et complété : Outil pour la caractérisation des territoires et pour la spatialisation et les changements d'échelles.

Application à la spatialisation des ventes de produits phytosanitaires.



Cantelaube P.
INRA, Unité de Services Observatoire du Développement Rural (US –ODR), Toulouse.
pierre.cantelaube@inra.fr



Système d'information géographique pour le parcellaire agricole

Le RPG : contours graphiques des îlots de cultures dessinés par les exploitants qui déclarent les cultures pratiquées et leurs surfaces. Informations utilisées pour instruire et enregistrer les dossiers de déclaration PAC (obligation UE)

- ❖ Données annuelles, France métropolitaine + DOM
- ❖ 1 table géographique : couche SIG format shapefile ESRI® (≈ 7 millions de polygones, métropole + DOM)
- ❖ 2 tables attributaires associées pour décrire les cultures présentes sur les îlots et leurs surfaces (+ irrigation 2007-2009)
et pour décrire les Exploitations : statut juridique, classe d'âge du chef d'exploitation, département de rattachement administratif.

Précision géographique correspond à l'échelle du 1:5000

Disponibilité : 2006 – 2014

Producteur : Agence de Service et de Paiement (ASP) + IGN (à partir de 2015).

Propriété intellectuelle : ASP et MAAF



Surfaces agricoles déclarées dans le RPG = parcelles appartenant aux agriculteurs qui reçoivent des aides PAC (1er pilier ou 2ième pilier mesures surfaciques)

(soit ≈ 95% surface cultures annuelles, 75% STH, 50% surface cultures permanentes)



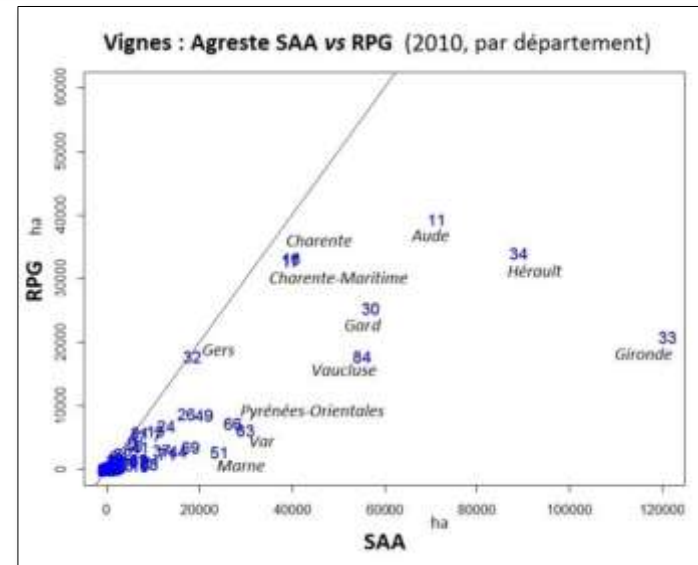
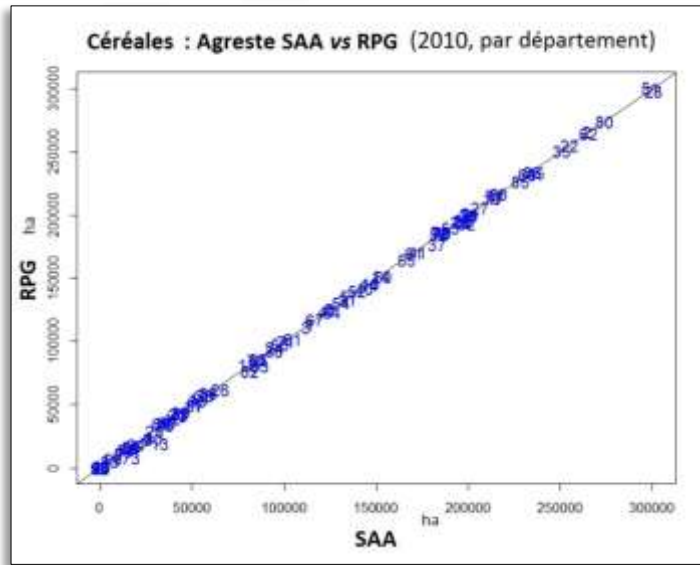
 surfaces RPG



0 1,6 km

BD Ortho, IGN

Surfaces agricoles manquantes dans le RPG = parcelles agricoles appartenant aux agriculteurs qui ne reçoivent aucune aide PAC



Comparaison avec la Statistique Agricole Annuelle SAA (Agreste, MAAF)

Niveau Départements

Niveau PRA petites régions agricoles

- ❖ Travaux SIG : localiser les parcelles (cadastre, BD Parcellaire® IGN) susceptibles d'accueillir ces surfaces manquantes

(superposition de couches BD Topo® IGN : végétation, Forêt, surfaces en eau, bâti, etc.) → îlots « ODR »

- ❖ Travaux Statistiques/algorithmes : spatialiser les surfaces manquantes de la PRA vers îlots « ODR »

→ couche exhaustive d'occupation du sol agricole (parcellaire)

îlots RPG + îlots ODR = SAU

+ autres occupations du sol

Le RPG : base pour un système d'information géographique des systèmes de culture

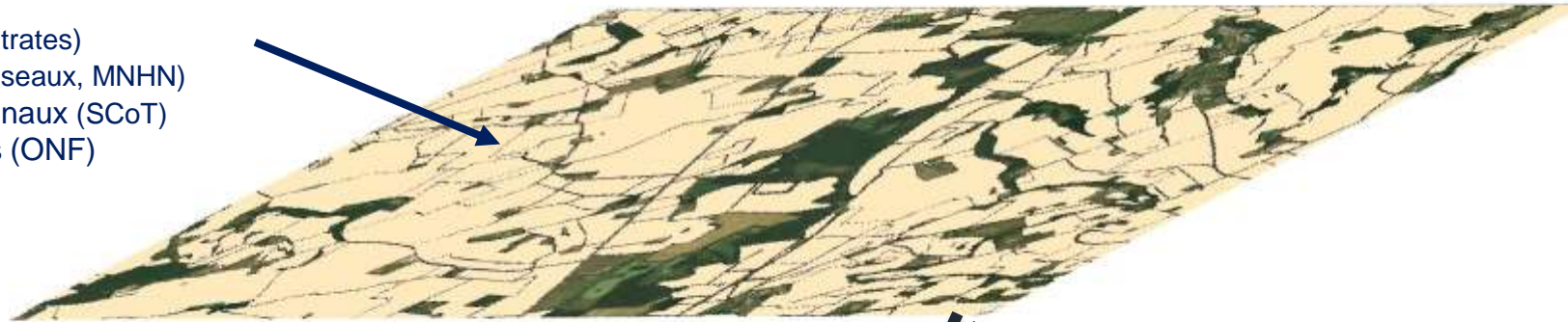


Directive INSPIRE Normes
Interopérabilité données spatiales

Caractériser tout **territoire**, type de **zone spécifique**, cas d'études, etc.
Superposition couches géographiques : contours de sites, zonages, territoires

Quelques exemples : sélection des îlots RPG appartenant à des...

- Bassins versants (masses d'eau), Aire Alimentation Captage.
- Territoires à enjeux environnementaux (natura2000, ZNIEFF, **PAE** zone ciblée, etc.)
- Zones humides
- Zones vulnérables (nitrates)
- Carrés STOC (suivi oiseaux, MNHN)
- Parcs Naturels Régionaux (SCoT)
- Réserves biologiques (ONF)
- ...



- UTC Unités Territoriales Cartographiques (projets Services Ecosystémiques)
- HSMU (EC-JRC) Unités Territoriales/carto Européenne

agrégation vers Zonages

Administratif : commune, canton, dept, etc.
Analytique : bassins versants, AAC, etc.
territoires à enjeux environnementaux (natura2000, ZNIEFF, PAE, etc.)
Grille : entrée modèle, grille d'étude

Le RPG : base pour un système d'information géographique des systèmes de culture

Enrichissement

Bases géographiques IGN

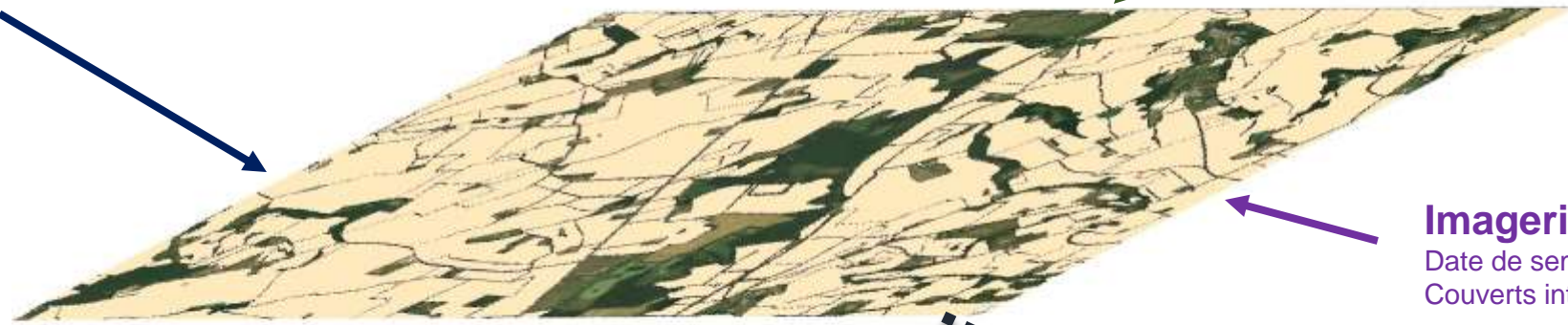
- BD Topo® infrastructures (route, artificialisation)
- Surfaces en eau
- Végétation / Forêt**
(infrastructures Agro-écologiques)
- BD Parcellaire®
- BD Carthage®

Couches d'information géographique

- climat/météo (données SAFRAN MétéoFrance)
- pédologie BD Sol
- MNT (altitude, pente)

Mesures AgroEnvironnementales

- parcellaire, 2ième pilier PAC 2007-2014
- Herbagère, Systèmes extensifs, Rotationnelle, Conversion Bio, Mesure territorialisées : arrêt/réduction produits phyto, fertilisation, retard de fauche, etc.
- Actions engagées + paiements



Imagerie satellite, aérienne

- Date de semis
- Couverts intermédiaires
- ...



RPG campagnes successives

Séquences de cultures

(2007-2012)



Parcelle ↔ Blé-Blé-Tournesol-Blé-Blé-Tournesol

agrégation vers Zonages

- Administratif : commune, canton, dept, etc.
- Analytique : bassins versants, AAC, etc.
- territoires à enjeux environnementaux (natura2000, ZNIEFF, PAE, etc.)
- Grille : entrée modèle, grille d'étude

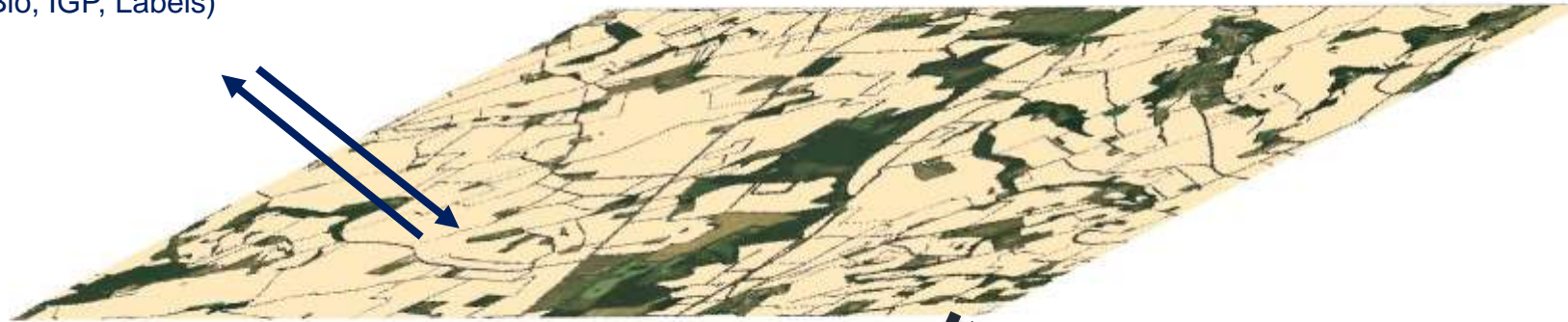
Enrichissement via les Exploitations

Appariement/rapprochement des 'exploitations RPG' avec les exploitations des bases de données suivantes :

- **Recensement Agricole, SAA**
- **MSA** Mutuelle Sociale Agricole (emploi, économie, matériel, etc.)
- **INAO** Institut National de l'Origine et de la qualité (AOP-AOC, Bio, IGP, Labels)

- **RICA (?)**

- **PK Pratique Culturelles (!?)**



Respect réglementations données (notamment individuelles)
Accords COPIL ODR avec propriétaires des données (MSA, INAO, MAAF, ASP).

agrégation vers Zonages

Administratif : commune, canton, dept, etc.
Analytique : bassins versants, AAC, etc.
territoires à enjeux environnementaux (natura2000, ZNIEFF, PAE, etc.)
Grille : entrée modèle, grille d'étude



Le RPG (RPG complété) : outil pour la spatialisation

Spatialisation des Pesticides - EcoPhyto



Objectif : Estimer les quantités de substances actives par zone géographique à partir de données de ventes des produits phytopharmaceutiques, fournies à l'échelle du code postal du siège social de l'exploitant agricole ayant réalisé l'achat auprès du distributeur.

Spatialisation des Pesticides - EcoPhyto

ONEMA Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
INERIS Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

ÉCOPHYTO
RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS

avec UMR SAD-APT
UMR Agronomie



**Observatoire des ventes
Pesticides** (biocides, phyto)

**Quantité de produit
par acheteur**
(localisation : code postal)



Autorisation Mise sur le Marché (Phy2X)
Données d'homologation (dose)
produit ↔ culture



Îlots et code postal
produit ↔ îlot
Désagrégation

Quantité de produit utilisée par îlot (RPG+ 'ODR')
+ Quantité de produit utilisée sur autres catégories sol (voie ferrée...)

+ 'spécificités territoriales':
Mesures AgroEnvironnementales
parcelles 'arrêt utilisation produits phyto', conversion bio, ...



Re-Agrégation pour Partenaires/Utilisateurs
Exemple de cible (zones géo) :
Agences de l'Eau : vers Bassins versants

Quantité de produit par zone géographique



Le RPG : base pour un système d'information géographique des systèmes de culture

Conclusion

- ❖ Exhaustivité sur le territoire national, annuel.
- ❖ Base de données complétée et enrichie.
- ❖ Données géographiques → Normes (INSPIRE) → Interopérabilité
- ❖ → Croissement autres couches/données géographiques
- ❖ Via les exploitations → appariement avec d'autres bases de données non géographiques
- ❖ Caractérisation de territoires, zones d'intérêt
- ❖ Production d'indicateurs à l'échelle parcellaire
- ❖ Outils pour la désagrégation, la spatialisation, les changements d'échelles.



Conclusion

- ❖ **Problématique spatiale forte**
- ❖ **Démarches complémentaires au regard de l'objet étudié = l'utilisation des sols par les activités agricoles**
- ❖ **Croisement de sources d'information de nature et format différents**
- ❖ **Pas de temps annuel – long terme**
- ❖ **Perspectives : poursuivre le rapprochement de variables de contexte (topographie, météo) et de variables de pratiques (calendriers culturels, pratiques d'élevage...) à partir de co-variables d'occupation du sol.**



Bibliographie

- Anglade, J., Billen, G., Garnier, J., Makridis, T., Puech, T., Tittel, C. (2015). Nitrogen soil surface balance of organic vs conventional cash crop farming in the Seine watershed. *Agricultural Systems*, 139, 82-92. <http://prodinra.inra.fr/record/311842>
- Beaudoin, N., Gallois, N., Viennot, P., Le Bas, C., Puech, T., Schott, C., Buis, S., Mary, B. (2016). Evaluation of a spatialized agronomic model in predicting yield and N leaching at the scale of the Seine-Normandie basin. *Environmental Science and Pollution Research*, Online, n.p. DOI : 10.1007/s11356-016-7478-3. <http://prodinra.inra.fr/record/368389>
- Cantelaube P. et Carles M., Le Registre Parcellaire Graphique : des données géographiques pour décrire la couverture du sol agricole, Cahiers des techniques de l'INRA, Numéro Spécial 'GéoExpé', pp 58-64, Janvier 2014.
- Ledoux E., Gomez E., Monget J.M., Viavattene C., Viennot P., Ducharme A., Benoit M., Mignolet C., Schott C., Mary B. (2007). Agriculture and groundwater nitrate contamination in the Seine basin. The STICS–MODCOU modelling chain. *Science for the Total Environment*. 375. pp33-47. doi:10.1016/j.scitotenv.2006.12.002
- Gallois, N., Puech, T., Viennot, P., Schott, C., Mignolet, C., Beaudoin, N., Mary, B., Le Bas, C. (2015). Modélisation des transferts de contaminants nitriques vers les aquifères du bassin Seine-Normandie : Agricultures, Modèles, Flux. In: Colloque de fin de phase 6 du programme PIREN-Seine (p. 8-10). Presented at Colloque 2015 du PIREN-Seine, Paris, FRA . <http://prodinra.inra.fr/record/306526>
- Mignolet C., Schott C., Benoit M. (2007). Spatial dynamics of farming practices in the Seine basin: Methods for agronomic approaches on a regional scale. *Science for the Total Environment*. 375. pp13-32. doi:10.1016/j.scitotenv.2006.12.004.
- Puech, T., Schott, C., Mignolet, C. (2015). Évolution des systèmes de culture sur le bassin Seine- Normandie depuis les années 2000 : construction d'une base de données spatialisée sur les pratiques agricoles. Modélisation de la pollution nitrique d'origine agricole des grands aquifères du bassin de Seine-Normandie à l'échelle des masses d'eau, Volume 1/4. <http://prodinra.inra.fr/record/341192>
- Searc C., Carles M. et Cantelaube P., « Mise à jour de la spatialisation des usages de produits phytosanitaires », note méthodologique ODR, 2015. (chapitre du Rapport réalisé dans le cadre de l'axe 2, action 21 du programme Ecophyto, pour le compte de l'ONEMA et du MEDDE. Septembre 2015 , Auteurs : Carles M., Guichard L., Martin Ph.).



Merci de votre attention