

Dynamiques des activités agricoles à différentes échelles d'espace et de temps

Catherine Mignolet, Céline Schott et Marc Benoît

Station INRA – SAD, 662 avenue Louis Buffet, 88500 Mirecourt

mignolet@mirecourt.inra.fr

1.	Différenciation spatiale des pratiques culturales actuelles sur le bassin de la Seine	2
1.1.	Rappel sur la démarche de recherche.....	2
1.1.1	Les choix théoriques	2
1.1.2	La démarche de recherche.....	2
1.1.3	Matériel et méthodes d'analyse.....	3
1.2.	Analyse de la diversité des systèmes de cultures actuels sur le bassin de la Seine.....	4
1.2.1	Démarche méthodologique	4
1.2.2	Premiers résultats	7
1.2.3	Perspectives.....	16
2.	Adaptation de la démarche de recherche à l'échelle des sites – ateliers	17
2.1.	Les choix théoriques	17
2.2.	Matériel et méthodes d'analyse.....	18
2.3.	Représentativité des sites – ateliers dans le bassin de la Seine	18
3.	Bibliographie.....	19

Les travaux d'analyse des dynamiques agricoles et de leur différenciation spatiale au sein du bassin de la Seine, sont conduits dans une double perspective : (i) mettre en évidence les relations entre évolutions passées et organisation dans l'espace des activités agricoles et évolutions des teneurs en éléments contaminants dans les eaux ; (ii) comprendre les évolutions passées des activités agricoles pour aider à construire une réflexion prospective. Ces travaux ont jusqu'alors été réalisés à l'échelle du bassin de la Seine dans son entier, selon une posture rétrospective sur les trois dernières décennies. Après un rappel de la démarche de recherche développée à ces échelles de temps et d'espace et des principaux résultats obtenus aux différentes étapes, nous présenterons dans ce chapitre une modélisation de la diversité des séquences techniques¹ actuelles portées sur les principales cultures présentes dans le bassin.

Avec la mise en place des sites-ateliers sur les bassins versants de la Vesle et de la Blaise, l'analyse des dynamiques et de l'organisation spatiale des activités agricoles est réalisée à l'échelle de bassins versants de quelques centaines de km², et sur des pas de temps plus courts. Nous exposerons les adaptations que ces changements d'échelles entraînent sur notre démarche de recherche, puis donneront quelques éléments d'évaluation de la représentativité de ces sites - ateliers en termes d'agriculture par rapport à l'ensemble du bassin de la Seine².

¹ Définies comme les suites ordonnées des interventions culturales portées sur un couvert végétal pour en tirer une production.

² Les résultats spécifiques à la Vesle et à la Blaise obtenus en 2003 sont exposés dans les chapitres relatifs aux sites-ateliers.

1. Différenciation spatiale des pratiques culturales actuelles sur le bassin de la Seine

1.1. Rappel sur la démarche de recherche

1.1.1 Les choix théoriques

Les deux objectifs fixés à l'analyse de l'agriculture du bassin nous ont amenés à retenir quatre niveaux de description de l'agriculture : (i) les systèmes de production agricoles et leur traduction en termes (ii) d'assolement sur le territoire du bassin sont des descripteurs technico-économiques des dynamiques agricoles, dont les déterminants sont principalement à rechercher dans les caractéristiques pédo-climatiques, les modifications de Politique agricole ou les stratégies des filières de transformation et de commercialisation des produits agricoles ; (iii) les successions de cultures et (iv) les séquences techniques associées sont également des descripteurs des dynamiques agricoles mais d'un point de vue beaucoup plus agronomique, dont les évolutions sont en partie explicables par la diffusion du progrès technique au sein de réseaux professionnels. Ces deux derniers niveaux qui interviennent directement dans les mécanismes de pollution diffuse, sont intégrés en amont des chaînes de modélisation des flux de contaminants (Gomez et Ledoux, 2001 ; Mignolet *et al.*, à paraître), alors que les deux premiers sont mobilisés dans la construction de scénarios de prospective agricole (Poux et Dubien, 2002).

Pour caractériser la diversité des activités agricoles représentées par ces quatre objets, des modèles typologiques ont été utilisés ou conçus. Ces modèles doivent répondre à une double contrainte : (i) ils doivent caractériser la diversité des activités agricoles de sept régions administratives ; (ii) ils doivent constituer un référentiel à peu près stable sur les trente années étudiées, de manière à permettre l'analyse des dynamiques. Pour représenter la diversité des systèmes de production agricoles du bassin, nous avons choisi d'utiliser la classification européenne des orientations technico-économiques (OTEX) déclinée en 21 postes en 1973 et en 17 postes depuis 1978, qui différencie les exploitations selon la contribution des différentes spéculations à la constitution d'une marge brute standard. Pour les trois autres objets étudiés, aucun modèle pré-établi n'a été recensé : des modèles typologiques ad hoc ont donc été construits.

Un autre choix théorique est celui de la maille spatiale qui constitue l'unité de base d'agrégation des informations concernant les activités agricoles. C'est un choix important qui détermine le niveau de précision auquel les différenciations spatiales sont mises en évidence, et qui contraint les limites des espaces agricoles homogènes qui sont identifiés. Dans notre problématique, il doit satisfaire trois exigences principales : (i) les sources d'informations disponibles sur ce maillage doivent être de bonne qualité ; (ii) il doit avoir *a priori* une signification pour décrire des dynamiques agricoles représentées par des évolutions de systèmes de production, de modes d'occupation du sol et de pratiques agricoles, qui sont par la suite mobilisées dans une réflexion prospective ; (iii) la précision spatiale de la maille doit être suffisante pour que la localisation des données relatives aux pratiques agricoles soit compatible avec la mise en œuvre des modèles de cultures et des modèles hydrogéologiques chargés de simuler les flux de contaminants dans l'hydrosystème. Par rapport à ces exigences, c'est le maillage des Petites Régions Agricoles (PRA) qui nous a paru constituer le meilleur compromis (Klatzmann, 1955 ; Bornerand, 2000).

1.1.2 La démarche de recherche

Les formes que peuvent prendre la diversité des activités agricoles et leur mode d'évolution sont contingentes de nombreux facteurs dont la plupart est étroitement liée à la localisation géographique des exploitations. C'est pourquoi l'ensemble de notre démarche de recherche a consisté à définir au sein du bassin de la Seine des espaces suffisamment particularisés pour qu'on leur reconnaisse une identité agricole. La définition de ces espaces agricoles homogènes a été réalisée de deux façons :

- en fonction de la diversité des activités agricoles à un moment donné : les méthodes de régionalisation ont consisté à construire des typologies de PRA selon leur « profil agricole » une année donnée (les « profils agricoles » étant définis par la combinaison des OTEX ou des assolements situés dans une PRA donnée). La cartographie de ces typologies a produit des segmentations du bassin de la Seine en groupes de PRA contiguës qui se ressemblaient du point de vue des systèmes de production ou des modes d'occupation du sol (Gomez *et al.*, 2002 ; Mignolet *et al.*, 2001).
- en fonction de la diversité des dynamiques agricoles sur différents pas de temps : la construction de trajectoires d'évolution des PRA entre 1970 et 1988, en fonction de l'évolution des combinaisons d'OTEX, a permis de segmenter le bassin de la Seine en zones aux dynamiques agricoles homogènes (Mignolet *et al.*, 2001). De même, la reconstitution des successions de cultures au cours de la décennie 1990 par des méthodes de fouille de données temporelles a abouti à un découpage du bassin en zones aux successions de cultures homogènes (Mignolet *et al.*, 2003).

L'enjeu est de spatialiser les dynamiques d'activités selon deux voies d'étude : des diversités spatialisées mises en diachronie ou des spatialisations de cinétiques d'activités.

1.1.3 Matériel et méthodes d'analyse

Les sources d'informations

L'extension du bassin de la Seine incite à mobiliser prioritairement des banques de données statistiques nationales. Celles-ci doivent satisfaire à quatre conditions principales : (i) proposer des variables descriptives des niveaux d'organisation de l'exploitation ou de la parcelle agricole ; (ii) être si possible exhaustives sur les zones d'étude ou disposer d'une représentativité éprouvée ; (iii) localiser les informations sur des maillages spatiaux compatibles avec nos choix théoriques (de manière individuelle par exploitation ou par parcelle, ou à défaut de manière agrégée sur l'ensemble des exploitations ou des parcelles d'une maille) ; (iv) être périodiquement mises à jour pour permettre l'étude des dynamiques agricoles.

Ont ainsi été utilisés les quatre Recensements Agricoles de 1970 à 2000 pour renseigner les objets « système de production » et « assolement », et l'enquête Ter-Uti pour renseigner l'objet « succession culturelle ». Manquant d'informations sur l'objet « séquence technique », nous avons été amenés à compléter les statistiques agricoles par un protocole d'enquête à dires d'experts (Mignolet *et al.*, à paraître).

Ce type d'enquête présente certaines limites, inhérentes à son caractère indirect. En premier lieu, le choix des personnes interrogées, déterminant pour la fiabilité des résultats, est rendu délicat par le recul historique adopté. Du fait d'une importante mobilité professionnelle au sein des organismes de développement agricole, il a été souvent nécessaire de rencontrer plusieurs personnes sur une même PRA pour balayer les trente années étudiées. La reconstitution des évolutions de successions culturelles peut ainsi introduire des biais liés à la plus ou moins grande subjectivité des experts, qui peut s'accroître pour les périodes les plus anciennes. En corollaire, il s'avère que très peu de personnes sont compétentes pour informer des pratiques agricoles sur une PRA et une période données, et que rares sont les cas où nous pouvons croiser les informations de plusieurs experts. En second lieu, les pratiques agricoles telles qu'elles sont décrites par les experts correspondent dans la grande majorité des cas aux pratiques préconisées et non pas aux pratiques réelles des agriculteurs. Pour contribuer à évaluer ces biais sur la dernière décennie, nous avons cette année commencé à exploiter l'enquête nationale « Pratiques culturelles » réalisée par le SCEES en 1994 et 2001, sur un sous-échantillon de l'enquête Ter-Uti.

Pour conclure sur les sources d'informations, nous tenons à souligner que malgré l'importance de l'appareil statistique agricole en France, rares sont les cas où une banque de données correspond exactement à l'utilisation qu'on souhaite en faire. Pourtant, aux échelles régionales auxquelles nous travaillons, nous sommes le plus souvent dépendants des informations existantes, car créer l'information par voie d'enquête, quelle qu'en soit la forme, est en général incompatible avec le temps imparti pour la recherche et les moyens humains et financiers disponibles. Le choix d'une source

d'information résulte là encore d'un compromis entre les exigences de qualité, de précision et de représentativité relatives à chaque problématique.

Les méthodes d'analyse

Les méthodes utilisées visent à la fois à analyser les différenciations spatiales et les dynamiques temporelles de grandes populations d'individus statistiques (tantôt des exploitations agricoles, tantôt des parcelles, tantôt des objets géographiques que sont les mailles spatiales porteuses d'informations agrégées). Elles sont de trois types, qui se combinent au cours des différentes étapes de notre démarche de recherche : des méthodes de cartographie statistique basées sur des techniques d'analyse de données multifactorielles exploratoires, des méthodes d'analyse spatiale sous Système d'Information Géographique, et enfin des méthodes de fouille de données temporelles qui mobilisent des modèles stochastiques.

1.2. Analyse de la diversité des systèmes de cultures actuels sur le bassin de la Seine

Pour compléter les résultats antérieurs que nous venons de rappeler brièvement, nous présentons les premiers résultats issus de l'exploitation de l'enquête « Pratiques culturelles » conduite par le SCEES en 2001. Les objectifs assignés à l'analyse de cette enquête sont de caractériser la diversité des séquences techniques pratiquées actuellement sur les principales cultures du bassin, et de déterminer si les séquences techniques sont spatialement différenciées au sein du bassin. Trois exemples sont ici présentés : le blé, le maïs et la betterave.

1.2.1 Démarche méthodologique

La démarche utilisée consiste à construire des typologies des séquences techniques par des méthodes statistiques multivariées (analyses factorielles des correspondances multiples et classifications ascendantes hiérarchiques), puis à cartographier les types obtenus à l'échelle des PRA ou de groupes de PRA contiguës.

Les variables choisies pour décrire les séquences techniques représentent les différentes catégories de travaux culturels conduits au cours d'une campagne agricole (Tableau 1) : travaux de préparation du sol, semis, fertilisations azotée, potassique et phosphatée, travaux de protection des cultures, et enfin récolte. Chacune des variables est déclinée en modalités, soit prédéfinies dans l'enquête SCEES, soit calculées de manière à équilibrer le mieux possible les effectifs de chaque modalité. Des variables supplémentaires sont également utilisées pour expliquer certaines caractéristiques des séquences techniques.

Tableau 1 : Modalités des variables retenues pour les AFCM

Variables	Modalités					
	Blé (1290 parcelles)		Maïs (703 parcelles)		Betterave (384 parcelles)	
	Seuils	% des parcelles	Seuils	% des parcelles	Seuils	%
Nombre de passages d'outils de préparation du sol	1 passage	9.8	1 à 2 passages	23.9	1 à 2 passages	18.2
	2 passages	54.1	3 passages	36.3	3 passages	29.9
	3 passages	24.9	4 passages	30.6	4 passages	35.2
	> 3 passages	11.2	> 4 passages	9.2	> 4 passages	16.7
Implantation avec labour*	sans labour	17.7	sans labour	7.7	sans labour	4.2
	avec labour	82.3	avec labour	92.3	avec labour	95.8

Date de labour	sans labour	17.7	sans labour	7.7	sans labour	4.2
	du 1/07 au 31/08	6.4	du 15/08 au 30/11	17.9	du 15/08 au 15/11	12.8
	du 1/09 au 15/09	8.8	du 1/12 au 31/01	32.4	du 16/11 au 30/11	20.1
	du 16/09 au 30/09	9.4	du 1/02 au 30/04	20.9	du 1/12 au 15/12	24.5
	du 1/10 au 15/10	21.9	du 1/05 au 15/06	21.1	du 16/12 au 31/03	26.3
	du 16/10 au 31/10	20			du 1/04 au 15/05	12.2
	du 1/11 au 30/11	9.8				
	du 1/12 au 28/02	6				
Date de semis	du 1/09 au 30/09	9.1	du 1/04 au 30/04	19.6	du 1/03 au 15/04	10.7
	du 1/10 au 15/10	37.9	du 1/05 au 15/05	62.4	du 16/04 au 30/04	28.1
	du 16/10 au 31/10	33.9	du 16/05 au 15/06	17.9	du 1/05 au 31/05	61.2
	du 1/11 au 15/11	8.1				
	du 16/11 au 31/12	8				
	du 1/01 au 28/02	2.9				
Nombre d'apports d'azote minéral	pas d'apport	1.6	pas d'apport	5.1	pas d'apport	4.7
	1 apport	1.8	1 apport	64	1 apport	88
	2 apports	18	2 apports	28.9	> 1 apport	7.3
	3 apports	60.9	3 apports	2		
	4 apports	15.8				
	> 4 apports	2				
Quantité totale d'azote minéral	nulle	1.5	nulle	4.8	nulle	4.7
	< 170 U	24.2	< 100 U	20.8	< 120 U	21.4
	170 – 190 U	22.5	100 – 150 U	27.7	120 – 140 U	19.3
	190 – 210 U	24	150 – 180 U	26.9	140 – 160 U	32.6
	> 210 U	27.9	> 180 U	19.8	> 160 U	22.1
Nombre d'apports de phosphore	pas d'apport	44.6	pas d'apport	24	pas d'apport	18.2
	1 apport	53.3	1 apport	69.1	au moins 1 apport	81.8
	> 1 apport	2.2	> 1 apport	6.8		
Quantité totale de phosphore	nulle	44.6	nulle	24	nulle	18.2
	< 50 U	15	< 60 U	16.2	< 90 U	19
	50 – 65 U	13.3	60 – 85 U	21.9	90 – 120 U	24
	65 – 80 U	12.2	85 – 110 U	18.6	120 – 150 U	18
	> 80 U	14.8	> 110 U	19.2	> 150 U	20.8
Nombre d'apports de potasse	pas d'apport	51.9	pas d'apport	27.6	pas d'apport	18.2
	1 apport	46.4	1 apport	69.1	au moins 1 apport	81.8
	> 1 apport	1.7	> 1 apport	3.3		
Quantité totale de potasse	nulle	51.9	nulle	27.6	nulle	18.2
	< 50 U	11.3	< 80 U	15.8	< 180 U	19.8
	50 – 70 U	12.9	80 – 115 U	20.2	180 – 230 U	21.9
	70 – 90 U	9.5	115 – 150 U	15.9	230 – 290 U	20.3
	> 90 U	14.3	> 150 U	20.5	> 290 U	19.8
Nombre d'apports de matières organiques	pas d'apport	96.5	pas d'apport	62.7	pas d'apport	63
	au moins 1 apport	3.5	au moins 1 apport	37.3	au moins 1 apport	37
Nombre d'application de régulateurs de croissance	pas de régulateur	23.2				
	1 application	50.9				
	> 1 application	26				
Nombre de désherbants	pas de désherbage	0.9	0 ou 1 désherbant	11	< 8	23.4
	1 désherbant	11.2	2 désherbants	44.2	8 - 9	18.5
	2 désherbants	38.1	3 désherbants	31	10 – 12	31.8
	3 désherbants	32.6	> 3 désherbants	13.8	>= 13	26.3
	> 3 désherbants	17.3				
Pratique du désherbage mécanique			oui	4.8	oui	62.8
			non	95.2	non	37.2
Nombre d'insecticides	pas d'insecticide	52.9	pas d'insecticide	71.1	pas d'insecticide	46.4
	1 insecticide	40.9	1 insecticide ou	28.9	1 insecticide	26.6
	> 1 insecticide	6.1	plus		> 1 insecticide	27.1

Nombre de fongicides	pas de fongicide	2.9	pas de fongicide	98.9	pas de fongicide	7.3
	1 à 2 fongicides	28.9	1 fongicide ou plus	1.1	1 fongicide	29.4
	3 fongicides	30.3			2 fongicides	53.1
	4 à 5 fongicides	33.1			> 2 fongicides	10.2
	> 5 fongicides	4.8				
Nombre de traitements anti-limaces	pas de traitement	66.4			pas de traitement	88.3
	1 anti-limaces	23.3			au moins 1	11.7
	> 1 anti-limaces	10.4			traitement	
Date de récolte	du 16/06 au 15/07	3.3	du 15/08 au 30/09	15.8	du 1/09 au 15/10	32.8
	du 16/07 au 31/07	61	du 1/10 au 15/10	28.6	du 16/10 au 31/10	26.3
	du 1/08 au 15/08	32.2	du 16/10 au 31/10	33	du 1/11 au 15/11	29.4
	du 16/08 au 30/09	3.4	du 1/11 au 15/12	22.6	du 16/11 au 31/12	11.5
Rendement	< 65 qx	22.6	< 80 qx	25.9	< 560 qx	24.5
	65 – 75 qx	25.8	80 – 95 qx	26.7	560 – 640 qx	24.5
	75 – 85 qx	26.4	95 – 120 qx	23.3	640 – 710 qx	25.3
	> 85 qx	25.2	> 120 qx	24	> 710 qx	25.8
Précédent cultural*	betterave	10.8	betterave	1.7	blé	73.4
	blé	18.4	blé	60.2	escourgeon	7.3
	colza	30.5	escourgeon	9.7	orge de printemps	15.1
	colza de printemps	1.6	maïs fourrage	8.4	autres	4.2
	escourgeon	1.7	maïs grain	10.4		
	maïs fourrage	6	orge de printemps	3.4		
	maïs grain	6	autres	6.3		
	pomme de terre	3				
	pois	11.5				
	tournesol	2.2				
autres	8.4					
Zone agricole*	Argonne	6.4	Argonne	6	Argonne	0.5
	Brie – Beauce	18.8	Brie – Beauce	23.6	Brie – Beauce	8.3
	Champagne crayeuse	8	Champagne crayeuse	0.4	Champagne crayeuse	29.7
	Champagne humide	1.9	Limons riches	27.7	Champagne humide	0.8
	Limons riches	22.3	Paris	4.1	Limons riches	56
	Morvan	4.3	Perche	13.1	Paris	0.3
	Paris	1.6	Plateaux jurassiques	5.5	Perche	0.8
	Perche	4.7	Plateaux normands	11.4	Plateaux normands	2.1
	Plateaux jurassiques	11.6	Yonne	8.1	Vignoble	0.8
	Plateaux normands	7.7			Yonne	0.8
	Vignoble	1.6				
	Yonne	11.2				
Drainage de la parcelle*	oui	16.6	oui	20.8	oui	10.2
	non	83.4	non	79.2	non	89.8
Irrigation de la parcelle*			oui	14.2	oui	6
			non	85.8	non	94
Pratique d'un engrais vert ou d'une CIPAN*	oui	0.5	oui	5.5	oui	18.2
	non	99.5	non	94.5	non	81.8
Apport d'une fumure organique sur les 10 dernières années*	jamais	58.3	jamais	47.4	jamais	43.8
	de temps en temps	24.7	de temps en temps	21.9	de temps en temps	40.1
	régulièrement	17	régulièrement	30.7	régulièrement	16.1

* variables définies comme supplémentaires dans les analyses

Les analyses factorielles des correspondances multiples (AFCM) ont été conduites séparément pour chaque culture. Les classifications ascendantes hiérarchiques (selon la méthode du minimum de variance de Ward) ont été réalisées sur les coordonnées des parcelles sur les six premiers axes factoriels de chaque AFCM.

1.2.2 Premiers résultats

Distribution spatiale des parcelles échantillonnées

L'enquête « Pratiques culturales » du SCEES est réalisée sur un sous-échantillon de l'enquête Ter-Util. La Figure 1 illustre le nombre de parcelles en blé, maïs et betterave enquêtées par PRA. Dans certaines PRA, le nombre de parcelles enquêtées est insuffisant pour que la cartographie des types de séquences techniques obtenus par les analyses statistiques soit significative. Dans ces cas, la cartographie a été réalisée sur des groupes de PRA contiguës.

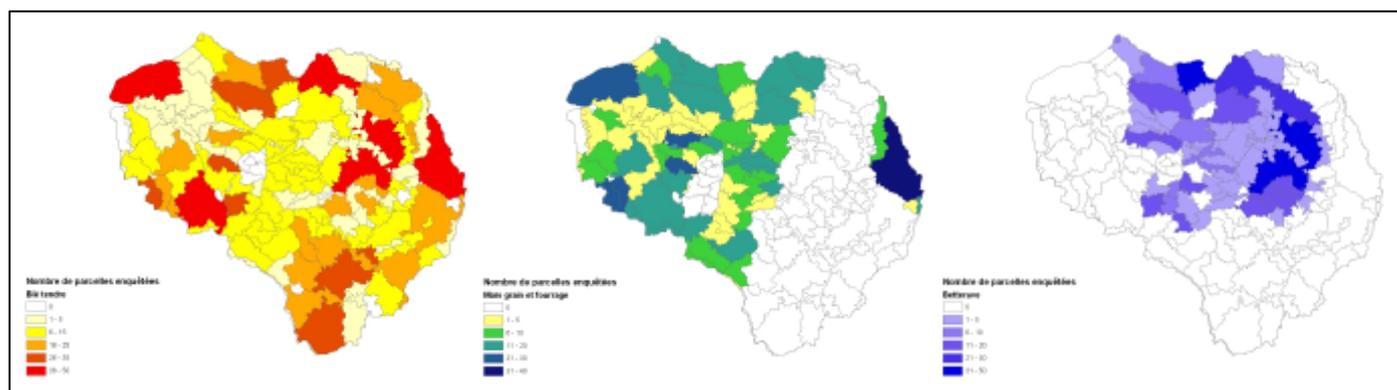


Figure 1 : Nombre de parcelles en blé, maïs et betterave enquêtées par PRA

Typologie des séquences techniques du blé en 2001

Sur les 1290 parcelles de blé échantillonnées en 2001, nous avons identifié dix types de séquences techniques différents, plus ou moins répandus sur le bassin de la Seine (Tableau 2 ; Figure 2). Les deux premiers types peuvent être considérés comme peu représentatifs, puisqu'ils rassemblent chacun moins de 2% des parcelles. Leur principale caractéristique est liée au nombre d'apports d'azote minéral : nul pour le type B1, associé à une absence de fertilisation minérale potassique et phosphatée ; un seul apport pour le type B2, sans apport de phosphore et de potasse pour un tiers des parcelles.

Plus de la moitié des parcelles affectées aux huit autres types reçoivent trois apports d'azote minéral. Nous pouvons ainsi distinguer trois types pour lesquels 95% des parcelles reçoivent entre 2 et 3 apports d'azote minéral :

- le type B3 (13% des parcelles) est répandu sur l'ensemble du bassin de la Seine mais apparaît préférentiellement localisé sur sa périphérie est. La dose totale d'azote minéral apportée est réduite (inférieure à 190 unités pour 70% des parcelles), et il n'y a aucun apport en phosphore et potasse, compensé pour seulement 10% des parcelles par un apport de matières organiques. Toutefois, un tiers de ces parcelles reçoivent régulièrement une fumure organique et un quart en reçoivent de temps en temps. Les pratiques phytosanitaires apparaissent également parmi les plus réduites : 83% des parcelles ne reçoivent pas d'insecticide, 80% reçoivent entre 1 et 3 fongicides. Enfin, la moitié des parcelles n'ont pas d'application de régulateur de croissance. Les blés de ce type ont d'assez faibles rendements (inférieurs à 75 qx pour 83% d'entre eux).
- le type B5 (6% des parcelles) est caractéristique du nord-ouest du bassin, en particulier du Pays de Caux où il représente plus de 40% des parcelles échantillonnées. Comme le type précédent, la dose totale d'azote minéral est réduite (inférieure à 190 unités pour plus de 70% des parcelles), mais la moitié des parcelles reçoivent un apport de phosphore et 60% un apport de potasse. En liaison avec des précédents à récolte tardive (betterave, maïs fourrage, pois), ce type est également caractérisé par des labours tardifs (à partir de décembre), des semis tardifs (à partir de janvier pour 40% des parcelles) et une récolte tardive (après le 1^{er} août).
- le type B4 (12% des parcelles) apparaît préférentiellement localisé dans le sud du bassin (Morvan, Yonne). Alors que deux tiers des parcelles sur lesquelles ils sont implantés ne reçoivent

jamais de fumure organique, ces blés reçoivent tous un apport de phosphore et de potasse, mais à des doses réduites pour cette dernière (inférieure à 70 unités pour les $\frac{3}{4}$ des parcelles). Les semis apparaissent précoces (durant la 2^{ème} quinzaine d'octobre), ce qui est à rapprocher des précédents blé ou colza majoritaires dans ce type.

Tableau 2 : Caractéristiques des 10 types de séquences techniques sur blé

Variables	Modalités	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
Nombre de parcelles		20	23	171	155	78	162	138	300	224	19
Nombre de passages d'outils de préparation du sol	1 passage	10	8.7	9.4	7.1	2.6	8	6.5	16	8.9	15.8
	2 passages	65	43.5	56.7	68.4	70.5	39.5	74.6	57.7	28.6	68.4
	3 passages	20	39.1	22.2	18.1	20.5	43.2	13	21	33	5.3
	> 3 passages	5	8.7	11.7	6.5	6.4	9.3	5.8	5.3	29.5	10.5
Implantation avec labour*	sans labour	30	8.7	19.3	8.4		16.7	6.5	28.7	21	26.3
	avec labour	70	91.3	80.7	91.6	100	83.3	93.5	71.3	79	73.7
Date de labour	sans labour	30	8.7	19.3	8.4		16.7	6.5	28.7	21	26.3
	du 1/07 au 31/08	5	8.7	8.8			0.6	0.7	0.7	27.2	
	du 1/09 au 15/09		4.3	17.5	8.4		3.7	1.4	2.3	24.1	
	du 16/09 au 30/09		21.7	14.6	11.6	1.3	16	0.7	4.3	13.4	10.5
	du 1/10 au 15/10	35	17.4	29.2	9	2.6	59.3		26	13.8	5.3
	du 16/10 au 31/10	20	21.7	9.9	62.6		3.7	5.8	38	0.4	31.6
	du 1/11 au 30/11	10	4.3			6.4		84.8			5.3
	du 1/12 au 28/02		13	0.6		89.7					21.1
Date de semis	du 1/09 au 30/09	5	21.7	12.9			4.3		1.7	34.4	5.3
	du 1/10 au 15/10	50	30.4	49.7	7.7		80.2		43.7	49.6	15.8
	du 16/10 au 31/10	30	30.4	35.1	88.4		14.8		53	15.6	47.4
	du 1/11 au 15/11	15	8.7	0.6				71	0.7		5.3
	du 16/11 au 31/12		8.7	1.2	3.2	57.7	0.6	29	0.7	0.4	26.3
	du 1/01 au 28/02			1.2		42.3			0.3		
Nombre d'apports d'azote minéral	pas d'apport	100									
	1 apport		100								
	2 apports			29.2	33.5	26.9	12.3	18.1	8.3	14.7	31.6
	3 apports			62	52.3	55.1	74.1	66.7	69.7	57.1	31.6
	4 apports			8.2	11.6	17.9	12.3	15.2	20	22.8	31.6
	> 4 apports			0.6	2.6		1.2		2	5.4	5.3
Quantité totale d'azote minéral	nulle	100									
	< 170 U		69.6	42.7	42.6	44.9	9.3	26.1	7.7	19.2	26.3
	170 – 190 U		13	30.4	9.7	28.2	27.8	15.9	16.3	33.9	26.3
	190 – 210 U		4.3	19.9	22.6	11.5	28.4	21	29	29.5	10.5
	> 210 U		13	7	25.2	15.4	34.6	37	47	17.4	36.8
Nombre d'apports de phosphore	pas d'apport	90	34.8	84.8	1.3	47.4		51.4	92	8	
	1 apport	10	65.2	15.2	98.7	51.3	100	47.8	8	88.8	
	> 1 apport					1.3		0.7		3.1	100
Quantité totale de phosphore	nulle	90	34.8	84.8	1.3	47.4		51.4	92	8	
	< 50 U	5	4.3	4.7	38.1	16.7	24.1	13.8	2.3	19.6	15.8
	50 – 65 U	5	60.9	3.5	21.9	17.9	22.8	12.3	0.7	25.4	5.3
	65 – 80 U			2.9	21.9	2.6	13.6	15.2	1.3	26.8	26.3
	> 80 U			4.1	16.8	15.4	39.5	7.2	3.7	20.1	52.6
Nombre d'apports de potasse	pas d'apport	85	39.1	98.8	0.6	41		54.3	98	32.1	
	1 apport	15	60.9	1.2	99.4	59	100	45.7	2	66.5	
	> 1 apport									1.3	100
Quantité totale de potasse	nulle	85	39.1	98.8	0.6	41		54.3	98	32.1	
	< 50 U				35.5	2.6	12.3	10.1	0.3	23.7	5.3
	50 – 70 U	15	60.9	0.6	30.3	7.7	21	11.6	1.7	25.9	10.5
	70 – 90 U			0.6	18.1	16.7	19.1	10.1		11.6	10.5
	> 90 U				15.5	32.1	47.5	13.8		6.7	73.7
Nombre d'apports de matières organiques	pas d'apport	75	91.3	90.6	96.1	100	98.8	97.8	98.7	97.3	94.7
	au moins 1 apport	25	8.7	9.4	3.9		1.2	2.2	1.3	2.7	5.3

Nombre d'application de régulateurs de croissance	pas de régulateur	40	60.9	50.3	34.2	24.4	4.3	23.9	2.3	30.4	21.1
	1 application	30	21.7	41.5	53.5	51.3	54.3	53.6	53	52.2	68.4
	> 1 application	30	17.4	8.2	12.3	24.4	41.4	22.5	44.7	17.4	10.5
Nombre de désherbants	pas de désherbage	20	4.3	0.6	2.6				0.7		
	1 désherbant	15	26.1	14	17.4	21.8	9.9	13	4.3	9.4	
	2 désherbants	25	30.4	45.6	45.2	39.7	36.4	34.8	31	39.7	57.9
	3 désherbants	15	30.4	31	23.9	29.5	29	34.1	36.7	39.3	26.3
	> 3 désherbants	25	8.7	8.8	11	9	24.7	17.4	28	11.6	15.8
Nombre d'insecticides	pas d'insecticide	60	60.9	83	54.2	69.2	35.2	37.7	31	73.2	57.9
	1 insecticide	30	26.1	15.2	38.7	25.6	58	58.7	58.7	23.2	36.8
	> 1 insecticide	10	13	1.8	7.1	5.1	6.8	3.6	10.3	3.6	5.3
Nombre de fongicides	pas de fongicide	30	26.1	3.5	6.5	3.8	0.6	2.2	0.3		5.3
	1 à 2 fongicides	20	30.4	49.7	31.6	59	11.1	30.4	10	38.4	31.6
	3 fongicides	15	26.1	29.8	32.3	24.4	28.4	29.7	27.3	39.7	21.1
	4 à 5 fongicides	30	17.4	16.4	29.7	11.5	47.5	33.3	52.7	20.1	42.1
	> 5 fongicides	5		0.6			1.3	12.3	4.3	9.7	1.8
Nombre de traitements anti-limaces	pas de traitement	75	78.3	52	65.2	87.2	66.7	87.7	81	34.8	78.9
	1 anti-limaces	20	17.4	35.1	22.6	10.3	21.6	11.6	13.3	42.4	15.8
	> 1 anti-limaces	5	4.3	12.9	12.3	2.6	11.7	0.7	5.7	22.8	5.3
Date de récolte	du 16/06 au 15/07	10	8.7	5.3	3.2		1.2	1.4	3.7	3.6	10.5
	du 16/07 au 31/07	60	52.2	60.8	65.8	11.5	63	52.9	65.7	73.7	57.9
	du 1/08 au 15/08	25	39.1	32.2	28.4	71.8	32.7	39.9	28	22.8	21.1
	du 16/08 au 30/09	5		1.8	2.6	16.7	3.1	5.8	2.7		10.5
Rendement	< 65 qx	40	47.8	46.2	34.2	33.3	5.6	14.5	4	30.4	26.3
	65 – 75 qx	15	13	36.8	21.9	17.9	18.5	23.2	18.7	42	21.1
	75 – 85 qx	20	17.4	11.1	33.5	26.9	38.3	33.3	26	21.9	31.6
	> 85 qx	25	21.7	5.8	10.3	21.8	37.7	29	51.3	5.8	21.1
Précédent cultural*	betterave	25	4.3	3.5	5.2	24.4	3.1	36.2	14.7		5.3
	blé	25	30.4	18.1	29	19.2	20.4	13	11.7	19.6	21.1
	colza	10	26.1	43.9	17.4	2.6	36.4	5.1	24	61.2	31.6
	colza de printemps	5		4.1	0.6		1.9		0.7	2.2	5.3
	escourgeon			1.8	1.9	5.1	1.9		1	2.7	
	maïs fourrage		4.3	8.2	7.1	23.1	3.1	5.1	4.7	2.2	10.5
	maïs grain	5	17.4	2.3	7.1	5.1	3.7	18.8	6.7	0.4	5.3
	pomme de terre			0.6	3.2	3.8	0.6	6.5	6	0.4	5.3
	pois	20	8.7	8.2	5.8	10.3	19.8	8.7	18.7	4.5	5.3
	tournesol			3.5	5.2		0.6	2.2	2	2.2	
	autres	10		5.8	17.4	6.4	8.6	4.3	10	4.5	10.5
Apport d'une fumure organique sur les 10 dernières années*	jamais	65	65.2	44.4	61.9	30.8	67.3	55.8	61.3	65.6	30.8
	de temps en temps	15	26.1	24	27.1	29.5	21.6	26.1	23.7	25	29.5
	régulièrement	20	8.7	31.6	11	39.7	11.1	18.1	15	9.4	39.7

Les séquences techniques du type B6 (12% des parcelles) sont principalement localisées au sud de la vallée de la Seine, en Picardie et en Champagne crayeuse. Les ¾ d'entre elles reçoivent 3 apports d'azote (correspondant à une dose totale supérieure à 190 unités pour les deux tiers), et toutes reçoivent un apport de potasse et de phosphore (mais les deux tiers des parcelles concernées ne reçoivent jamais de fumure organique). Au moins un régulateur de croissance est appliqué pour 90% des parcelles (plus d'un pour 40%), et le nombre de fongicides peut être élevé (jusqu'à plus de 5). En majorité derrière un précédent blé ou colza, les semis sont précoces (1^{ère} quinzaine d'octobre pour 80% des parcelles).

Les trois types de séquences techniques suivants sont caractérisés par un fractionnement des apports d'azote plus important, puisqu'un pourcentage significatif des parcelles qui les composent reçoivent 4 apports d'azote minéral (de 15 à 23%). De 55 à 66% de ces parcelles ne reçoivent jamais de fumure organique :

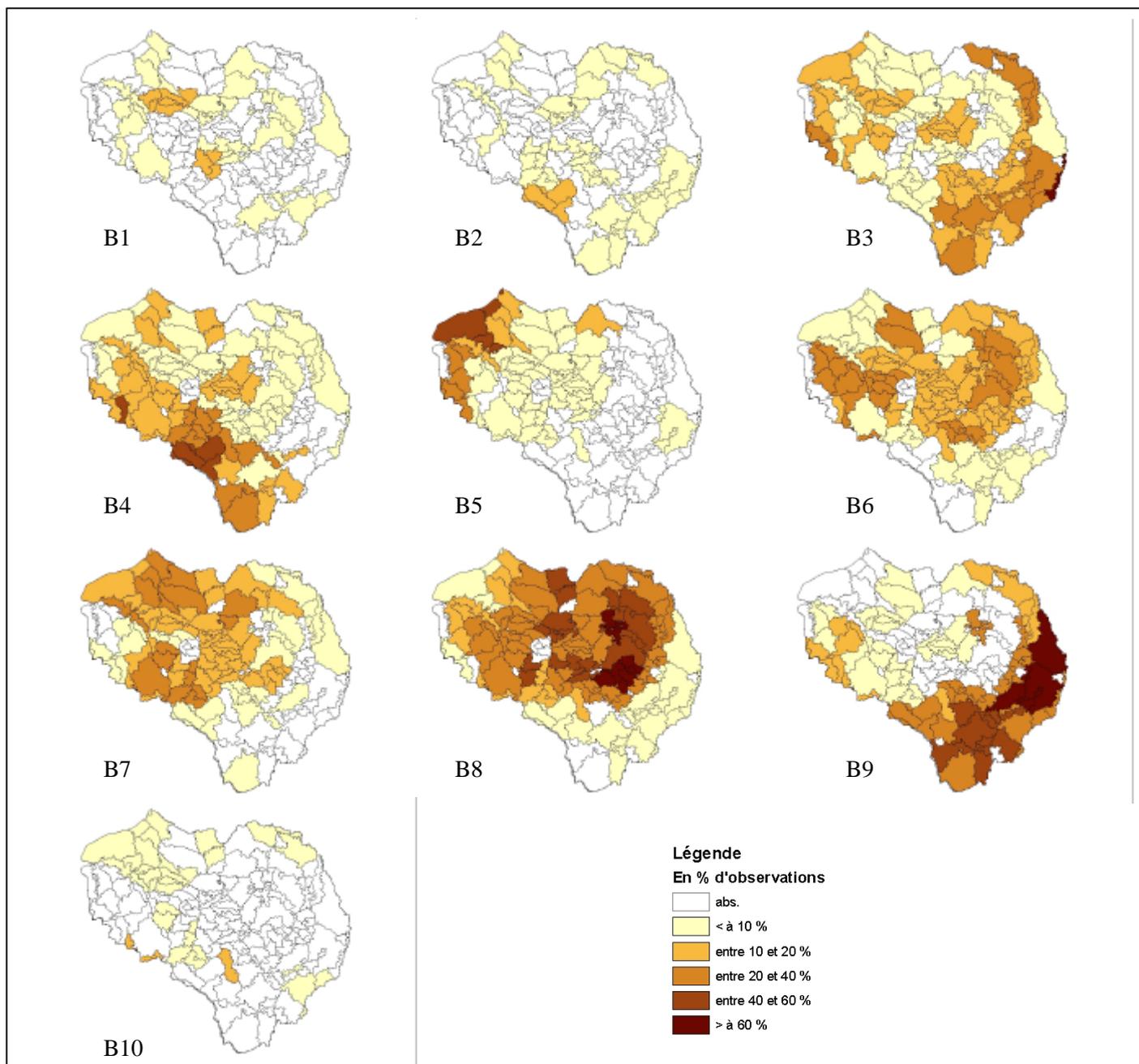


Figure 2 : Localisation des types de séquences techniques du blé

- les blés du type B7 (11% des parcelles) suivent en général une betterave ou un maïs grain. Les labours et semis sont donc tardifs. Seuls la moitié d'entre eux reçoivent une fumure en P et K.
- les blés de type B8 sont les plus répandus sur le bassin : ils représentent près du ¼ des parcelles échantillonnées, réparties sur toute la partie centrale du bassin. La dose totale d'azote minéral est élevée (supérieure à 210 unités pour la moitié des parcelles), mais il n'y a aucun apport en phosphore ni potasse. A noter que presque 30% de ces parcelles sont en zéro labour. La moitié de ces parcelles reçoivent plus d'un régulateur de croissance et de 4 à 5 fongicides. Les rendements sont élevés (supérieurs à 85 qx pour la moitié).
- les blés de type B9 (17% des parcelles) se retrouvent sur toute la périphérie est et sud du bassin, très peu couverte par le type précédent. Les deux tiers ont un précédent colza, qui induit des semis de blé précoces (avant le 15 octobre). Contrairement au type B8, ils reçoivent un apport de phosphore minéral et, pour les deux tiers, un apport de potasse. Les pratiques phytosanitaires sont également très différentes : pas d'insecticide, moins de 3 fongicides, mais plus d'anti-limace (plus d'un apport pour les deux tiers des parcelles).

Enfin, le dernier type de séquence technique identifié (B10, 1% des parcelles), très peu représenté sur le bassin de la Seine, est caractérisé par plus d'un apport en phosphore et potasse, à des doses importantes, et associés à une fumure organique régulière pour 40% des parcelles concernées.

Typologie des séquences techniques du maïs en 2001

L'analyse statistique a permis d'identifier sept grands types de conduite du maïs principalement différenciées par les pratiques de fertilisation minérale et organique (Tableau 3 ; Figure 3). Deux d'entre elles sont caractérisées par des apports en matières organiques importants :

- la première (MFG1) regroupe des parcelles en maïs fourrage ou maïs grain ne recevant aucune fertilisation azotée minérale, et pour moitié d'entre elles aucune fertilisation potassique et phosphatée minérale. C'est la matière organique qui constitue la fumure prédominante, si ce n'est unique, avec un apport régulier de déjections animales chaque année ou tous les deux ans sur près des deux tiers des parcelles. Ces parcelles sont principalement localisées dans les zones d'élevage à l'ouest du bassin de la Seine (plateaux haut-normands et Perche).
- la seconde (MF2) ne représente que des parcelles en maïs fourrage. En plus d'une fumure organique importante, selon la même régularité que le type précédent (annuelle ou bis-annuelle), elles reçoivent des apports en N, P et K à des doses réduites. Les traitements phytosanitaires sont dans la moyenne (2 ou 3 désherbages, pas d'insecticides), et les rendements apparaissent élevés (supérieurs à 120 qx). Ce type de conduite, plus répandu que le premier (18% des parcelles en maïs contre 5% pour le type précédent), se retrouve logiquement dans les zones périphériques d'élevage du bassin de la Seine (Normandie mais aussi Argonne et Barrois de la Meuse à l'Est).

Tableau 3 : Caractéristiques des 7 types de séquences techniques sur maïs

Variables	Modalités	MFG1	MF2	MG3	MG4	MG5	MFG6	MFG7
Nombre de parcelles		36	130	176	66	52	189	54
Type de maïs	maïs fourrage	52.8	82.3	7.4	4.5	15.4	46.6	35.2
	maïs grain	47.2	17.7	92.6	95.5	84.6	53.4	64.8
Nombre de passages d'outils de préparation du sol	1 à 2 passages	27.8	31.5	17	12.1	44.2	24.9	16.7
	3 passages	55.6	26.9	40.3	39.4	44.2	33.3	31.5
	4 passages	13.9	25.4	30.7	37.9	9.6	36.5	44.4
	> 4 passages	2.8	16.2	11.9	10.6	1.9	5.3	7.4
Implantation avec labour*	sans labour	11.1	4.6	2.3		30.8	10.6	7.4
	avec labour	88.9	95.4	97.7	100	69.2	89.4	92.6
Date de labour	sans labour	11.1	4.6	2.3		30.8	10.6	7.4
	du 15/08 au 30/11	5.6	5.4	30.7	42.4	9.6	12.7	11.1
	du 1/12 au 31/01	22.2	24.6	48.3	34.8	19.2	31.2	20.4
	du 1/02 au 30/04	25	26.9	12.5	19.7	15.4	21.7	35.2
	du 1/05 au 15/06	36.1	38.5	6.3	3	25	23.8	25.9
Date de semis	du 1/04 au 30/04	11.1	10	18.8	63.6	11.5	15.3	20.4
	du 1/05 au 15/05	58.3	75.4	70.5	33.3	25	67.2	63
	du 16/05 au 15/06	30.6	14.6	10.8	3	63.5	17.5	16.7
Nombre d'apports d'azote minéral	pas d'apport	100						
	1 apport		81.5	79	25.8	69.2	73	25.9
	2 apports		18.5	20.5	66.7	30.8	25.4	64.8
	3 apports			0.6	7.6		1.6	9.3
Quantité totale d'azote minéral	nulle	100	51.5					
	< 100 U		35.4	1.1	3	9.6	28.6	29.6
	100 – 150 U		10	30.7	6.1	17.3	36	24.1
	150 – 180 U		3.1	36.9	40.9	59.6	21.7	20.4
	> 180 U			31.3	50	13.5	13.8	25.9
Nombre d'apports de phosphore	pas d'apport	50					78.8	3.7
	1 apport	50	99.2	100	100	100	21.2	9.3
	> 1 apport		0.8					87
Quantité totale de phosphore	nulle	50					78.8	3.7
	< 60 U	16.7	39.2	5.1	30.3	7.7	10.1	9.3
	60 – 85 U	11.1	46.9	14.8	37.9	30.8	6.3	18.5

	85 – 110 U	16.7	13.8	22.2	30.3	55.8	3.7	22.2
	> 110 U	5.6		58	1.5	5.8	1.1	46.3
Nombre d'apports de potasse	pas d'apport	50					92.1	3.7
	1 apport	47.2	100	100	100	100	7.9	55.6
	> 1 apport	2.8						40.7
Quantité totale de potasse	nulle	50					92.1	3.7
	< 80 U	16.7	33.1	6.8	51.5	15.4	1.1	11.1
	80 – 115 U		28.5	13.1	47	63.5	1.1	29.6
	115 – 150 U	8.3	22.3	38.1		7.7	1.1	13
	> 150 U	25	16.2	42	1.5	13.5	4.8	42.6
Nombre d'apports de matières organiques	pas d'apport	25	29.2	92	97	100	44.4	59.3
	au moins 1 apport	75	70.8	8	3		55.6	40.7
Nombre de désherbants	0 ou 1 désherbant	19.4	13.1	8.5	1.5	26.9	7.4	16.7
	2 désherbants	36.1	48.5	59.1	27.3	23.1	43.4	35.2
	3 désherbants	25	30	25.6	36.4	40.4	32.8	33.3
	> 3 désherbants	19.4	8.5	6.8	34.8	9.6	16.4	14.8
Nombre d'insecticides	pas d'insecticide	88.9	89.2	63.1	27.3	73.1	75.7	77.8
	1 insecticide ou plus	11.1	10.8	36.9	72.7	26.9	24.3	22.2
Date de récolte	du 15/08 au 30/09	16.7	27.7	4.5	4.5	17.3	21.2	16.7
	du 1/10 au 15/10	50	51.5	16.5	28.8	1.9	29.6	20.4
	du 16/10 au 31/10	8.3	17.7	46.6	59.1	26.9	27.5	35.2
	du 1/11 au 15/12	25	3.1	32.4	7.6	53.8	21.7	27.8
Rendement	< 80 qx	11.1	13.1	30.1	25.8	57.7	27	18.5
	80 – 95 qx	25	7.7	50.6	25.8	23.1	21.2	20.4
	95 – 120 qx	22.2	13.8	17	45.5	13.5	25.4	42.6
	> 120 qx	41.7	65.4	2.3	3	5.8	26.5	18.5
Irrigation de la parcelle*	oui	88.9	1.5	14.8	47	9.6	13.8	11.1
	non	11.1	98.5	85.2	53	90.4	86.2	88.9
Apport d'une fumure organique sur les 10 dernières années*	jamais	22.2	11.5	70.5	84.8	78.8	32.3	51.9
	de temps en temps	19.4	26.2	19.9	13.6	17.3	27	16.7
	régulièrement	58.3	62.3	9.7	1.5	3.8	40.7	31.5

A l'opposé, trois types de conduite du maïs sont caractérisés par un très faible recours voire aucun recours à la matière organique. Ce sont des conduites relatives au maïs grain qui diffèrent selon la précocité des semis et des récoltes, la simplification des travaux du sol précédant l'implantation de la culture, et les doses de fertilisants minéraux ou de produits phytosanitaires apportées :

- la première (MG3, ¼ des parcelles échantillonnées) est très répandue dans les limons riches du nord du bassin de la Seine et dans la Brie. Ses principales caractéristiques sont de nombreux travaux de préparation du sol avant labour (3 à 4 passages), des labours précoces, des semis et récoltes assez tardifs (1^{ère} quinzaine de mai pour le semis, à partir de mi-octobre pour la récolte), une fertilisation minérale potassique et phosphatée à des doses élevées, et des traitements phytosanitaires moyens (2 à 3 désherbages).
- la deuxième (MG4, 9% des parcelles) est beaucoup moins présente dans le nord du bassin, et se concentre surtout au sud (Beauce, Orléanais). Elle diffère de la conduite précédente par des semis plus précoces (en avril pour les deux tiers des parcelles), des apports minéraux azotés plus nombreux (2 apports de N contre un seul) mais une moindre fertilisation en P et K, et des pratiques phytosanitaires plus intensives (plus de 3 désherbants, emploi d'insecticide). La moitié des parcelles de ce groupe sont irriguées.
- le dernier type de conduite du maïs sans fumure organique (MG5, 7% des parcelles) semble procéder d'une logique très différente. Contrairement aux autres, les travaux de préparation du sol avant labour sont simplifiés (1 à 3 passages), et un tiers des parcelles sont en zéro labour. Les semis et récoltes sont tardifs (de mi-mai à mi-juin pour le semis ; récolte après le 1^{er} novembre pour la moitié des parcelles). Enfin, les traitements phytosanitaires sont réduits (moins de 3 désherbants). Par contre, les rendements apparaissent assez faibles (inférieurs à 95 qx).

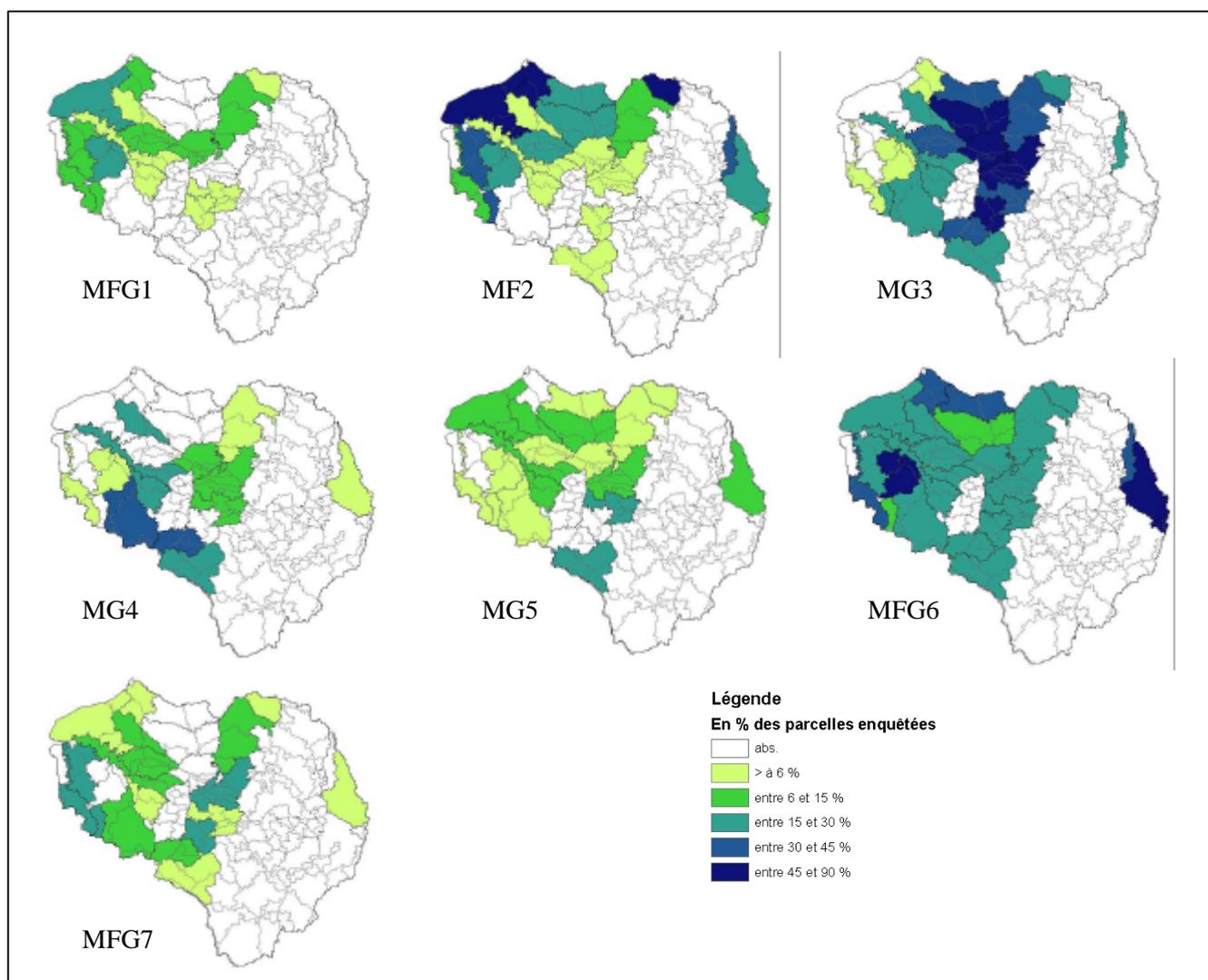


Figure 3 : Localisation des types de séquences techniques du maïs

Les deux derniers types de séquence technique du maïs identifiés par l'analyse statistique ont, pour moitié des parcelles qui les constituent, recours à la matière organique. Le premier (MFG6), qui regroupe plus du quart des parcelles échantillonnées, est caractérisé par une fertilisation minérale en P et K nulle. Le second (MFG7), beaucoup moins répandu (8% des parcelles), présente à l'inverse une fertilisation minérale importante, avec deux apports d'azote pour les deux tiers des parcelles, et des doses très élevées en phosphore et potasse pour la moitié des parcelles. Ces deux derniers types ne semblent pas avoir de localisation préférentielle dans le bassin, et sont répartis sur l'ensemble des zones d'échantillonnage du maïs.

Typologie des séquences techniques de la betterave en 2001

Concernant la betterave, les résultats de l'analyse statistique nous ont conduits à identifier six types de séquences techniques (Tableau 4 ; Figure 4). Tout comme le maïs, c'est la présence ou l'absence de fumure organique, qui n'est plus constituée ici de déjections animales mais principalement de vinasses de sucrerie, qui nous permet de faire une première distinction parmi ces six types. Deux types de conduite sont caractérisés par un recours important à la matière organique :

- le premier (Bett1), peu répandu (5% des parcelles échantillonnées), regroupe des parcelles qui ne reçoivent aucune fertilisation azotée minérale. Un tiers d'entre elles n'ont également aucun apport en phosphore et potasse, et les deux tiers restants reçoivent des doses réduites. 70% des parcelles ont reçu au moins un apport de matières organiques en 2001, et 90% d'entre elles en ont reçu ponctuellement ou de façon régulière au cours des dix dernières années.

- le second type (Bett2) concerne un nombre plus important de parcelles (1/5^{ème} de l'échantillon), réparties sur l'ensemble de la zone productrice de betterave du bassin de la Seine, avec toutefois une plus forte présence sur les plateaux du Soissonais et une moindre présence en Champagne crayeuse. Les deux tiers de ces parcelles ont reçu au moins un apport de matières organiques, et 80% d'entre elles en reçoivent de façon régulière. En corollaire, la fertilisation minérale est réduite, avec de faibles apports d'azote minéral et aucun apport de phosphore et potasse pour la grande majorité. Sur un tiers de ces parcelles, une culture intermédiaire piège à nitrate (CIPAN) est implantée pendant l'hiver précédant le semis de betterave.

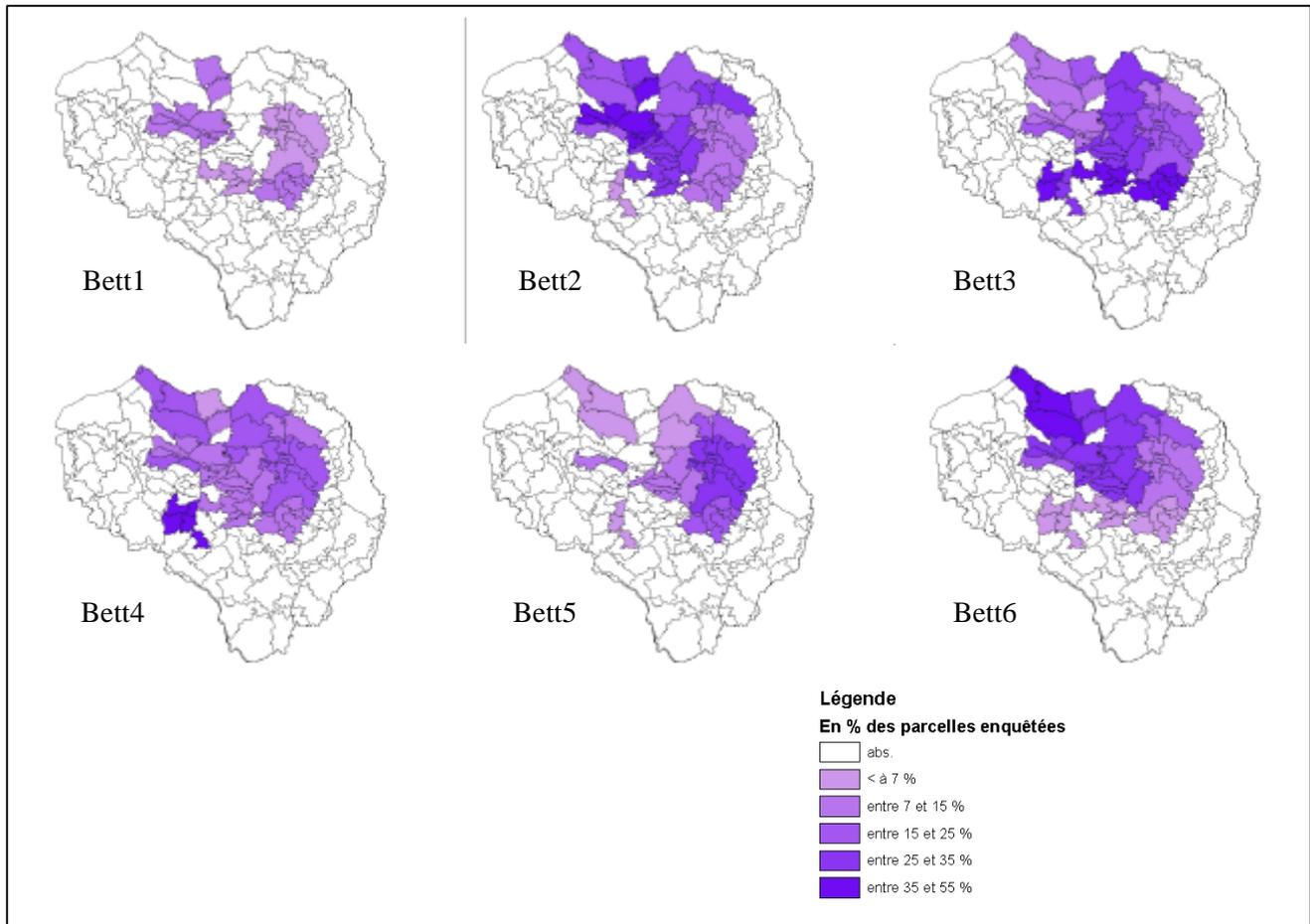


Figure 4 : Localisation des types de séquences techniques sur betterave

A l'opposé, deux types de séquences techniques sont caractérisés par une très faible fumure organique (plus de 80% des parcelles n'ont pas reçu de fumure organique en 2001, et les deux tiers n'en ont jamais reçu au cours des dix dernières années). Ils sont préférentiellement localisés dans la partie sud de la zone betteravière. Ils se distinguent l'un de l'autre par le niveau de fertilisation minérale. L'un d'eux (Bett3, ¼ des parcelles échantillonnées) est caractérisé par des doses importantes d'azote minéral (près de 90% des parcelles reçoivent plus de 140 unités d'azote), alors que les doses en phosphore et potasse restent moyennes. Concernant le second (Bett4, 18% des parcelles), ce sont à la fois les doses en azote minéral et en phosphore qui sont élevées. Ce dernier type est également caractérisé par des travaux de préparation du sol avant labour simplifiés (1 à 2 passages, 10% des parcelles en zéro labour), un labour, un semis et une récolte précoces (avant la fin novembre pour le labour, plus de la moitié des parcelles semées avant la fin avril et les trois quarts récoltées avant la fin octobre). 13% des parcelles de ce type sont irriguées.

Enfin, les deux derniers types de séquences techniques (Bett5, 10% des parcelles ; Bett6, 21% des parcelles) ont recours à la matière organique pour 40% des parcelles qui les constituent, ce qui a

pour conséquence dans les deux cas de réduire la fertilisation azotée minérale. Tous deux sont également caractérisés par des traitements phytosanitaires plus intensifs que les autres : plus de 8 désherbants associés au désherbage mécanique et plus de 2 fongicides pour le type Bett5, plus de 10 désherbants pour deux tiers des parcelles du type Bett6 et plus d'un insecticide pour la moitié de ces mêmes parcelles. Ils se différencient principalement par leur niveau de fertilisation potassique et phosphatée : les apports en phosphore et potasse sont élevés pour le type Bett5 mais réduits pour le type Bett6. Enfin, le type Bett5 est plutôt localisé en Champagne crayeuse à l'est de la zone betteravière, alors que le type Bett6 est caractéristique de l'extrême nord-ouest de la zone (Picardie).

Tableau 4 : Caractéristiques des 6 types de séquences techniques sur betterave

Variables	Modalités	Bett1	Bett2	Bett3	Bett4	Bett5	Bett6
Nombre de parcelles		18	79	96	71	39	81
Nombre de passages d'outils de préparation du sol	1 à 2 passages	22.2	19	4.2	46.5	17.9	8.6
	3 passages	22.2	27.8	52.1	15.5	12.8	28.4
	4 passages	38.9	36.7	38.5	19.7	33.3	43.2
	> 4 passages	16.7	16.5	5.2	18.3	35.9	19.8
Implantation avec labour*	sans labour	16.7	6.3		9.9		1.2
	avec labour	83.3	93.7	100	90.1	100	98.8
Date de labour	sans labour	16.7	6.3	6.3	9.9		1.2
	du 15/08 au 15/11	11.1	10.1	36.5	43.7	2.6	1.2
	du 16/11 au 30/11	16.7	19	28.1	22.5	10.3	4.9
	du 1/12 au 15/12	5.6	30.4	25	15.5	17.9	29.6
	du 16/12 au 31/03	27.8	20.3	4.2	2.8	25.6	54.3
	du 1/04 au 15/05	22.2	13.9		5.6	43.6	8.6
Date de semis	du 1/03 au 15/04	16.7	7.6	13.5	21.1	5.1	2.5
	du 16/04 au 30/04		31.6	30.2	33.8	23.1	25.9
	du 1/05 au 31/05	83.3	60.8	56.3	45.1	71.8	71.6
Nombre d'apports d'azote minéral	pas d'apport	100					
	1 apport		92.4	90.6	95.8	92.3	91.4
	> 1 apport		7.6	9.4	4.2	7.7	8.6
Quantité totale d'azote minéral	nulle	100					
	< 120 U		45.6	2.1	2.8	35.9	34.6
	120 – 140 U		26.6	9.4	25.4	17.9	23.5
	140 – 160 U		16.5	52.1	49.3	20.5	23.5
	> 160 U		11.4	36.5	22.5	25.6	18.5
Nombre d'apports de phosphore	pas d'apport	27.8	78.5		4.2		
	au moins 1 apport	72.2	21.5	100	95.8	100	100
Quantité totale de phosphore	nulle	27.8	78.5		4.2		
	< 90 U	38.9	2.5	11.5	19.7		48.1
	90 – 120 U	16.7	5.1	44.8	14.1	15.4	32.1
	120 – 150 U	5.6	6.3	16.7	40.8	25.6	9.9
	> 150 U	11.1	7.6	27.1	21.1	59	9.9
Nombre d'apports de potasse	pas d'apport	22.2	83.5				
	au moins 1 apport	77.8	16.5	100	100	100	100
Quantité totale de potasse	nulle	22.2	83.5				
	< 180 U	16.7	5.1	14.6	25.4	25.6	33.3
	180 – 230 U	38.9	5.1	33.3	15.5	2.6	35.8
	230 – 290 U	22.2	3.8	30.2	39.4	12.8	11.1
	> 290 U		2.5	21.9	19.7	59	19.8
Nombre d'apports de matières organiques	pas d'apport	33.3	31.6	81.3	84.5	59	61.7
	au moins 1 apport	66.7	68.4	18.8	15.5	41	38.3
Nombre de désherbants	< 8	38.9	24.1	15.6	32.4	10.3	27.2
	8 - 9	27.8	12.7	24	22.5	28.2	7.4
	10 – 12	22.2	27.8	37.5	25.4	35.9	34.6
	>= 13	11.1	35.4	22.9	19.7	25.6	30.9
Pratique du désherbage mécanique	oui	66.7	59.5	53.1	85.9	82.1	46.9
	non	33.3	40.5	46.9	14.1	17.9	53.1
Nombre d'insecticides	pas d'insecticide	55.6	45.6	61.5	45.1	46.2	28.4

	1 insecticide	33.3	35.4	20.8	23.9	25.6	25.9
	> 1 insecticide	11.1	19	17.7	31	28.2	45.7
Nombre de fongicides	pas de fongicide	11.1	1.3	6.3	4.2	7.7	16
	1 fongicide	33.3	31.6	28.1	35.2	12.8	30.9
	2 fongicides	55.6	59.5	54.2	42.3	59	51.9
	> 2 fongicides		7.6	11.5	18.3	20.5	1.2
Nombre de traitements anti-limaces	pas de traitement	72.2	83.5	84.4	100	100	85.2
	au moins 1 traitement	27.8	16.5	15.6			14.8
Date de récolte	du 1/09 au 15/10	38.9	44.3	22.9	57.7	23.1	14.8
	du 16/10 au 31/10	22.2	25.3	28.1	19.7	23.1	33.3
	du 1/11 au 15/11	27.8	19	46.9	21.1	17.9	32.1
	du 16/11 au 31/12	11.1	11.4	2.1	1.4	35.9	19.8
Rendement	< 560 qx	27.8	24.1	14.6	36.6	5.1	34.6
	560 – 640 qx	16.7	25.3	26	16.9	23.1	30.9
	640 – 710 qx	38.9	29.1	30.2	18.3	25.6	18.5
	> 710 qx	16.7	21.5	29.2	28.2	46.2	16
Pratique d'un engrais vert ou d'une CIPAN*	oui	22.2	31.6	11.5	11.3	12.8	21
	non	77.8	68.4	88.5	88.7	87.2	79
Apport d'une fumure organique sur les 10 dernières années*	jamais	11.1	19	60.4	66.2	38.5	38.3
	de temps en temps	61.1	48.1	31.3	26.8	46.2	46.9
	régulièrement	27.8	32.9	8.3	7	15.4	14.8

1.2.3 Perspectives

Ces premiers résultats montrent la richesse de l'enquête « Pratiques culturelles » du SCEES, qui induit de multiples possibilités d'analyse (définition des seuils relatifs aux modalités de chaque variable, choix des variables actives et supplémentaires pour caractériser les séquences techniques, niveau de détail des typologies retenues, etc). Les typologies présentées sur blé, maïs et betterave sont issues de premiers essais exploratoires, qui appellent d'autres analyses pour conforter leur robustesse ou examiner plus en détail certains aspects des séquences techniques. Nous envisageons ainsi de réaliser des analyses plus ciblées, dans le but de mieux connaître la diversité de certaines pratiques culturelles : à titre d'exemple sur le blé, il serait intéressant de conduire une analyse détaillée des pratiques de fertilisation azotée minérale, tenant compte du nombre d'apports et de la dose totale apportée, mais aussi des dates et doses de chacun des apports. Des analyses ciblées sur les pratiques phytosanitaires, permettant de prendre en compte un nombre plus important de variables descriptives, seraient également à réaliser. Enfin, ces analyses sont à étendre à d'autres cultures présentes de manière importante sur le bassin de la Seine, telles que le colza et le pois, ainsi qu'aux prairies.

En outre, l'enquête « Pratiques culturelles » du SCEES contient des informations relatives aux raisons des choix des agriculteurs : comment est prévu le niveau de fumure azotée, comment est-il réajusté au cours du cycle végétatif, en fonction de quelles recommandations sont décidés les traitements phytosanitaires ... Ces informations peuvent être utiles pour appréhender la manière dont les agriculteurs raisonnent leurs itinéraires techniques.

Nous prévoyons également de confronter les types de séquences techniques sur cultures localisés à l'échelle des PRA ou de groupes de PRA contiguës, avec les caractéristiques de ces mêmes PRA en termes d'OTEX ou de types de successions culturales. L'objectif sera ici d'enrichir la caractérisation des PRA du bassin de la Seine, qui prendra ainsi en compte les quatre niveaux de description des activités agricoles retenus au début de ce travail.

Dans un dernier temps, nous prévoyons d'analyser les évolutions de séquences techniques, en mobilisant l'enquête « Pratiques culturelles » réalisée par le SCEES en 1994. L'objet de cette étude diachronique sera de mieux connaître les progrès techniques réalisés en agriculture au cours de la dernière décennie, à la fois en termes de diffusion géographique (quelles sont les régions les plus innovantes ? comment s'est diffusé le progrès technique entre 1994 et 2001 ?), et en termes de critères d'innovation (quelles sont les pratiques les plus concernées par le progrès technique : le travail du sol, les apports d'intrants, ...? quel est l'impact observé sur le rendement des cultures ?). Son intérêt

consiste à identifier les grandes tendances d'évolution de l'agriculture, et aussi d'évaluer les disparités régionales en termes de pression sur l'environnement (en particulier sur les pollutions diffuses par les nitrates et les phytosanitaires).

2. Adaptation de la démarche de recherche à l'échelle des sites – ateliers

Tout comme les travaux conduits sur l'ensemble du bassin de la Seine, l'analyse des dynamiques et de l'organisation spatiale des activités agricoles sur les sites – ateliers de la Vesle et de la Blaise poursuit deux objectifs : (i) alimenter des modèles qui permettent de faire le lien entre les pratiques agricoles effectives et les pollutions qu'elles engendrent ; (ii) comprendre les systèmes d'activités en présence sur les bassins versants pour aider à construire une réflexion d'aide au changement, pour mieux concilier production agricole et qualité des ressources en eau. Toutefois, les changements d'échelle, en particulier d'espace, nous conduisent à modifier certains aspects de notre démarche de recherche.

2.1. Les choix théoriques

Le choix des quatre niveaux de description de l'activité agricole (exploitation agricole, assolement, succession de cultures et séquence technique) est maintenu. Par contre, les modèles de représentation de la diversité des activités agricoles à ces quatre niveaux ne sont pas forcément les mêmes. Si les OTEX nous ont paru constituer une classification suffisante pour caractériser la diversité des systèmes de production du bassin de la Seine, elles deviennent insuffisantes, car trop « généralistes », pour décrire la diversité des exploitations agricoles des sites – ateliers, qui n'est pas due à des combinaisons de production différentes dans les exploitations. Ainsi, les exploitations de la Vesle correspondent à deux OTEX principales (« Culture générale » et « Viticulture »), alors que celles de la Blaise sont majoritairement classées dans les OTEX « Céréales et oléoprotéagineux » et « Grandes cultures et herbivores ». En cohérence avec l'objectif d'aide au changement, la diversité des exploitations est à rechercher au niveau de leurs modes de fonctionnement et des logiques qui les sous-tendent.

Le relevé, la caractérisation et la formalisation de la diversité des fonctionnements d'exploitation ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche, en particulier au sein du département Sciences pour l'Action et pour le Développement de l'INRA. Les typologies ainsi conçues s'appuient toutes sur une théorie du fonctionnement de l'exploitation agricole vue comme un « système complexe piloté » (Osty, 1978). Les logiques de fonctionnement des exploitations sont soit déduites du projet à long terme des agriculteurs (INRA-ENSSAA, 1973 ; Capillon, 1985 ; Capillon, 1993), soit révélées à partir de combinaisons cohérentes de pratiques (Cristofini *et al.*, 1978 ; Cristofini, 1985 ; Perrot, 1990). En reprenant les postulats de Cristofini, Girard *et al.* (2001) ont récemment mis au point une démarche de catégorisation d'exploitations sous forme de prototypes, basée sur des critères de pratiques territoriales et sur des méthodologies issues de l'ingénierie des connaissances. Cette démarche fait appel à des entretiens semi-directifs auprès d'un échantillon raisonné d'agriculteurs, et est complétée par un dispositif interactif mobilisant des conseillers agricoles pour progressivement définir les pôles d'agrégation qui constitueront les types d'exploitation (Bidegain, 2002). L'utilisation d'une telle démarche nous paraît pertinente sur les sites - ateliers. Tout en suscitant les conditions d'un partenariat avec des acteurs du développement agricole, elle permet de caractériser les pratiques agricoles, et les conditions de leur changement, non seulement de manière quantitative mais aussi qualitative, et de construire des typologies ad hoc, en réponse aux problématiques définies sur chacun des bassins versants (pollutions diffuses liées aux phytosanitaires sur la Vesle, pollutions diffuses liées à l'élevage sur la Blaise).

Le choix des mailles spatiales porteuses des informations agricoles agrégées est également à modifier, car chacun des deux sites – ateliers est inclus dans deux PRA : Champagne crayeuse et Vignoble pour la Vesle, Barrois et Perthois pour la Blaise. Deux mailles spatiales nous semblent à privilégier : la commune et la parcelle ou l'îlot de parcelles. La première est la plus petite unité

spatiale sur laquelle des informations statistiques sont disponibles. Soumise au secret statistique³, elle peut aussi comporter certains biais car la plupart des exploitations agricoles ne sont pas entièrement localisées au sein de la commune où leur siège est situé, et nous verrons comment les évaluer (Schott *et al.*, 2004). La seconde est la plus petite entité spatiale sur laquelle les modes d'occupation du sol peuvent être repérés.

2.2. Matériel et méthodes d'analyse

L'extension géographique du bassin de la Seine limite les sources d'informations, principalement constituées des statistiques agricoles nationales, homogènes sur le bassin, et d'enquêtes à dire d'experts. A l'échelle des sites – ateliers, nous pouvons mobiliser une plus grande variété de sources d'informations :

- les statistiques agricoles nationales (RGA, enquête Ter-Uti, enquête « Pratiques culturelles ») sont toujours mobilisables moyennant, pour celles effectuées par sondage, certaines précautions concernant leur représentativité.
- elles peuvent être complétées par des statistiques disponibles à l'échelle départementale, qui peuvent être le fait des organismes professionnels agricoles, et en particulier des Centres Départementaux d'Economie Rurale.
- l'extension géographique « à taille humaine » des sites – ateliers autorise également des enquêtes directes en exploitations agricoles. Ces enquêtes sont indispensables pour comprendre les logiques de fonctionnement des exploitations et appréhender les capacités d'adaptation des agriculteurs pour mieux concilier leurs pratiques agricoles (notamment en termes d'utilisation du territoire) et la protection des ressources en eau. Sur la Vesle, ces enquêtes seront complétées par des enquêtes auprès des prescripteurs de produits phytosanitaires (coopératives agricoles), dont les recommandations auprès des agriculteurs jouent un rôle important dans les choix de traitements faits par ces derniers.
- enfin, pour reconnaître les modes d'occupation du sol à l'échelle d'îlots de parcelles agricoles, l'analyse d'images satellites sera entreprise et prise en charge, sur la Vesle, par les géographes de l'Université de Reims dans le cadre du programme Dynagri.

2.3. Représentativité des sites – ateliers dans le bassin de la Seine

En conclusion de ce rapport, nous souhaitons apporter quelques éléments afin de repositionner la place des sites – ateliers au sein des diversités agricoles du bassin de la Seine. La Figure 5 montre quelle est leur place au sein du zonage utilisé dans le programme GICC-Seine (Poux *et al.*, 2004) et au sein des zones aux successions de cultures homogènes durant la décennie 1990.

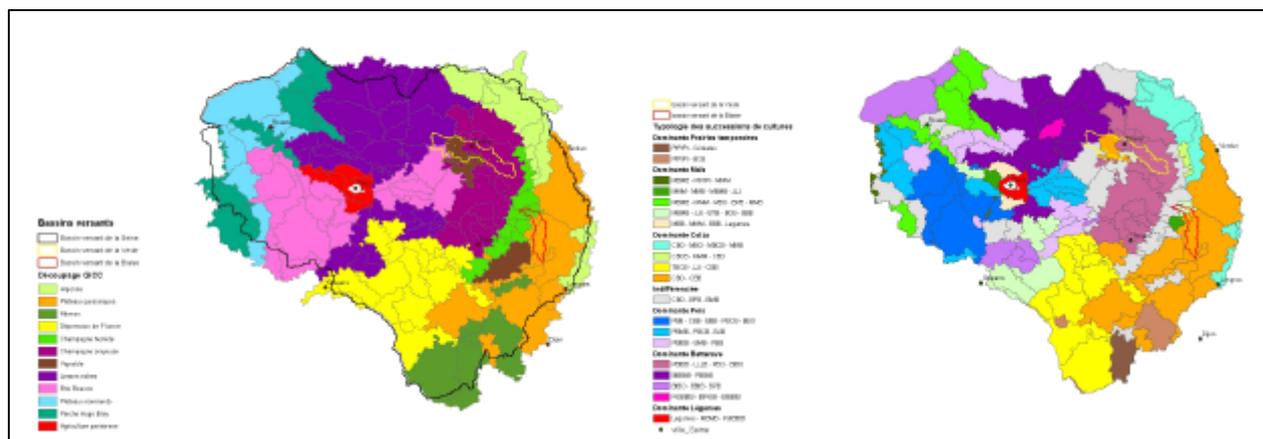


Figure 5 : Place des sites - ateliers dans les zones homogènes du bassin de la Seine

³ Si moins de trois exploitations agricoles dans la commune remplissent un critère donné, celui-ci ne sera pas renseigné. Avec la diminution du nombre des exploitations, ce cas est de plus en plus fréquent.

3. Bibliographie

- Bidegain P.-P. (2002). Stratégies d'alimentation et de gestion de l'espace : typologie de fonctionnement et trajectoires d'évolution d'élevages allaitants. L'exemple des coteaux secs du Gers et de Haute-Garonne. *Mémoire d'ingénieur Purpan / SAD Toulouse*, 92 p.
- Bornerand C. (2000). Dynamique des pratiques culturales dans le bassin de la Marne depuis les années 70. *Mémoire de fin d'études ENSAIA*. 35 p. + annexes.
- Capillon A. (1985). Connaître la diversité des exploitations : un préalable à la recherche de références techniques régionales. *Agriscopes*, 6, 31-40.
- Capillon A. (1993). Typologie des exploitations agricoles. Contribution à l'étude régionale des problèmes techniques. *Thèse de doctorat de l'INA-PG*, Tome I, 48 pages.
- Cristofini B., Deffontaines J.-P., Raichon C., de Verneuil B. (1978). Pratiques d'élevage en Castagniccia. Exploration d'un milieu naturel et social en Corse. *Etudes Rurales*, 71-72, 89-109.
- Cristofini B. (1985). La petite région vue à travers le tissu de ses exploitations : un outil pour l'aménagement et le développement rural. *B.T.I.*, 399-401, 483-493.
- Girard N., Bellon S., Hubert B., Lardon S., Moulin C.-H., Osty P.-L. (2001). Categorising combinations of farmers' land use practices : an approach based on examples of sheep farms in the south of France. *Agronomie*, 21, 435-459.
- Gomez E., Ledoux E. (2001). Démarche de modélisation de la dynamique de l'azote dans les sols et de son transfert vers les aquifères et les eaux de surface, *C.R. Acad. Agric. Fr.*87-1 : 111-120.
- Gomez E., Mignolet C., Schott C., Brunstein D., Bornerand C., Ledoux E., Benoît M., Tournebize J., de Louvigny N., Ponsardin G., Mary B. (2002). Dynamiques agricoles et pollution nitrique diffuse : modélisation intégrée du transfert des nitrates sur le bassin de la Seine. *Rapport de synthèse, PIREN-Seine phase III*. pp 52
- INRA-ENSSAA (1973). Conditions de choix des techniques de production et évolution des exploitations agricoles. Région de Rambervillers (Vosges). *Etude INRA-SEI*, 4.
- Klatzmann J. (1955). *La localisation des cultures et des productions animales en France*. Imprimerie nationale, Paris, 477 p.
- Mignolet C., Schott C., Benoît M., à paraître. Spatial dynamics of agricultural practices on a basin territory : a retrospective study to implement models simulating nitrate flow. *Agronomie*.
- Mignolet C., Schott C., Mari J.-F., Benoît M. (2003). Typologies des successions de cultures et des techniques culturales dans le bassin de la Seine. *Rapport PIREN – Seine*, 23 p.
- Mignolet C., Benoît M. (2001). Réflexions sur une segmentation régionale selon la diversité des systèmes techniques agricoles. *Revue Internationale de Géomatique*, 11(2), 191-206.
- Mignolet C., Benoît M., Bornerand C. (2001a). Différenciation du bassin de la Seine selon les dynamiques des systèmes de production agricoles depuis les années 1970. *Agricultures*, 10, 377-387.
- Mignolet C., Bornerand C., Benoît M. (2001b). Dynamique spatiale et temporelle de l'activité agricole dans le bassin de la Seine au cours des trente dernières années. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 87(1), 99-109.
- Osty P.-L. (1978). L'exploitation agricole vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement. *B.T.I.*, 326, 43-49.
- Perrot C. (1990). Typologie d'exploitations construite par agrégation autour de pôles définis à dire d'experts. Proposition méthodologique et premiers résultats obtenus en Haute-Marne. *INRA Prod. Anim.*, 3(1), 51-66.
- Poux X. et Dubien I. (2002). Quelle prospective pour l'agriculture de la Seine amont ? L'enseignement de trois scénarios sur le bassin de la Marne. *Rapport de synthèse PIREN-Seine*
- Poux X., Ducos G., Benoît M., Schott C., Mignolet C., Lebonvallet S., Mary B. (2004). Simulation prospective des pertes nitriques dans l'hydrosystème Seine en 2050 : construction de scénarios macro-économiques de l'agriculture en images spatialisées des systèmes agraires du bassin de la Seine. *Rapport PIREN-Seine*.