



HAL
open science

Création d'une base de données sur les pratiques agricoles de Basse-Normandie de 1970 à 2006

Céline Schott, Anne Mimet, Catherine C. Mignolet

► **To cite this version:**

Céline Schott, Anne Mimet, Catherine C. Mignolet. Création d'une base de données sur les pratiques agricoles de Basse-Normandie de 1970 à 2006. [Contrat] 2010. hal-02824861

HAL Id: hal-02824861

<https://hal.inrae.fr/hal-02824861>

Submitted on 6 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.

Création d'une base de données sur les pratiques agricoles de Basse-Normandie de 1970 à 2006

(2^{ème} version)



© INRA - GIRAULT N. Les roches de Ham, bocage normand (département de la Manche)

Céline SCHOTT, Anne MIMET, Catherine MIGNOLET
INRA-SAD ; Unité de Recherche INRA-SAD ASTER Mirecourt
Septembre 2010

Table des matières

Table des matières	1
Liste des sigles et des abréviations	2
Introduction	3
Introduction	3
Remerciements	4
<i>1 L'évolution de l'agriculture en Basse-Normandie</i>	<i>5</i>
1.1 Description de la zone d'étude	5
1.1.1 Contexte hydrogéologique.....	5
1.1.2 Définition de la zone d'étude et des maillages spatiaux utilisés.....	5
1.1.3 Les occupations du sol de la zone étudiée	7
1.2 L'agriculture de la Basse-Normandie.....	10
1.2.1 Les sources d'informations utilisées.....	10
a. Les sources d'information sur l'assolement	10
b. Les sources d'information sur les successions de cultures	11
c. Les sources d'information sur les itinéraires techniques (ITK).....	13
1.2.2 Le traitement des données à l'échelle de la zone d'étude	13
a. Résultats concernant l'assolement et les surfaces cultivées.....	13
b. Résultats concernant les successions de cultures.....	17
c. Résultats concernant les itinéraires techniques (ITK)	23
1.3 La pollution azotée en Basse-Normandie.....	29
<i>2 Constitution de la Base de données spatialisée sur les pratiques agricoles</i>	<i>33</i>
2.1 Principes généraux	33
2.1.1 Description du modèle couplé STICS-MODCOU	33
2.1.2 Les descripteurs des activités agricoles utilisés dans la base de données	34
2.1.3 Définition de la maille spatiale unitaire.....	36
2.1.4 Structure de la base de données	37
a. La base de données « Prairies ».....	37
b. La base de données « Cultures »	39
2.2 Définition des itinéraires techniques de la base de données.....	40
2.3 Définition des occupations du sol dans la base de données.....	43
2.3.1 Reconstitution de l'occupation du sol par période et par canton	43
a. Validation de la segmentation temporelle à l'échelle régionale	43
b. Méthode de calcul de l'assolement moyen à l'échelle cantonale	44
2.3.2 Segmentations spatio-temporelles des activités agricoles en Basse-Normandie à l'échelle cantonale.....	46
a. Classification des cantons selon les systèmes de culture dominants	46
b. Classification des cantons selon les systèmes d'élevage dominants.....	50
2.3.3 Reconstitution des successions de cultures par classes de cantons.....	53
<i>3 Extractions de la base de données et validation des résultats</i>	<i>57</i>
3.1 Extraction des surfaces cultivées.....	57
3.1.1 Les surfaces cultivées par département	57
3.1.2 Les surfaces cultivées par canton	59
3.2 Extractions des itinéraires techniques	70
3.2.1 Les itinéraires techniques par département.....	70
3.2.2 Les itinéraires techniques par canton.....	76
a. Les itinéraires techniques sur blé tendre.....	76
b. Les itinéraires techniques sur maïs fourrage.....	78
c. Les itinéraires techniques sur prairies temporaires.....	81
d. Les itinéraires techniques sur prairies permanentes.....	82

3.3	Résultat final : calcul de la pression azotée	85
3.3.1	La pression azotée à l'échelle cantonale.....	85
a.	La pression azotée rapportée à la SAU.....	85
b.	La pression azotée absolue	86
3.3.2	La pression azotée à l'échelle départementale.....	88
Conclusion		92
Liste des figures.....		94
Annexes		98

Liste des sigles et des abréviations

ACP	Analyse en Composantes Principales
AESN	Agence de l'Eau Seine-Normandie
ASTER	Agro-Systèmes TErritoires Ressources
BDD	Base de Données
CAH	Classification Ascendante Hiérarchique
CIPAN	Culture Intermédiaires piège à Nitrates
CORPEN	Comité d'Orientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'ENvironnement
DRAF	Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt
INRA	Institut national de la recherche Agronomique
ITK	Itinéraire technique
LORIA	Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications
PAC	Politique Agricole Commune
PIREN-Seine	Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement de la Seine
PRA	Petite région Agricole
PTA	Analyse Triadique Partielle
RGA	Recensement Général de l'Agriculture
RPG	Registre Parcellaire Graphique
SAA	Statistiques Agricoles Annuelles
SAD	Science pour l'Action et le Développement
SAU	Surface Agricole Utile
SISA	Système d'information de sources administratives
SRISE	Service régional d'information statistique et économique
SSP	Service de la Statistique et de la Prospective
STH	Surface Toujours en Herbe
TL	Terres Labourables
UGB	Unité Gros Bétail
ZAC	Zone d'Actions Complémentaires
ZES	Zone en excédent structurel d'azote lié aux élevages
ZPPN	Zone de protection prioritaire Nitrates

Introduction

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau fixe des objectifs de bon état qualitatif et quantitatif pour toutes les masses d'eau souterraine, définies comme des volumes d'eau distincts à l'intérieur d'un ou plusieurs aquifères, d'ici 2015.

L'aquifère du Bajocien-Bathonien en Basse-Normandie constitue la principale ressource pour l'alimentation en eau potable de la région, notamment pour les départements du Calvados et de l'Orne. Il connaît des problèmes quantitatifs locaux et des problèmes de qualité généralisés, en particulier vis-à-vis des nitrates et des pesticides.

La Direction des Bocages Normands de l'Agence de l'eau Seine-Normandie, en charge du territoire où se situe cet aquifère, a donc souhaité mettre en place un outil de gestion de cette masse d'eau, pour améliorer la gestion des prélèvements, et réduire les impacts sur la qualité exercés principalement par les activités agricoles.

La création de cet outil a débuté par la construction d'un modèle hydrogéologique en collaboration avec Mines-ParisTech, comprenant, pour ce qui est du domaine de surface, toute la partie de la Basse-Normandie recoupant le territoire de l'Agence de l'Eau Basse-Normandie, et dans le domaine souterrain, les aquifères du Bajocien-Bathonien et de la Craie.

Dans un objectif de gestion de flux de nitrates dans la nappe, il a ensuite été couplé avec un modèle agronomique permettant de simuler le comportement du système sol-eau-plante au cours de plusieurs années successives d'exploitation agricole, voire même plusieurs décennies dans le cas de processus lents comme le transfert des nitrates de la zone sous-racinaire aux aquifères.

Pour cela, il a fallu alimenter les modèles en données d'entrée sur les pratiques agricoles sur le temps long, et sur un territoire de 18 000 km². Dans le prolongement des travaux menés dans le cadre du PIREN-Seine, il a donc été demandé à l'INRA (Unité de recherche SAD ASTER de Mirecourt) de poursuivre, sur le secteur des Bocages Normands, le travail réalisé à l'échelle du bassin de la Seine visant à caractériser les pratiques agricoles sur de vastes échelles spatiales et temporelles.

Le présent rapport¹ poursuit trois principaux objectifs : *i)* présenter les principales évolutions de l'agriculture en Basse-Normandie entre 1970 et 2006 à travers les différentes sources statistiques disponibles, sous forme de traitement cartographique et/ou statistiques; l'orientation qui a été choisie ici concerne surtout la description des systèmes de cultures (assolement, ; successions de cultures et itinéraires techniques) *ii)* expliciter de manière détaillée la méthodologie suivie pour la création de la base de données spatialisée sur l'évolution des pratiques agricoles en Basse-Normandie, en établissant, quand cela était possible, les parallèles existants entre la base de données du bassin de la Seine et celle de la Basse-Normandie, qui a été appelée BDD « Bocages normands » en référence à la Direction qui a commandé l'étude ; *iii)* présenter des extractions issues de la base de données afin de pouvoir valider leur contenu, à travers d'autres sources disponibles ou auprès d'un comité d'experts.

Nous espérons ainsi à travers ce rapport fournir aux lecteurs à la fois une vision relativement large et complète de l'évolution de l'agriculture à l'échelle d'une région entière comme la Basse-

¹ NB : Pour les lecteurs, il peut être important de préciser que ce rapport a été écrit en deux phases et par deux auteurs différents. En effet, la première version de ce rapport a été écrite par Anne à la fin de son contrat en mars 2009. Comme il ne lui a donc pas été possible de prolonger son contrat pour reprendre elle-même les différentes corrections qu'attendaient nos partenaires à l'issue d'une première relecture, ces corrections ont donc été prises en charge par moi-même en fonction de mes disponibilités et ont nécessité que je me replonge complètement dans la démarche suivie par Anne. Ceci explique que cette deuxième version survienne plus d'un an après la rédaction du précédent rapport, alors que l'étude sur les Bocages Normands était en train de s'achever. De ce fait, même quand des erreurs ou des améliorations possibles étaient repérées, il n'a pas été possible d'en tenir compte dans le résultat final.

Normandie, mais également décrire une démarche méthodologique permettant de synthétiser des informations discontinues et hétérogènes sur les pratiques agricoles, à la fois au niveau spatial et temporel, comme le sont la plupart des données statistiques existantes, en informations modélisables après leur « transformation » en données continues et homogènes à l'échelle d'un grand territoire et sur une longue période. Nous essayerons bien entendu de voir en conclusion si les résultats de cette méthode semblent fiables et quelles sont éventuellement les améliorations ultérieures qui peuvent lui être apportées.

Remerciements

Je souhaite tout d'abord à remercier Anne Mimet qui, durant 7 mois de CDD bien remplis à l'INRA-SAD ASTER de Mirecourt, a su relever le défi de terminer dans les temps une base de données très complexe et très fournie sur 36 ans de pratiques agricoles en Basse-Normandie. Ce travail considérable a permis de réaliser début 2010 les principales simulations de transfert de nitrates vers les aquifères normands grâce au couplage de modèles STICS-MODCOU. Même si le temps a manqué pour peaufiner le rapport ci-présent, les résultats qui s'y trouvent proviennent essentiellement de ses travaux. Je tiens ensuite à adresser mes sincères remerciements à la vingtaine d'experts qu'Anne a rencontrés au cours de ses enquêtes, pour le temps qu'ils ont bien voulu lui accorder ainsi que pour la qualité des informations qu'ils ont bien voulu lui transmettre et dont ils sont les seuls détenteurs.

Ensuite, je tiens à remercier particulièrement Pascal Lombezzu du SRISE (Service régional d'information statistique et économique) de la Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt, pour sa réactivité et son efficacité à nous fournir les différentes données statistiques indispensables à la connaissance de l'activité agricole sur notre territoire d'étude.

Enfin, je tiens à remercier l'Agence de l'Eau Seine-Normandie qui a commandé cette étude et particulièrement Nicolas Roussel qui en était le principal pilote et enfin, Pascal Viennot d'Armines pour notre déjà ancien et fructueux partenariat scientifique...

1 L'évolution de l'agriculture en Basse-Normandie

1.1 Description de la zone d'étude

1.1.1 Contexte hydrogéologique

Nous allons tout d'abord aborder brièvement le contexte hydrogéologique car il conditionne une partie de notre étude en terme de zonage notamment.

La principale ressource en eau de la région, du point de vue quantitatif, réside dans l'aquifère du Jurassique moyen (niveaux calcaires du Bajocien-Bathonien), de grande extension géographique (**Figure 1**). Cet aquifère s'étend en effet de la Plaine du Bessin au nord-ouest à la région d'Argentan au sud-est et se trouve dans les terrains de subsidence de toute la Plaine de Caen. L'autre grand aquifère est celui de la Craie, situé sur toute la partie est de la Basse-Normandie. Le reste de la région n'est composée que de zones peu ou localement aquifères en raison de la présence du socle cristallin sous-jacent et ne connaît quasiment qu'une circulation de surface².

Le modèle MODCOU décrit dans le chapitre suivant (§ 2.1.1) prend donc en compte la totalité de l'extension du secteur Bocage Normand de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie comme couche de surface pour la modélisation hydrologique (écoulements de surface). En revanche, le module souterrain du modèle ne prend en compte que les quatre aquifères dont l'extension est suffisante au regard de l'échelle du modèle (**Figure 2**).

Figure 1 : Les aquifères de la région Basse Normandie

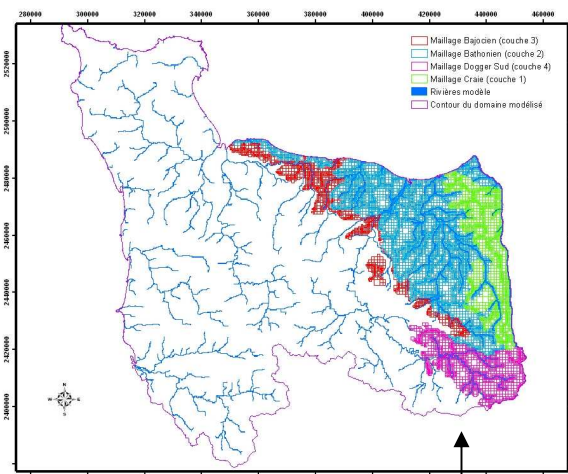
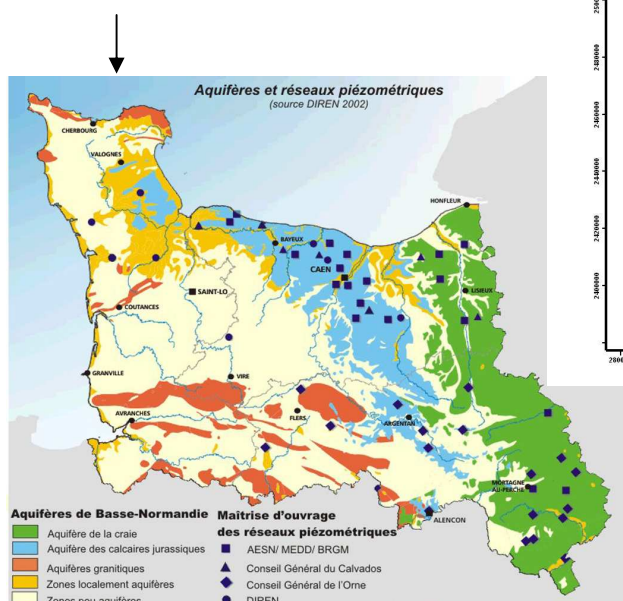


Figure 1: Extension des aquifères mobilisés par le modèle MODCOU

1.1.2 Définition de la zone d'étude et des maillages spatiaux utilisés

La très grande majorité du zonage hydrogéologique sur lequel vont se baser les simulations (à savoir la couche de surface du modèle MODCOU) est contenue dans la région Basse-Normandie (**Figure 3**), composée de trois départements : le Calvados, l'Orne et la Manche, à l'exception de trois cantons, dont deux sont situés en Ile-et-Vilaine et le troisième en Mayenne. Dans un souci

² Charlotte THIERION, Pascal VIENNOT, Emmanuel LEDOUX. *Mise en œuvre du modèle MODCOU sur les aquifères du bajocien-bathonien dans le secteur des Bocages Normands. 1^{ère} partie : construction et calage du modèle*. Rapport de fin de contrat. Centre de Géosciences, Fontainebleau, 69 p.

de continuité territoriale avec la précédente étude réalisée dans le cadre du PIREN-Seine, nous avons cependant élargi notre zone d'étude à la totalité de la région Basse-Normandie, à laquelle s'ajoutent les trois cantons limitrophes.

Un maillage spatial fréquemment utilisé à ces échelles est le maillage en Petites Régions Agricoles (PRA), défini par les services de l'administration agricole dans les années 50, sur la base de critères d'homogénéité des conditions pédoclimatiques et des activités agricoles. La zone d'étude comprend donc intégralement 17 PRA, soit 7 PRA de la Manche, 4 PRA du Calvados, 6 PRA de l'Orne, et partiellement 1 PRA d'Ille-et-Vilaine et 1 PRA de Mayenne.

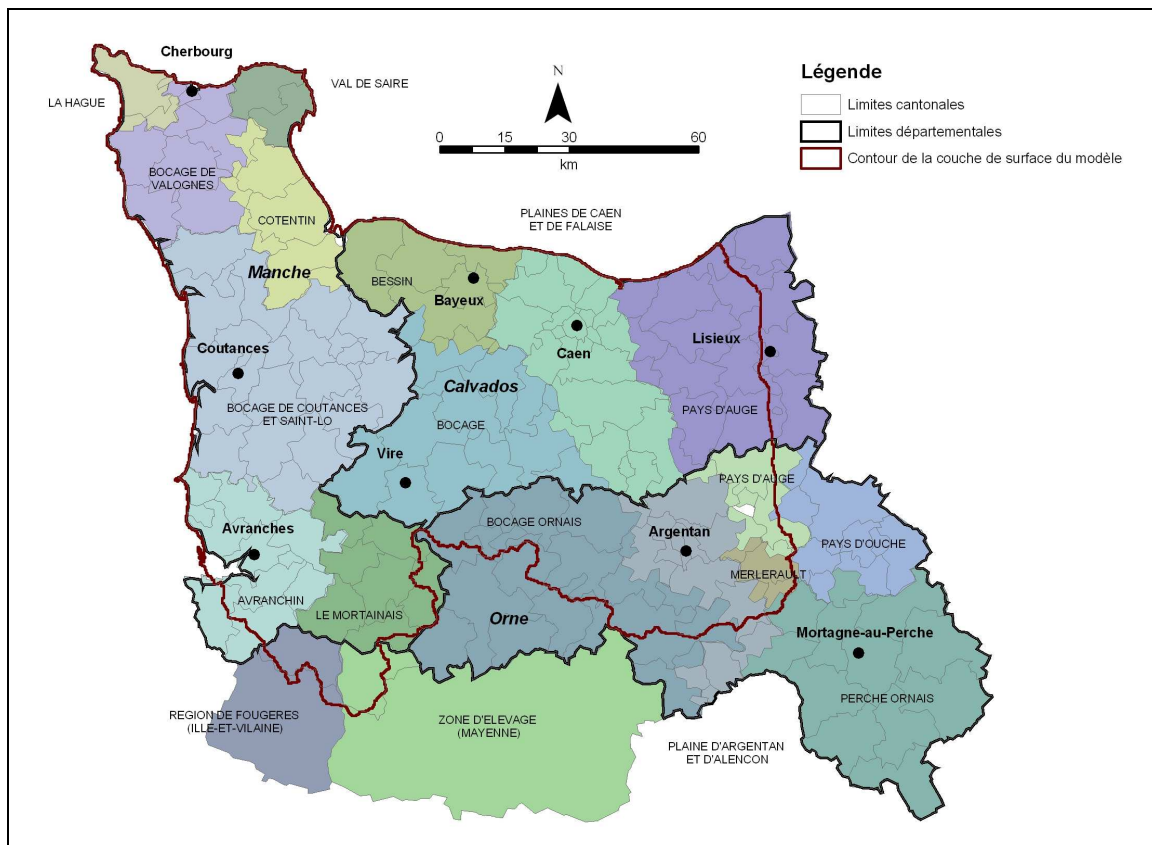


Figure 2 : Présentation de la zone d'étude et des différents maillages utilisés

Cependant, ce maillage en PRA qui avait été utilisé dans le cadre de la constitution de la Base de données sur les pratiques agricoles dans le bassin de la Seine, pouvait paraître dans certains cas trop imprécis à l'échelle de la Basse-Normandie. Nous avons donc également utilisé le maillage cantonal qui présentait une précision plus grande au regard des 18 000 km² que couvrait la zone d'étude. Ce nouveau maillage compte 148 unités spatiales, ce qui le rapproche plus du nombre d'unités utilisées dans le cas des enquêtes sur le bassin de la Seine.

Ces deux maillages spatiaux seront donc utilisés dans l'étude qui suit selon leur pertinence pour représenter les dynamiques spatiales et temporelles de l'activité agricole en Basse-Normandie.

Nous avons conservé quand cela était possible le maillage PRA dans nos représentations cartographiques pour plusieurs raisons : *i)* il permet plus facilement de désigner sur les cartes certains grands secteurs caractéristiques car il a encore souvent une pertinence pour désigner les régions agricoles; *ii)* il est encore utilisé par de nombreux professionnels dans le monde du développement agricole ou de l'aménagement du territoire, ce qui est utile lorsqu'on cherche à les enquêter ; *iii)* enfin nous pourrions ainsi valider ou invalider la pertinence actuelle des PRA en les comparant cartographiquement par exemple aux classes de cantons homogènes que nous identifierons plus loin (§ 2.3.3).

1.1.3 Les occupations du sol de la zone étudiée

Avant d'aborder l'activité agricole, qui est le cœur de cette étude, il est utile de connaître dans un premier temps les caractéristiques générales de l'occupation du sol sur la zone d'étude. Pour cela, nous avons mobilisé la base de données Corine Land Cover qui permet de cartographier les principales catégories d'occupations du sol et d'en déduire une « orientation dominante des territoires » (Figure 4).

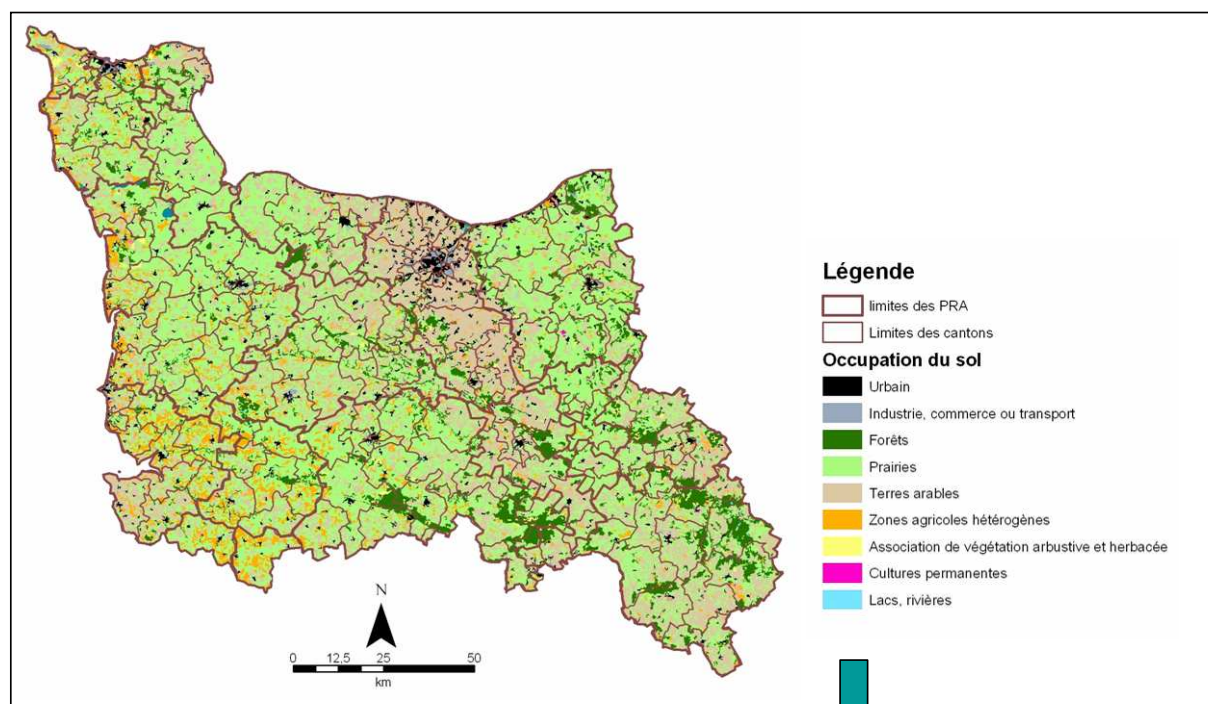


Figure 3 :
Occupation du sol de Basse-Normandie en 2000 (Sources : Corine Land Cover)

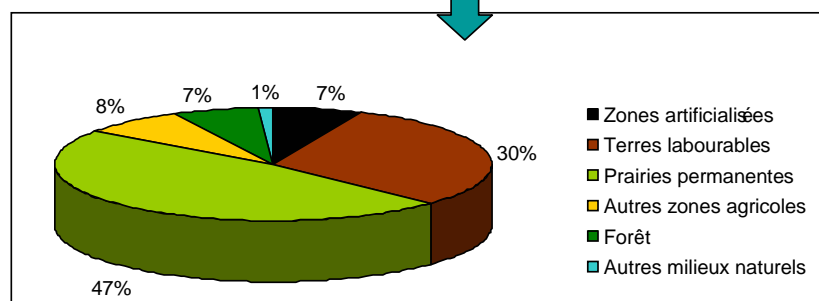


Figure 4: Importance des principaux types d'occupation du sol en Basse-Normandie (sources : Corine Land Cover 2000)

Cette carte nous montre globalement la répartition des pôles urbains, ainsi que les principaux types d'occupation du sol présents en Basse-Normandie que nous avons synthétisé dans le graphique ci-dessus (Figure 5).

Celui-ci montre que la zone d'étude est couverte à 47% de prairies³, celles-ci pouvant être fauchées ou pâturées. Il s'agit des prairies permanentes typiques du Bocage Normand que l'on retrouve sur la carte de part et d'autre de la Plaine de Caen.

Les terres labourables sont la deuxième occupation du sol et représentent environ un tiers de la surface de la région. On les retrouve principalement dans la Plaine de Caen et de manière plus

³ Selon la nomenclature Corine Land Cover, les prairies sont définies comme ceci : « Surfaces enherbées denses de composition floristique composée principalement de graminacées, non incluses dans un assolement, principalement pâturées, mais dont le fourrage peut être récolté mécaniquement. Comprennent également des zones avec haies (bocages). »

dispersée dans le reste du territoire.

Ensuite, les zones agricoles hétérogènes (8% de la surface) sont principalement situées sur la façade maritime et le sud de la Manche. Il s'agit selon la nomenclature de « Juxtaposition de petites parcelles de cultures annuelles diversifiées, de prairies et / ou de cultures permanentes complexes ». Le long du littoral de la Manche, nous verrons plus loin qu'il s'agit souvent de zones de maraîchage mélangées aux zones d'élevage.

Enfin, la forêt, principalement composée de feuillus, est très peu représentée dans ces territoires de bocage (environ 7% de la surface totale). Elle est équivalente, en termes de surfaces couvertes (7%), aux zones artificialisées incluant tissu urbain continu, discontinu, zones industrielles, décharges, aéroports, espaces verts, infrastructures sportives etc.

Pour avoir une vision plus fine de l'occupation du sol à l'intérieur de la zone d'étude, nous avons extrait les données Corine Land Cover à la maille cantonale et cartographié les résultats obtenus par grands postes : zones urbanisées, terres labourables, prairies, zones agricoles hétérogènes, forêts, autres milieux naturels (**Figure 6**).

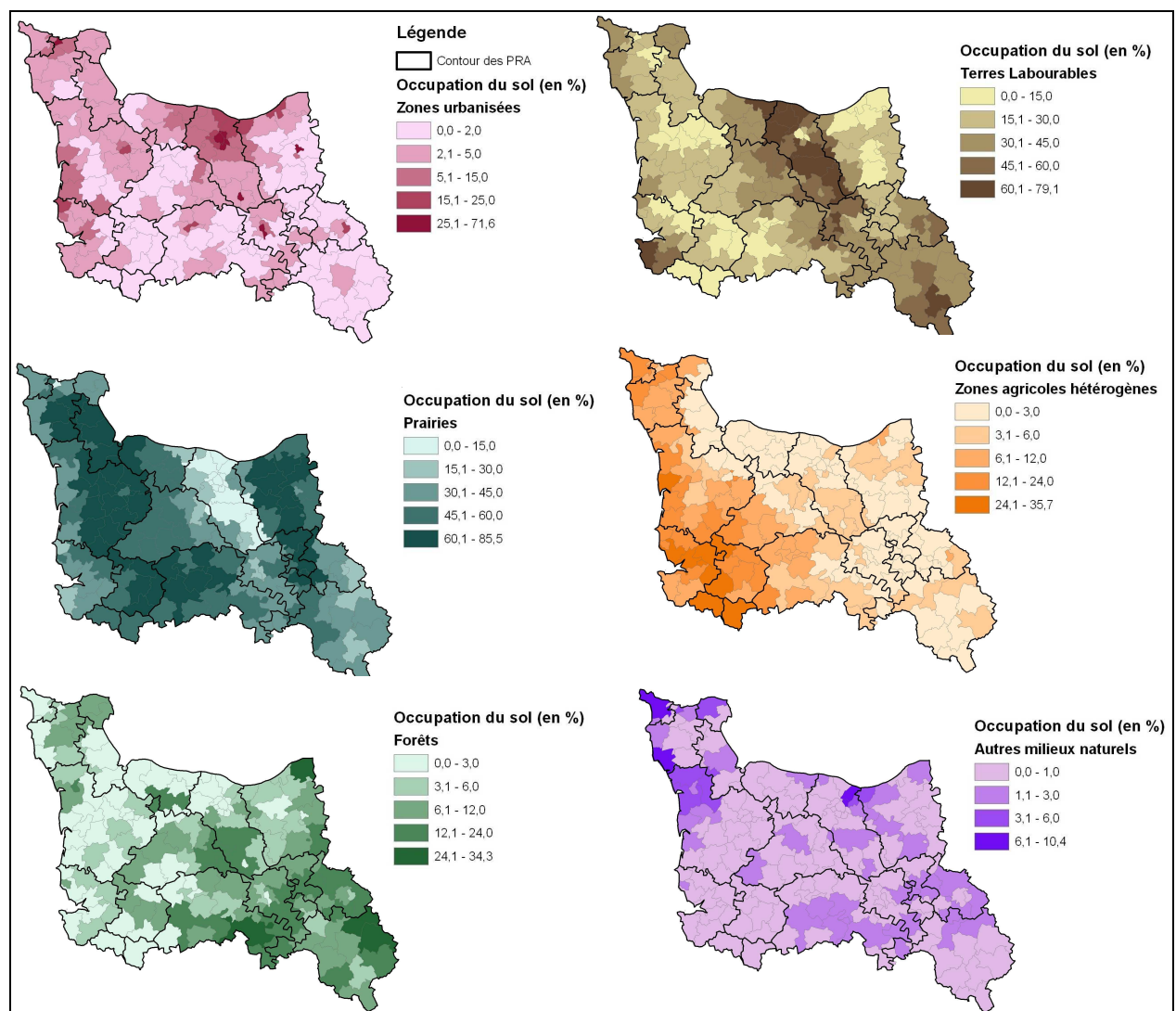


Figure 5 : Cartographie cantonale des principales occupations du sol (Sources : Corine Land Cover 2000)

Pour faire la synthèse de ces données en une seule carte, il fallait effectuer une typologie des ces cantons en fonction de leurs occupations du sol dominantes. La méthode permet d'établir les

occupations du sol les plus discriminantes, et d'établir des groupes de territoires homogènes du point de vue de l'occupation des terres (**Annexe 1** : Typologie de l'occupation du sol à l'échelle cantonale en Basse-Normandie).

Le résultat cartographique (**Figure 7**) fait ressortir l'importance de la classe caractérisée par des surfaces en prairies importantes dans trois pôles principaux : l'un situé dans le nord du département de la Manche, l'autre dans le bocage ornais et le 3^{ème} dans le pays d'Auge.

La classe caractérisée par d'importantes surfaces agricoles hétérogènes, associées à des surfaces en prairies importantes, est localisée surtout dans le sud-ouest de la Basse-Normandie, tandis que la classe comportant une forte dominante de terres labourables est typique de la Plaine de Caen et de quelques cantons périphériques.

En dehors de deux classes caractérisant les cantons urbains et péri-urbains, tout le reste de la Basse-Normandie est affecté à la classe 3 comportant autant de terres labourables que de prairies.

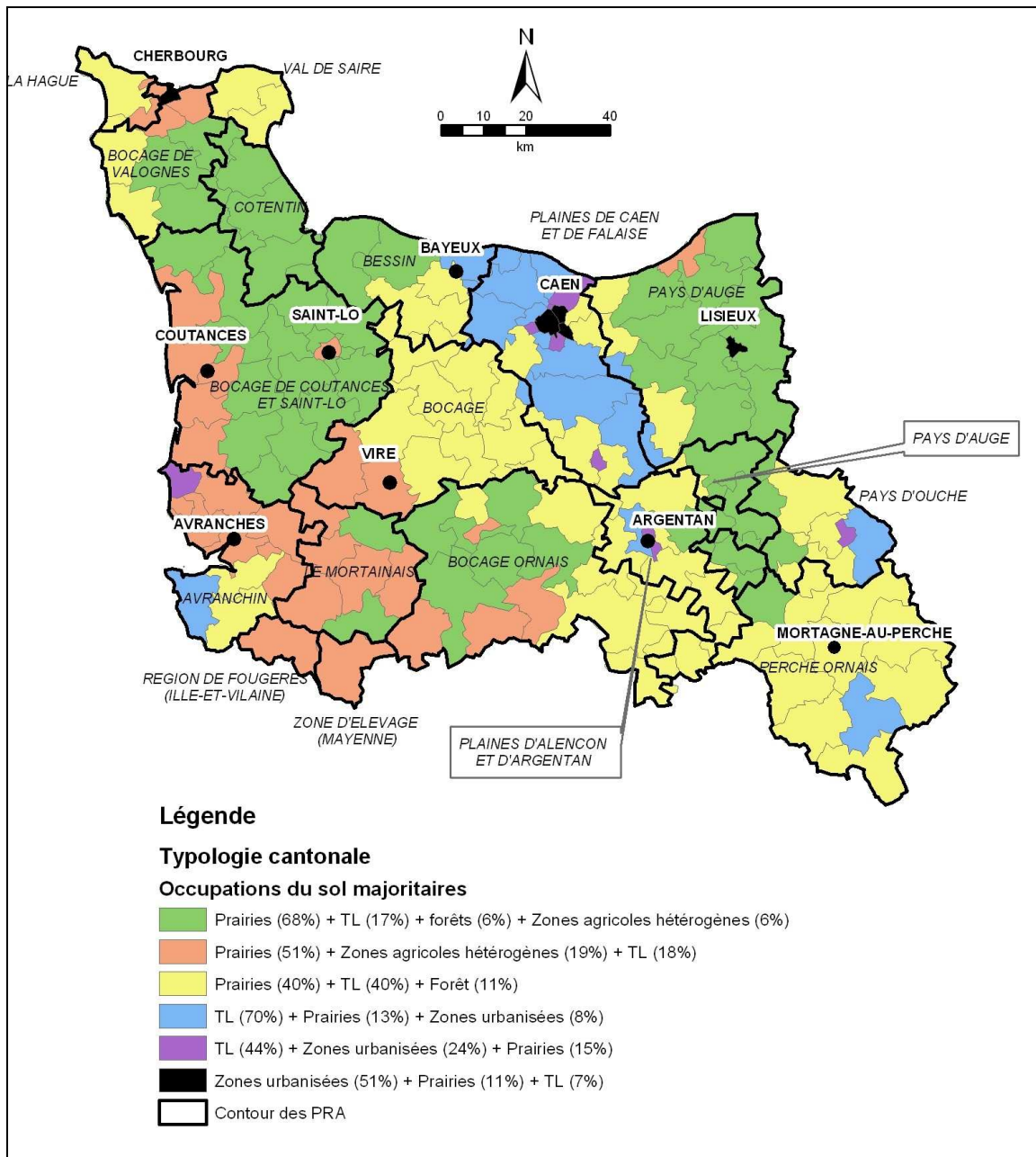


Figure 6 : Typologie des cantons en fonction des grands types d'occupation du sol en Basse-Normandie (sources : Corine Land Cover 2000)

1.2 L'agriculture de la Basse-Normandie

La description de l'agriculture sur la zone d'étude que nous nous proposons de faire ici ne portera pas sur l'ensemble des descripteurs possibles de l'activité agricole, mais uniquement sur ceux qui seront mobilisés dans la base de données sur les pratiques agricoles (§ 2.1.2), à savoir les caractéristiques de l'assolement, des successions de cultures et des itinéraires techniques, et ce, à différentes échelles et en adoptant un recul historique important. Nous ne verrons donc pas ici en détail les structures des exploitations agricoles, leurs orientations technico-économiques dominantes, ni le type de cheptel dominant, même si ils seront évoqués pour replacer les évolutions de l'agriculture dans un contexte plus général.

1.2.1 Les sources d'informations utilisées

L'ensemble des sources statistiques qui seront utilisées dans ce chapitre sont des données statistiques nationales, collectées et mises en forme par le Service de la Statistique et de la Prospective (SSP) du Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche. Elles existent donc à l'échelle nationale. La plupart de ces données nous ont été fournies via le SRISE de Basse-Normandie (DRAF) que nous remercions.

a. Les sources d'information sur l'assolement

Les sources d'information sur l'assolement sont les plus anciennes et les plus facilement accessibles en France, sans doute car il s'agissait des données les plus « stratégiques » pour évaluer l'activité économique de l'agriculture française. Toutes ces enquêtes présentent des avantages et des inconvénients que nous tâcheront de présenter ici :

Les données les plus anciennes sont les **Statistiques Agricoles Annuelles (SAA)**, qui remontent jusqu'en 1913. Elles présentent l'avantage d'être annuelles (du moins à partir de 1967) et permettent donc de suivre finement les fluctuations de surface, mais également de production (rendements). En revanche, elles n'incluent pas que les surfaces des exploitations agricoles mais l'ensemble des activités agricoles même non professionnelles (vergers, pâtures, jardins familiaux, etc.) et ne sont disponibles qu'à l'échelle départementale. A partir de 1989, les données changent et distinguent les surfaces agricoles professionnelles des surfaces non professionnelles (pour la SAU et la STH).

La seconde source d'information la plus ancienne est le **Recensement Général de l'Agriculture (RGA)** : il s'agit de données enquêtées à l'échelle de l'exploitation agricole (professionnelle) et diffusée sous forme agrégée à des échelles spatiales allant de la commune (confidentielles, à condition de ne pas enfreindre le secret statistique⁴), à la France entière, en passant par le canton, la PRA, le département, la région. Il s'agit des données statistiques les plus fiables et les plus complètes pour décrire l'activité agricole d'un secteur. En revanche, il présente différents inconvénients : il est très espacé dans le temps (1955, 1970, 1979, 1988 et 2000, bientôt 2010) et concernant les surfaces cultivées, il les attribue à la commune du siège d'exploitation, d'où certains biais quand on travaille à des échelles très fines.

Enfin, depuis la réforme de la PAC de 1992 et l'attribution d'aides compensatoires en fonction des surfaces cultivées, il existe une nouvelle source d'information : les données issues des déclarations de surfaces PAC 2006 - **Système d'information de sources administratives**

⁴ La diffusion des données agrégées est soumise à des règles strictes qui garantissent la confidentialité : *i*) chaque donnée cumulée doit correspondre à **AU MOINS TROIS** entreprises ou exploitations, *ii*) une entreprise ou exploitation doit représenter **MOINS de 85%** du total considéré.

(SISA). Ces données ne renseignent donc que sur les surfaces cultivées et avant 2005, elles n'étaient exhaustives (ou presque) que pour les cultures primées par la PAC. Toutes les autres cultures non primées, comme les vignes, le maraîchage, les pommes de terre, la betterave, etc. n'étaient pas renseignées, et elles ne le sont toujours pas d'ailleurs pour les exploitations ne faisant aucune déclaration, comme les maraîchers ou les viticulteurs spécialisés. Leur précision s'est donc améliorée avec le temps et elles constituent aujourd'hui une source d'information très utile pour connaître l'évolution annuelle des grandes cultures, ainsi que leur localisation précise (notamment depuis la généralisation du Registre Parcellaire Graphique (RPG) qui recense les cultures à l'échelle de l'îlot de culture).

A l'échelle de la zone d'étude, les données que nous avons pu recueillir sont les suivantes :

Tableau 1 : Données mobilisées pour l'étude des évolutions temporelles de l'assolement en Basse-Normandie

	Années disponibles	Echelles spatiales	Type d'informations
SAA	<ul style="list-style-type: none"> • De 1913 à 2007 pour SAU, TL, STH, blé, luzerne, trèfle, pdt, orge, maïs fourrage, pr. temp. • De 1970 à 2007 pour betterave, colza, lin, maïs grain, pois. 	Département, région	Surfaces, productions
RGA	1970, 1979, 1988, 2000	Cantons, PRA	Surfaces et nombre d'exploitations concernées par cultures
SISA	2006 uniquement	Communes (totalité des informations pour grandes catégories, estimations pour les cultures individualisées)	Surfaces

Les sources d'informations sur l'assolement sont donc nombreuses et variées, mais aucune d'entre elles n'est à la fois continue et exhaustive à des échelles relativement fines et sur une période longue. Il faudra donc croiser différentes sources entre elles pour obtenir le type d'information requise par les modèles.

b. Les sources d'information sur les successions de cultures

Les successions de cultures les plus fréquentes sur un territoire sont accessibles via les données de l'enquête **Teruti**, réalisée par le Ministère de l'agriculture, qui se base sur un échantillonnage fixe de points enquêtés répartis de façon régulière dans l'espace et dont l'occupation du sol est recensée chaque année⁵.

Les données sur lesquelles nous avons pu travailler en Basse-Normandie comportent 17862 points à l'échelle de la région entière (soit 13582 points concernant la SAU) sur la période 1992-2002. Par ailleurs, le département de l'Orne présente la particularité d'avoir débuté ses enquêtes plus tôt (1977) et d'avoir conservé un échantillon de points constants jusqu'en 2003 (5 869 dans l'Orne, dont 3271 points concernant la SAU). Il s'agit d'un échantillon de taille plus faible que celui qui a été utilisé pour le reste du territoire (3271 points sur la SAU contre 4337 dans le cas

⁵ L'enquête Teruti a été transformée en Teruti-Lucas à partir de 2005, avec un nouvel échantillonnage et une nouvelle nomenclature, mais ces données étaient encore trop récentes pour être traitées au moment du démarrage de l'étude sur les Bocage Normands.

de l'enquête 1992-2002), mais il a l'avantage d'offrir un recul historique important qui nous permettra d'observer les évolutions temporelles sur le long terme.

Ces données ont été traitées par fouille de données temporelle basée sur des chaînes de Markov (CarrotAge, logiciel sous licence GPU LORIA-INRA). L'extraction de régularités issues de ces données nous permet de reconstituer les successions de cultures les plus représentées sur un territoire et pour une période donnée.

Les traitements sur les données Teruti à l'aide du logiciel CarrotAge permettent d'obtenir deux types de résultats :

- des résultats sous forme graphique présentant les principales transitions entre cultures sur la période d'enquête (« Diagrammes de Markov »). Ces diagrammes permettent de voir quelles sont les cultures qui précèdent ou qui suivent une culture individualisée et de voir comment ces transitions évoluent au cours du temps (**Figure 8**).

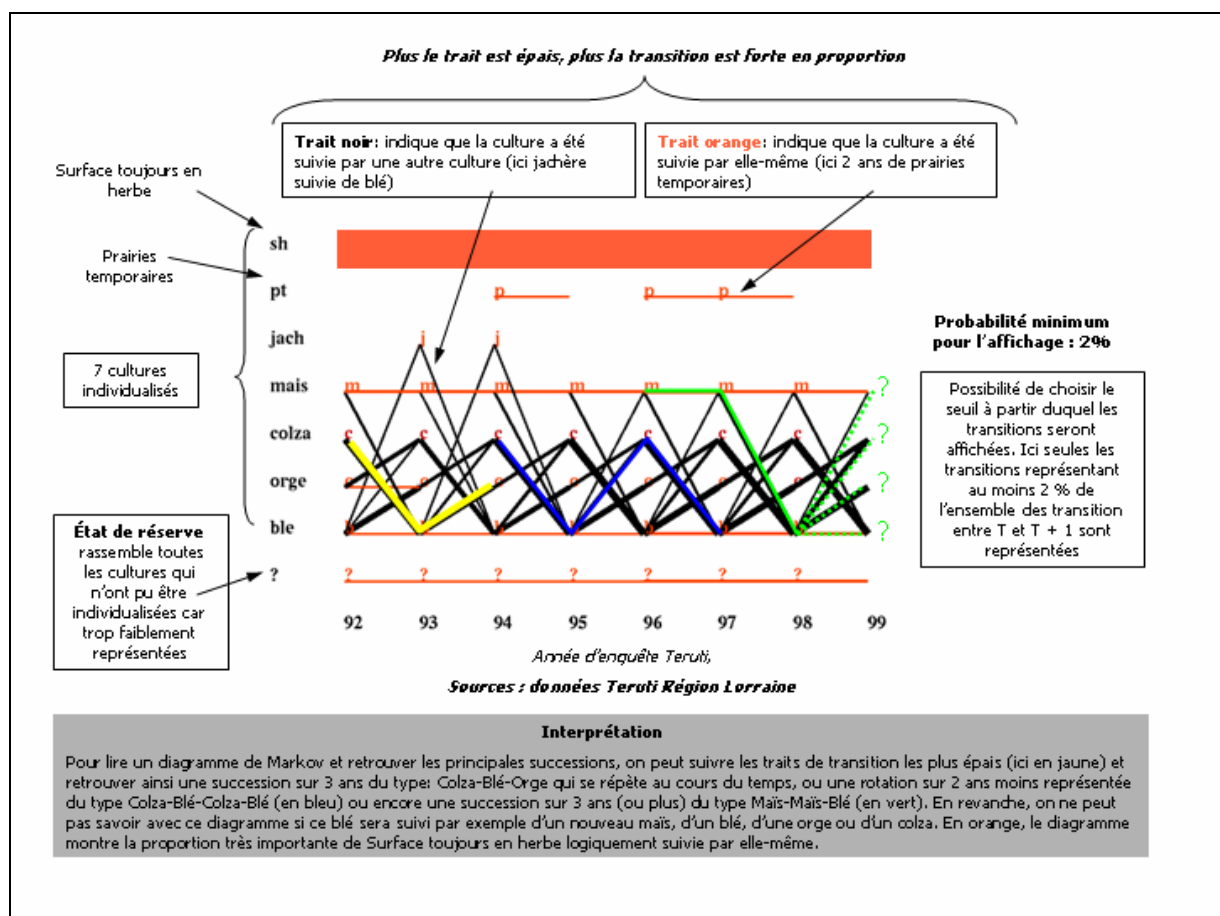


Figure 7 : Interprétation d'un diagramme de Markov (Transitions entre cultures)

- Des résultats numériques se présentant sous forme de tableaux de probabilité des différentes successions de 1 à n cultures. Les extractions portant sur 1 culture indiquent donc l'assolement de la zone pour une année donnée ou toute une période complète, tandis que les extractions sur des couples de cultures permettent de connaître les principaux précédents cultureux d'une culture donnée. Les extractions sur 3 (triplets) voire 4 cultures (quadruplets) nous permettent de reconstituer les successions de cultures majoritaires.

c. Les sources d'information sur les itinéraires techniques (ITK)

L'enquête « Pratiques culturales » : elle a été réalisée par le SSP en 1994, 2001 et 2006 et vise à décrire de manière très fine les itinéraires techniques sur les principales cultures du territoire français (blé, orge, maïs, colza, pois, betterave, pomme de terre, tournesol, prairies, selon les années). Les parcelles enquêtées sont déterminées par sondage à partir de l'échantillon de points de l'enquête Teruti, en fonction d'un nombre déterminé de questionnaires par région et par culture. Chaque exploitant décrit les interventions culturales qu'il a pratiquées sur la parcelle sondée en détaillant notamment les travaux du sol, le type de semis, le mode de fertilisation, les pratiques phytosanitaires, etc.

En revanche, les cultures enquêtées varient beaucoup d'une enquête à l'autre, mais également d'un département à l'autre. En 2001 et 2006, les enquêtes sont exhaustives pour les trois départements, mais elles ne portent plus que sur le blé, le maïs et les prairies (temporaires et permanentes). Cela est lié à deux raisons : 1) le choix des cultures enquêtées a évolué au cours des années, en fonction des besoins identifiés ; 2) l'enquête ne cible, pour une culture donnée, que les départements les plus représentatifs en terme de surfaces par rapport aux surfaces nationales. Ceci explique l'absence dans les enquêtes de certaines cultures ou de certains départements selon les années : cela ne signifie pas que la culture y était absente mais que les surfaces départementales de cette culture n'ont pas été jugées suffisamment significatives cette année-là... Il en résulte, à l'échelle de la Basse-Normandie, la difficulté d'avoir des séries « continues » d'enquêtes par culture et par département (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Nombre d'enquêtes réalisées en Basse-Normandie pour l'enquête « pratiques culturales sur grandes cultures » entre 1994 et 2006 (Sources : SSP)

DEP	Blé tendre d'hiver			Blé tendre de printemps			Orge d'hiver			Orge de printemps			Pois de printemps			Colza d'hiver			Colza de printemps			Maïs fourrage			Maïs grain			Prairie permanente			Prairie temporaire					
	14	50	61	14	50	61	14	50	61	14	50	61	14	50	61	14	50	61	14	50	61	14	50	61	14	50	61	14	50	61	14	50	61			
1994	37		36				18	30	1				31	16		15	27	9	6			32	49	2	4											
2001	85	45	60	4	6	11																61	65	47	2	4	16	68	77	60				50	62	
2006	87	52	98																			41	98	73	3	10	5	66	106	65				93	48	

Le tableau ci-dessus (**Tableau 2**) récapitule le nombre de parcelles enquêtées par culture, par département et par enquête. Il amène deux constats : le premier est qu'il y a au final peu de cultures (en dehors du blé, du maïs fourrage et des prairies temporaires et permanentes) pour lesquelles l'échantillon enquêté puisse être considéré comme statistiquement fiable (ici > 20 parcelles) pour analyser l'évolution des pratiques à la fois dans l'espace et dans le temps. Deuxièmement, même pour ces cultures, les données sont incomplètes pour une ou plusieurs cultures et/ou départements (ex. en 1994, aucune enquête n'a été réalisée dans le département de la Manche ; par contre, pour les autres départements, le nombre de cultures enquêtées y était plus important que lors des enquêtes suivantes (orge, pois, colza en plus du maïs et du blé)). Cependant, compte tenu du faible nombre de sources d'information disponibles sur les itinéraires techniques (ITK), même les séries incomplètes seront mobilisées.

1.2.2 Le traitement des données à l'échelle de la zone d'étude

a. Résultats concernant l'assolement et les surfaces cultivées

L'ensemble des données recueillies sur les surfaces cultivées ont été traitées par culture sous deux formes :

- sous forme graphique présentant l'évolution temporelle des surfaces à l'échelle départementale et sur le long terme (depuis 1913 quand les données sont disponibles) ;

- sous forme cartographique présentant l'évolution temporelle des pourcentages de surfaces à l'échelle cantonale sur la période plus récente (1970-2007).

L'ensemble de ces résultats détaillés figure dans en annexes (**Annexes 2 : Evolution des surfaces cultivées en Basse-Normandie**). Nous ne présenterons donc ici que les principaux résultats issus de ces traitements.

A l'échelle des grands descripteurs des surfaces cultivées que sont la SAU, la STH et les terres labourables, nous avons cherché à observer leurs grandes tendances d'évolution depuis les années 70 pour les trois départements concernés, à travers les données SAA et RGA, et en différenciant les surfaces des exploitations professionnelles et non professionnelles (**Figure 8**).

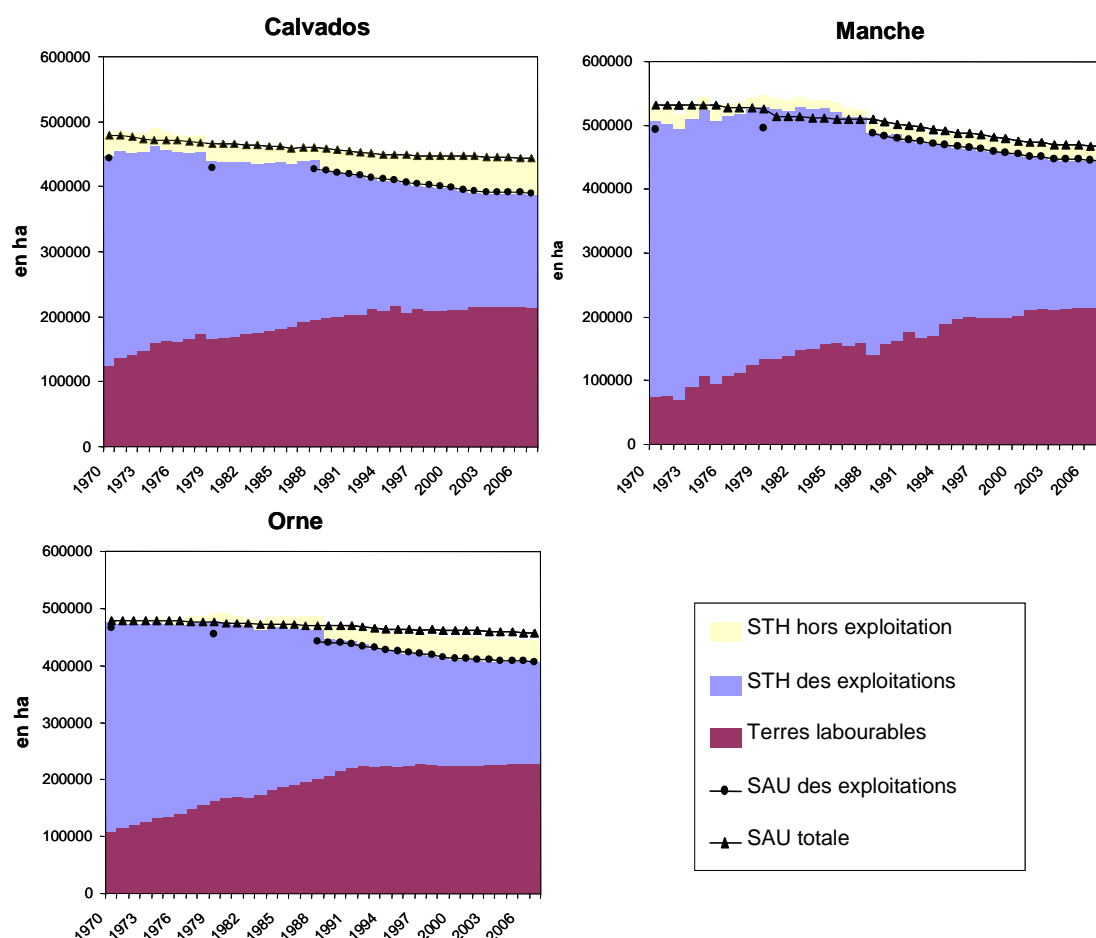


Figure 8 : Evolution des surfaces cultivées dans les départements de Basse-Normandie entre 1970 et 2007 (Sources : SAA, RGA, Agreste)

Ce que montrent ces graphiques (**Figure 9**), c'est que non seulement la SAU totale des départements baisse de manière significative (de l'ordre de 4% dans l'Orne à 12% dans la Manche, avec 7% dans le cas du Calvados) entre 1970 et 2006, mais également que la SAU des exploitations baisse encore plus vite (de l'ordre de 10 à 13% pour les 3 départements).

Ce phénomène s'explique en fait par la croissance de la « SAU non professionnelle » qui tend à augmenter avec le temps et qui peut atteindre 10-12% dans les départements de l'Orne et du Calvados à partir des années 2000. Dans la Manche, ces surfaces sont toujours restées relativement faibles (autour de 4%) et n'augmentent pas autant que dans les autres départements.

Cette « SAU non professionnelle » est constituée à l'échelle de la Basse-Normandie de près de 90% de prairies (> 95% dans le Calvados, 90-95% dans la Manche, 77-80% dans l'Orne). Dans cette catégorie, peuvent entrer par ex. des pâtures pour chevaux ou des vergers appartenant à des particuliers, mais également ou des terres appartenant à des particuliers mais exploitées par des agriculteurs (bail non officiel). Ce phénomène prendrait de l'ampleur avec le développement d'achat de résidences secondaires en Basse-Normandie et aurait pour conséquence de transférer de manière significative une partie des prairies du domaine professionnel vers le domaine récréatif, et donc de les sortir des statistiques agricoles, notamment dans les départements les plus céréaliers.

En effet, les graphiques montrent que les surfaces en Terres Labourables (TL) augmentent fortement dans les trois départements, notamment dans les départements qui étaient encore très herbagers en 1970 (Manche : +186% ; Orne : +108% ; Calvados : +73%).

Corrélativement à cela, la STH des exploitations diminue fortement (de -46% dans la Manche et le Calvados à -52% dans l'Orne), mais cette diminution est compensée par l'augmentation de la STH hors exploitation qui croît considérablement dans l'Orne et le Calvados. Cette STH non professionnelle est loin d'être négligeable car elle atteint 23% de la STH totale dans le Calvados, 18% dans l'Orne et 8% dans la Manche.

Même si la suite de nos travaux portera uniquement sur la SAU professionnelle, il est important de garder à l'esprit qu'une grande part de la STH est en fait « préservée » par les non-agriculteurs, même si elle échappe à la plupart des statistiques agricoles.

Les graphiques ci-dessus ont donc mis en évidence également une dynamique généralisée de retournement des prairies au profit des terres labourable à l'échelle de la Basse-Normandie, et ce, depuis les années 70. Cependant, les données SAA nous permettent d'adopter un recul historique bien plus important pour représenter l'évolution de la STH par rapport aux terres labourables jusqu'en 1913 (**Figure 10**).

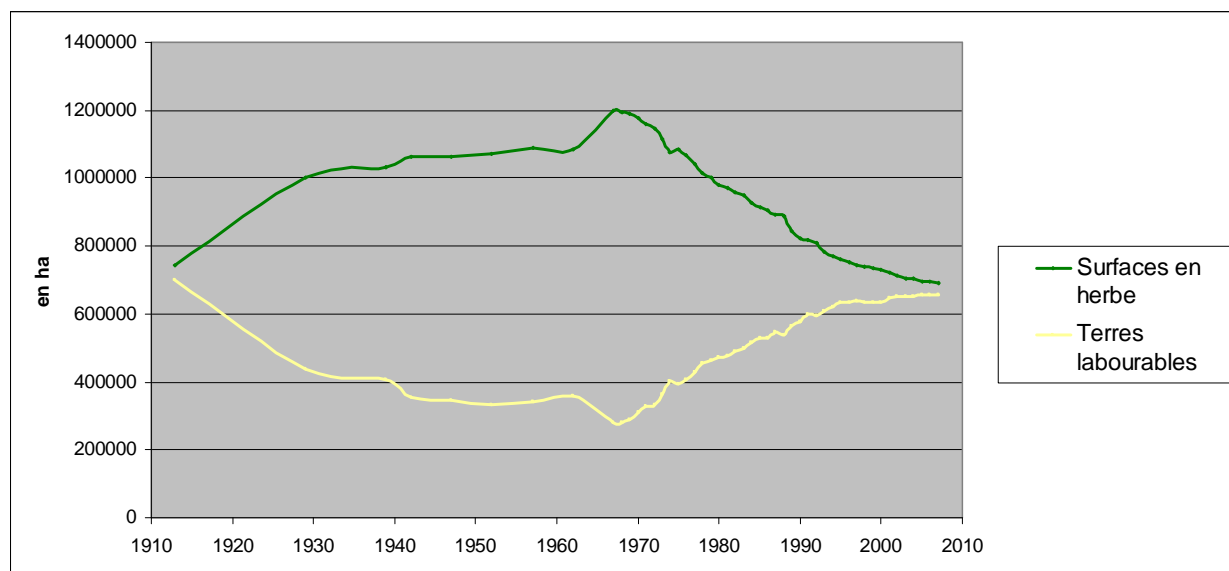


Figure 9 : Evolution des surfaces de Terres labourables dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

On peut constater que la dynamique des surfaces cultivées allait au contraire vers une augmentation de la STH au détriment des terres labourables jusqu'en 1970 et qu'à partir de cette date, les tendances se sont inversées pour devenir celles qu'on connaît actuellement. On atteint finalement grosso modo en 2007 les mêmes surfaces en terres labourables qu'en 1913 !

Pour représenter l'évolution de l'assolement des cultures sous forme synthétique, nous avons choisi de représenter le pourcentage de SAU des principales cultures à l'échelle régionale pour

quatre dates-clés (**Figure 11**), à savoir 1913 (début des données disponibles), 1970 (début de la conversion des prairies en terres labourables), 1993 (mise en place de la réforme de la PAC de 1992) et 2007 (dernière année des données disponibles).

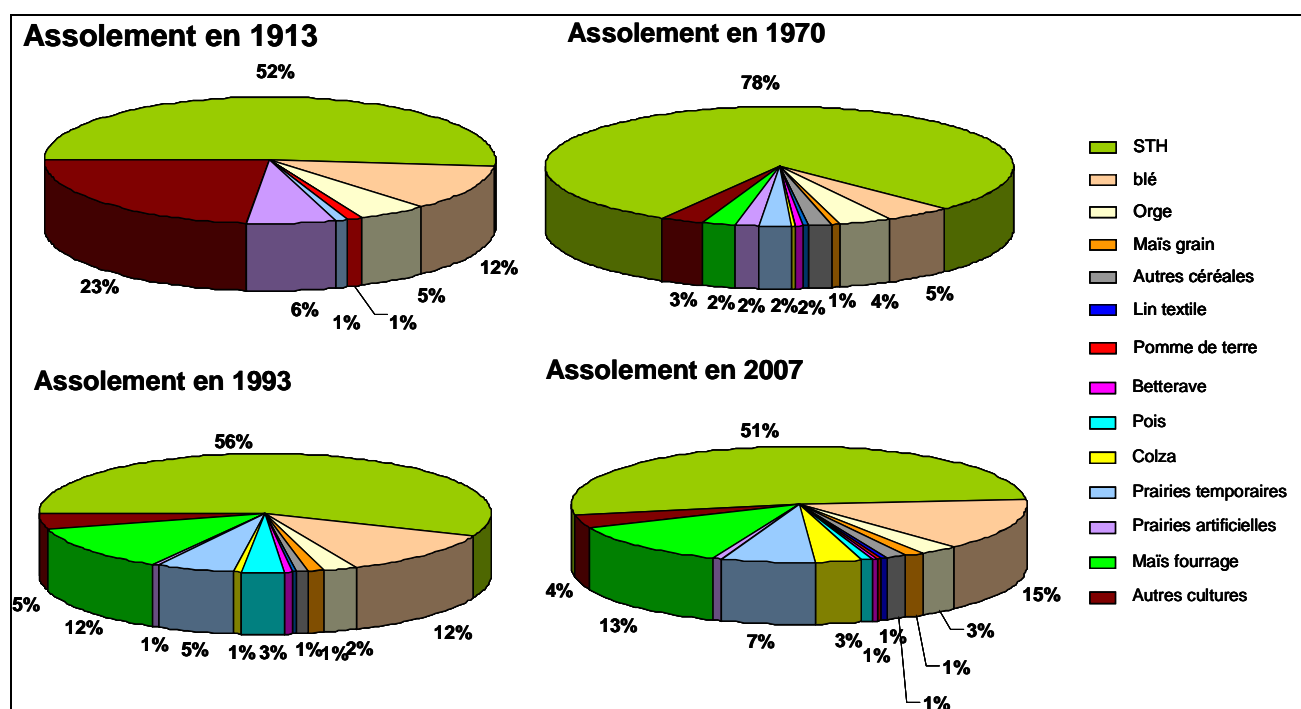


Figure 10 : Evolution de l'assolement en Basse-Normandie entre 1913 et 2007
(Sources : SAA, Agreste)

En 1913, la moitié de la SAU est consacrée aux prairies et l'autre aux cultures. Parmi ces dernières, le blé est la principale céréale cultivée (12%), suivie de l'orge (6%). D'autres céréales secondaires comme le seigle ou l'avoine sont certainement également cultivées pour nourrir le bétail et figurent dans la catégorie « autres cultures ». La pomme de terre est également une culture bien présente à l'époque, cultivée pour l'autoconsommation. Le reste des terres labourables est consacré aux prairies artificielles (6%), à l'époque surtout basées sur le trèfle violet, et qui permet de nourrir le bétail et de restaurer la fertilité des sols. De même, dans la catégorie « autres cultures » devait figurer la jachère qui, à l'époque de l'assolement triennal, représentait près d'un tiers des terres labourables.

En 1970, les surfaces en herbe sont à leur apogée et occupent près de 80% de la SAU de la Basse-normandie. Les céréales représentent plus de la moitié des terres labourables (blé et orge notamment); les autres cultures sont essentiellement fourragères : prairies temporaires et artificielles, ainsi que le maïs fourrage qui fait son apparition (2% environ chacun).

En 1993, les prairies ont déjà nettement régressé et ne représentent plus que 56% de la SAU. Avec 12%, le blé et le maïs fourrage sont à présent les cultures les plus représentées. Les prairies temporaires se développent également beaucoup, tandis qu'apparaît une nouvelle tête de rotation : le pois protéagineux (3% de la SAU).

En 2007, les tendances précédentes se confirment : les prairies se réduisent, le blé, le maïs fourrage et les prairies temporaires se développent encore. La principale différence provient de l'effacement du pois protéagineux au profit du colza qui se développe considérablement au cours des années 90-2000.

Cette étude approfondie de l'évolution des surfaces cultivées valide *a posteriori* le recul

historique que nous avons prévu pour la constitution de la base de données sur les pratiques agricoles, à savoir faire remonter les enquêtes au début des années 70 afin d'inclure toute la période d'intensification de l'agriculture.

C'est en effet à partir de cette période que l'agriculture de Basse-Normandie, qui au cours des 60 dernières années, s'était progressivement convertie à l'élevage jusqu'à atteindre 80% de la SAU en Surfaces en Herbe en 1970, se tourne à nouveau vers les grandes cultures entraînant le retournement de près de 50% des prairies en 36 ans. Ce changement, pour rapide qu'il soit, est le symétrique de celui qui s'est produit il y a un siècle lors de la spécialisation de la Basse-Normandie vers l'élevage laitier herbager.

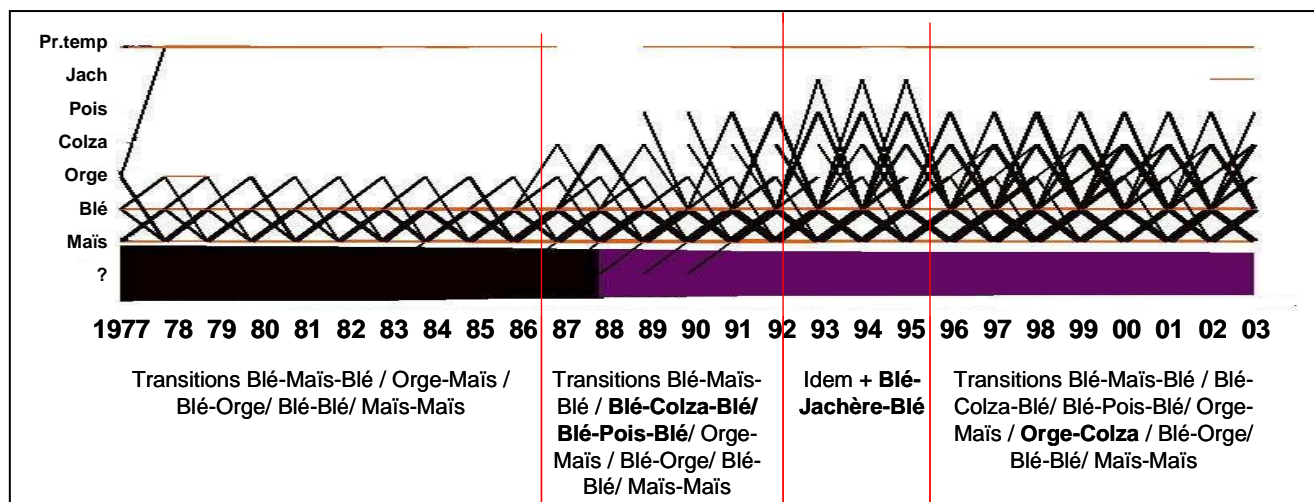
Ce paragraphe ne fait évidemment que restituer les grandes tendances à l'échelle régionale : pour observer l'évolution fine des assolements par culture et par canton, se reporter à l'**annexe 2**.

b. Résultats concernant les successions de cultures

- *Les transitions entre cultures : évolution temporelle et variabilité spatiale*

Comme les données sur le département de l'Orne présentent la plus longue période enquêtée, c'est sur ce jeu de données que nous allons observer dans un premier temps les évolutions temporelles des transitions entre cultures (**Figure 12**).

Nous avons placé dans les exemples suivants en ordonnées les principales cultures rencontrées en Basse-Normandie, à savoir le Maïs, le Blé, l'Orge, le Colza, le Pois, ainsi que les jachères et les prairies temporaires (et artificielles). Toutes les autres surfaces cultivées sont regroupées dans l'« état de réserve » (« ? »). Dans la plupart des cas, il s'agit des prairies permanentes (parfois de la betterave et du Lin, dans certaines PRA).



Ce diagramme nous permet de distinguer différentes périodes relativement homogènes : entre 1977 et 1989, on observe essentiellement des successions de cultures de type Maïs-Blé-Orge ou Blé-Maïs-Blé. On constate également une proportion croissante de Blé sur Blé et de Maïs sur Maïs.

Au cours de la période suivante (1987 à 1992), de nouvelles têtes de rotation apparaissent : tout d'abord le colza, puis le pois en 1989, qui sont toutes deux suivies et précédées majoritairement

par un blé. Concernant le maïs, les transitions Blé-Maïs-Blé s'intensifient par rapport aux rotations Maïs-Blé-Orge. Les surfaces en prairies permanentes (état de réserve) continuent de disparaître au profit du Maïs.

La période suivante (1992-1996) voit apparaître les surfaces en jachère rendues obligatoires avec la réforme de la PAC de 1992. Celles-ci sont dans un 1^{er} temps assolées (suivies et précédées par un Blé) avant de devenir majoritairement fixes (à partir de 1996). Lors de la dernière période (1996-2003), des transitions apparaissent entre l'orge et le colza, indiquant l'apparition de successions triennales Colza-Blé-Orge, remplaçant progressivement les successions Maïs-Blé-Orge.

A l'échelle de la Basse-Normandie dans son ensemble, nous ne pouvons observer les transitions entre cultures caractéristiques que sur la période 1992-2003 (**Figure 13**). Ce diagramme ne fait pas ressortir d'évolution notable, mis à part le cas de la jachère qui passe d'assolée à fixe à partir de 1995. Le Maïs semble être majoritairement conduit en Maïs sur Maïs ou en Maïs-blé. Le Pois semble plutôt en déclin et conduit sous forme de transitions Blé-Pois-Blé, tandis que le colza se développe à partir de 1994 et semble également majoritairement conduit sous forme de transitions Blé-Colza-Blé. L'Orge est toujours précédée par un Blé, mais le diagramme n'indique pas, à ce seuil d'affichage, les cultures qui le suivent. On observe également une fréquence importante de Blé sur Blé. De même, les prairies temporaires et artificielles sont majoritairement suivies par elles-mêmes (en 1995, une forte proportion part dans l'état de réserve, sans doute déclarées cette année-là par l'enquêteur comme prairies permanentes).

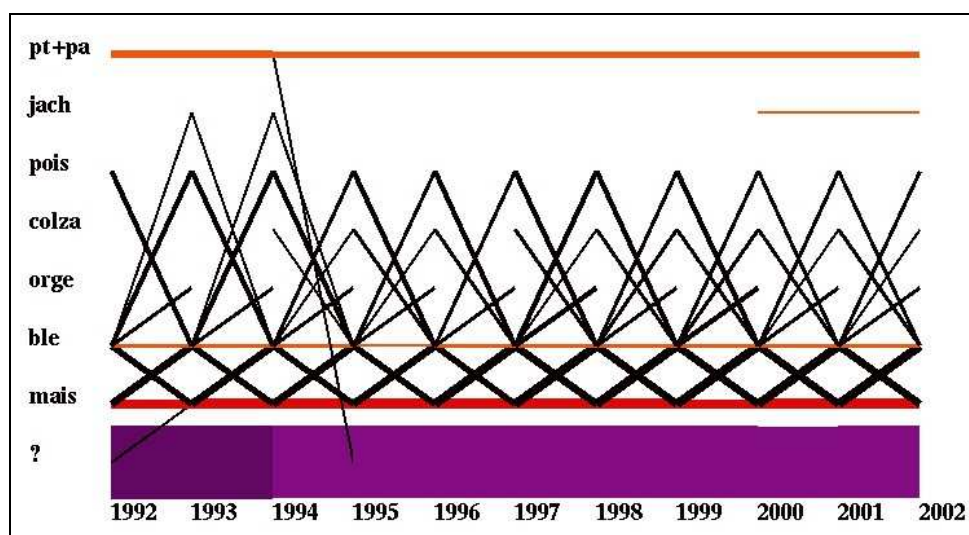


Figure 12 : Diagramme de Markov présentant les transitions entre cultures dans la région Basse-Normandie entre 1992 et 2002 (Probabilité minimum pour l'affichage : 1%) (Sources : Teruti, Agreste)

A l'échelle régionale, la période 1992-2002 semble donc caractérisée par une grande stabilité de ses systèmes de culture. Nous allons maintenant chercher à voir ce qui se passe à des échelles plus fines, à l'échelle des PRA de Basse-Normandie (**Figure 14**).

Ces diagrammes, très simplifiés, permettent de mettre en évidence les principaux systèmes de culture rencontrés en Basse-Normandie (Voir également **Annexe 3 : Les successions de cultures dominantes en Basse-Normandie**, pour plus de détails).

Les systèmes de culture de la plupart des PRA sont basés sur des rotations Maïs-Blé se répétant selon un motif de frise caractéristique, associées à du Maïs sur Maïs et des surfaces en prairies importantes (Cotentin, Bocage de Coutances et de St-Lo, Pays d'Auge de l'Orne). Dans la plupart des cas, ces rotations sont associées à des prairies temporaires en proportion plus ou moins importantes (La Hague, Bocage de Valognes, Avranchin, Mortanais, Bocage Ornaï), ou à des

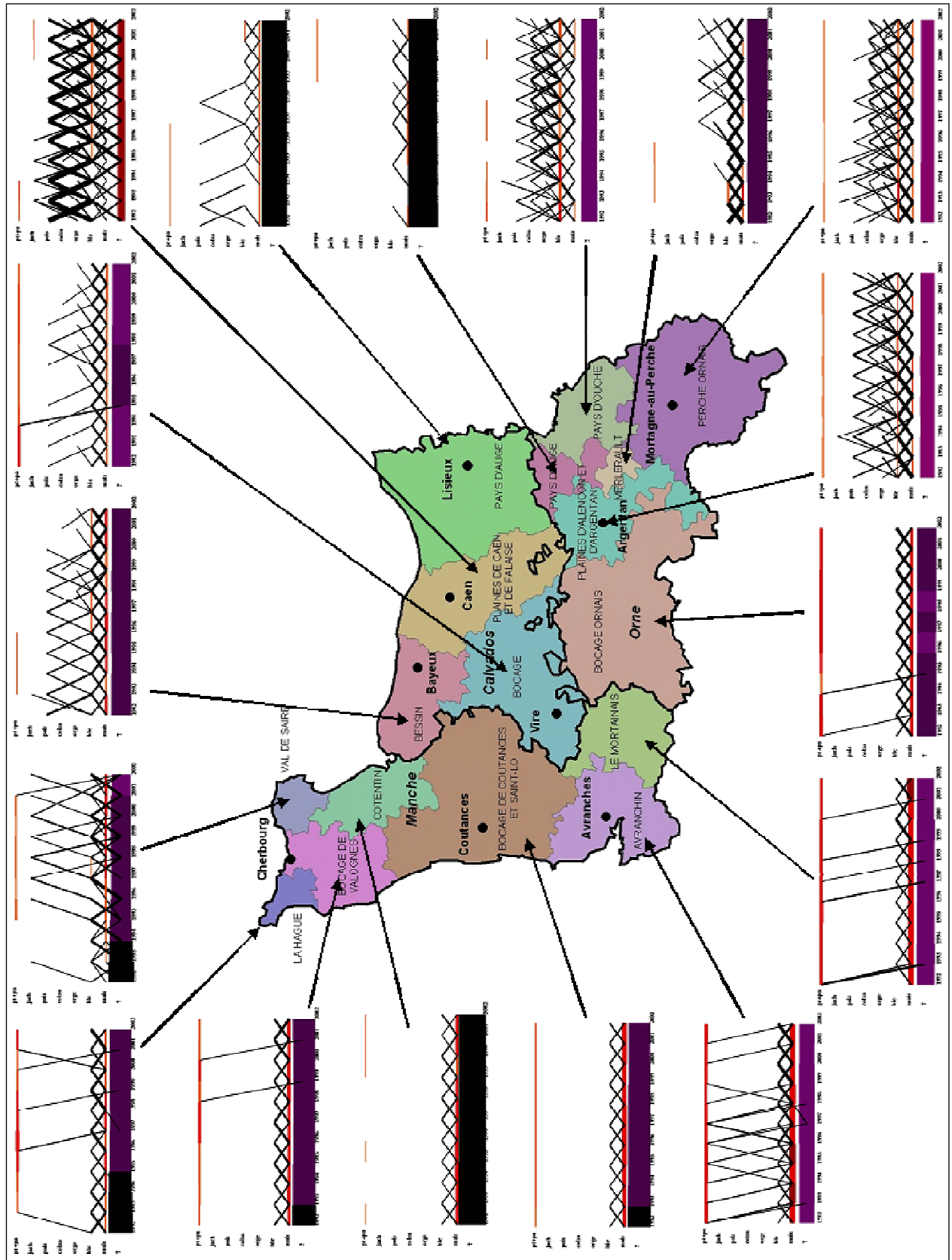


Figure 13 : Diagrammes de Markov présentant les transitions entre cultures à l'échelle de chaque PRA de la région Basse-Normandie entre 1992 et 2002 (Probabilité minimum pour l'affichage : 2%) (Sources : Teruti, Agreste)

cultures de vente comme le Pois ou le colza (Bessin, Bocage du Calvados, Pays d'Auge du Calvados, Pays d'Ouche, Merlerault, Perche Ornais, Plaines d'Alençon et d'Argentan). Ces têtes de rotation sont généralement suivies et précédées par un Blé, sauf lorsque la présence d'Orge est suffisamment importante, pour entraîner l'existence de transitions Orge-Colza ou Orge-Maïs, qui implique la présence de rotations triennales Colza-Blé-Orge ou Maïs-Blé-Orge (Perche Ornais, pays d'Ouche).

Le cas des PRA du Val de Saire et de la Plaine de Caen est un peu à part, car ces PRA présentent des cultures très spécifiques (Pomme de terre, Légumes dans le cas du Val de Saire et Lin, betterave dans le cas de la Plaine de Caen).

- *Les « triplets de cultures » : une approche quantitative des successions de cultures*

Grâce au logiciel CarottAge, nous avons pu extraire les principaux triplets de cultures (suite de 3 cultures consécutives) sur l'ensemble du corpus de données de la Région Basse-Normandie entre 1992 et 2002. Ces « triplets » donnent une bonne approche quantitative des principales successions de cultures rencontrées sur une zone. Le tableau des extractions obtenues à l'échelle de la région ainsi que pour chacune des PRA figure en **Annexe 3**. Il présente les différents triplets identifiés par le logiciel et classés par ordre décroissant d'importance dans la SAU de la région. Nous avons choisi de ne représenter que ceux qui dépassaient au moins 0,05% d'occurrence dans la SAU et d'affecter un code couleur différents pour les valeurs dépassant 2%, comprises entre 1 et 2%, et comprises entre 0,2 et 1%, afin de mieux repérer les valeurs importantes.

Nous ne présenterons ici que les résultats globaux à l'échelle de la région en regroupant les triplets de cultures par culture dominante (**Tableau 3**).

Les diagrammes de Markov ont montré qu'en dehors des prairies permanentes (53,4% de la SAU en moyenne sur la période), le Maïs était, avec le Blé, la culture dominante en Basse-Normandie. Ce constat se retrouve également à l'examen des triplets de cultures, car il se retrouve fréquemment dans les premiers triplets de cultures extraits du corpus de données Teruti et ce, sous de nombreuses formes : MMM, MBM, BMB, MMB, etc.

Les formes dominantes sont la « monoculture » (soit au moins trois Maïs consécutifs) avec 4.7%, suivie de la rotation biennale (un Maïs suivi d'un Blé), que l'on peut estimer autour de 5.7% (2 x BMB). D'autres formes existent également : deux Maïs suivis d'un Blé (MMB et BMM : 2.7%) ou un Maïs suivi de deux Blés (MBB et BBM : 0.8%), rotations qui n'étaient pas identifiables sur les diagrammes de Markov. La rotation triennale MBO est également très fréquente, comme le montre la présence des trois triplets MBO, OMB et BOM qui sont les trois permutations circulaires de la rotation MBO, totalisant 1,5% de la SAU en moyenne. Enfin, on observe des combinaisons avec d'autres têtes de rotation, comme le Pois ou le Colza, à priori sous forme de rotation quadriennale MBPB (PBM + MBP : 0.6%) ou MBCB (MBC + CBM : 0.5%).

On trouve enfin le Maïs dans des triplets où il est associé à des prairies temporaires ou permanentes. Ceci indique qu'il existe des rotations où le Maïs (une ou plusieurs années consécutives) suit ou précède plusieurs années de prairies temporaires. On peut également noter la présence de triplets où le maïs suivi du blé (MB) suit ou précède une prairie temporaire. Le Maïs suivant une prairie permanente montre que c'est souvent cette culture qui est implantée directement après le retournement d'une prairie. Lorsqu'on trouve des prairies temporaires suivant ou précédant une prairie permanente, il peut s'agir d'un véritable changement d'usage, mais également d'erreurs d'interprétation de la part de l'enquêteur. Ces données sont donc à interpréter avec prudence.

**Tableau 3 : Extraction et regroupement des triplets de cultures sur la région
Basse-Normandie entre 1992 et 2002⁶**

Triplets contenant un Maïs				Triplets contenant un Pois				Autres triplets caractéristiques	
Triplets	% SAU	Triplets	% SAU	Triplets	% SAU	Triplets	% SAU	Triplets	% SAU
M M M	4,69	M M M	4,69	B P B	1,52	B P B	1,52	PP PP PP	53,38
M B M	3,25	M B M	3,25	P B P	0,44	P B P	0,44	B B B	0,41
B M B	2,86	M B M	3,25	P B O	0,39	P B O	0,39	potagers	0,4
M M B	1,53	B M B	2,86	P B M	0,31	O P B	0,31	J J J	0,3
B M M	1,16	M M B	1,53	O P B	0,31	B O P	0,26	B B O	0,23
M B O	0,57	B M M	1,16	M B P	0,3	M B P	0,3	B O B	0,21
PP PP M	0,53	M M B	1,53	B O P	0,26	P B M	0,31		
O M B	0,48	B M M	1,16	P B C	0,26	M B P	0,3		
M B B	0,45	M M B	1,53	P B B	0,21	P B C	0,26		
M Pt Pt	0,45	O M B	0,48	C B P	0,2	C B P	0,2		
B O M	0,44	B O M	0,44	Bt B P	0,19	P B P	0,44		
Pt Pt M	0,42	B O M	0,44	P B Bt	0,18	P B P	0,44		
PP M M	0,39	M B B	0,45	B B P	0,16	B B P	0,16		
B B M	0,36	B B M	0,36						
Pt M M	0,35	P B M	0,31						
M B Pt	0,33	M B P	0,3						
P B M	0,31	P B M	0,31						
M M Pt	0,3	M B P	0,3						
M B P	0,3	M B C	0,27						
M B C	0,27	M B C	0,27						
Pt M B	0,23	C B M	0,2						
C B M	0,2								

Triplets contenant une prairie temporaire				Triplets contenant un Colza			
Triplets	% SAU	Triplets	% SAU	Triplets	% SAU	Triplets	% SAU
Pt Pt Pt	2,85	Pt Pt Pt	2,85	B C B	0,76	B C B	0,76
Pt Pt PP	0,65	M Pt Pt	0,45	B O C	0,43	B O C	0,43
M Pt Pt	0,45	Pt Pt M	0,42	O C B	0,41	O C B	0,41
Pt Pt M	0,42	Pt Pt M	0,42	C B O	0,32	C B O	0,32
Pt M M	0,35	Pt M M	0,35	M B C	0,27	M B C	0,27
M B Pt	0,33	M M Pt	0,3	P B C	0,26	P B C	0,26
B Pt Pt	0,32	M M Pt	0,3	C B M	0,2	C B M	0,2
M M Pt	0,3	M B Pt	0,33	C B B	0,2	C B B	0,2
Pt M B	0,23	Pt M B	0,23	C B P	0,2	C B P	0,2
PP Pt Pt	0,17	Pt M B	0,23	B B C	0,16	B B C	0,16
PP PP Pt	0,13						
		Pt Pt PP	0,65				
		PP Pt Pt	0,17				
		PP PP Pt	0,13				
		B Pt Pt	0,32				

Le tableau 3 montre également que le Pois est majoritairement suivi et précédé par un Blé, Il est alors associé à une autre tête de rotation dans le cadre de rotations quadriennales, majoritairement de type PBMB (0,6%), PBCB (0,46%) ou BtBPB (0,37%). On trouve également des rotations biennales P-B (0,44%) et triennales PBO (0,96 %) ou PBB (0,37%). Le Colza est quant à lui plutôt conduit sous forme de rotation triennale CBO (1,16%), voire CBB (0,36%). On trouve également à parts égales des rotations quadriennales CBPB et CBMB (environ 0,4%).

Ces triplets de cultures peuvent également être extraits pour plusieurs périodes successives afin d'analyser les évolutions temporelles de la nature des successions de cultures pour une même zone d'étude.

Dans le cas du département de l'Orne, nous avons donc extrait les triplets majoritaires sur l'ensemble de la période enquêtée entre 1977 et 2003, puis pour chacune des périodes que nous avons pu délimiter précédemment grâce aux diagrammes de Markov (Figure 12). La synthèse des résultats est présentée dans le tableau suivant (Tableau 4).

Le premier triplet rencontré concerne les prairies permanentes, qui dominent largement l'assolement de cette zone. On constate néanmoins que l'occurrence des triplets représentant ces prairies tend à diminuer fortement entre les différentes périodes (de 74% à 59%).

Les triplets suivants extraits par le logiciel concernent principalement le Maïs, comme dans l'exemple précédent. On constate qu'il est cette fois majoritairement conduit en rotation biennale Maïs-Blé (triplets BMB et MBM), tendance qui se renforce au cours du temps (passant

⁶ PP : prairies permanentes ; M : Maïs ; B : Blé ; O : Orge ; Pt : Prairies temporaires ; C : Colza ; P : Pois ; J : Jachère ; Bt : Betterave

de 3 à 7% de la SAU). On retrouve également la « monoculture » (triplet MMM), ainsi que les rotations MMB, MBB, MBO, MBPB et MBCB. Ces deux dernières rotations sont surtout caractéristiques des périodes 1992-2002 quand les surfaces en Pois et en Colza deviennent vraiment significatives.

Pour les autres cultures, on constate que le Colza est majoritairement conduit sous forme BCB (rotations CBB, MBCB), mais également sous forme triennale CBO. Il en est de même pour le Pois. Par ailleurs, on constate qu'il existe des rotations céréalières, notamment dans le cas du Blé sur Blé (triplets, BBB, BBO, BOB etc.), et que les prairies temporaires sont conduites généralement au moins trois années consécutives et deviennent ensuite des « prairies permanentes ». Enfin, on peut analyser le devenir des prairies permanentes qui ont été retournées : elles sont le plus souvent suivies par un Maïs (0,6%), voire par un Blé (0,25%)

Tableau 4 : Extraction et regroupement des triplets de cultures sur le département de l'Orne entre 1977 et 2003⁷

1977	En pourcentage de SAU					103	1977-2003				
	1977-86	1987-92	1993-96	1997-2003		1977-86	1987-92	1993-96	1997-2003		
PP PP PP	65,38	73,86	64,38	60,01	58,62	PP PP PP	65,38	73,86	64,38	60,01	58,62
B M B	2,9	1,64	2,96	3,32	3,88	M M M	1,39	1,05	1,8	1,48	1,22
M B M	2,46	1,34	2,78	3,13	3,14	B B B	0,92	0,93	1,31	0,83	0,64
M M M	1,39	1,05	1,8	1,48	1,22	Pt Pt Pt	0,99	0,96	0,58	1,01	1,31
M M B	1,21	0,82	1,74	1,18	0,96	B M B	2,9	1,64	2,96	3,32	3,88
M B B	1,03	1,16	1,42	0,7	0,7	M B M	2,46	1,34	2,78	3,13	3,14
B B B	0,92	0,93	1,31	0,83	0,64	M M B	1,21	0,82	1,74	1,18	0,96
Pt Pt Pt	0,99	0,96	0,58	1,01	1,31	B M M	0,84	0,63	1,19	0,93	0,78
B M M	0,84	0,63	1,19	0,93	0,78	M B O	0,83	0,8	0,78	0,72	0,87
M B O	0,83	0,8	0,78	0,72	0,87	B C B	0,8	0,12	0,8	1,28	1,58
B C B	0,8	0,12	0,8	1,28	1,58	O M B	0,8	0,89	0,76	0,47	0,53
O M B	0,8	0,89	0,76	0,47	0,53	B B M	0,8	0,89	1,18	0,47	0,53
B B M	0,8	0,89	1,18	0,47	0,53	B O M	0,75	0,82	0,73	0,66	0,65
B O M	0,75	0,82	0,73	0,66	0,65	B P B	0,65	0,57	1,35	1,08	
B P B	0,65	0,57	1,35	1,08		PP PP M	0,6	0,62	1	0,43	0,24
PP PP M	0,6	0,62	1	0,43	0,24	B B O	0,54	0,51	0,62	0,67	0,47
B B O	0,54	0,51	0,62	0,67	0,47	B O C	0,51	0,22	0,55	1,3	
B O C	0,51	0,22	0,55	1,3		O C B	0,48	0,12	0,21	0,5	1,23
O C B	0,48	0,12	0,21	0,5	1,23	C B B	0,37	0,14	0,45	0,2	0,78
C B B	0,37	0,14	0,45	0,2	0,78	C B O	0,36	0,21	0,35	0,95	
C B O	0,36	0,21	0,35	0,95		B B C	0,31	0,11	0,35	0,58	0,48
B B C	0,31	0,11	0,35	0,58	0,48	B O B	0,3	0,25	0,28	0,38	0,41
B O B	0,3	0,25	0,28	0,38	0,41	M B C	0,29	0,32	0,5	0,57	
M B C	0,29	0,32	0,5	0,57		PP M M	0,29	0,26	0,62	0,23	
PP M M	0,29	0,26	0,62	0,23		M B P	0,28	0,31	0,49	0,45	
M B P	0,28	0,31	0,49	0,45		PP M B	0,25	0,23	0,39	0,18	
PP M B	0,25	0,23	0,39	0,18		PP PP B	0,25	0,37	0,32	0,17	
PP PP B	0,25	0,37	0,32	0,17		Pt Pt PP	0,23	0,32	0,12	0,26	0,21
Pt Pt PP	0,23	0,32	0,12	0,26	0,21	C B M	0,23	0,15	0,43	0,39	
C B M	0,23	0,15	0,43	0,39		P B M	0,21	0,18	0,47	0,42	
P B M	0,21	0,18	0,47	0,42		P B O	0,22	0,32	0,47	0,43	
P B O	0,22	0,32	0,47	0,43		J J J	0,13	0,32	0,73		
J J J	0,13	0,32	0,73			B J B	0,12				
B J B	0,12										

Les données numériques sous forme de triplets de cultures permettent donc de valider certaines observations faites à partir des diagrammes de Markov et de les approfondir, notamment dans certains cas où il est impossible d'interpréter les successions de cultures au-delà de deux années consécutives. Cependant, pour le moment, ces interprétations reposent encore beaucoup sur l'expertise de la personne qui traite les données. Il conviendrait donc de consolider la méthode permettant de transformer les sorties brutes du logiciel en données quantifiées sur les successions de cultures à différentes échelles spatiales et temporelles.

⁷ PP : prairies permanentes ; M : Maïs ; B : Blé ; O : Orge ; Pt : Prairies temporaires ; C : Colza ; P : Pois ; J : Jachère

c. Résultats concernant les itinéraires techniques (ITK)

Pour connaître les évolutions des itinéraires techniques au cours des dernières années, nous avons extrait des enquêtes « pratiques culturales sur grandes cultures » du SSP les principaux descripteurs de l'ITK entre 1994 et 2006, par culture et par département. Toutes les informations contenues dans les enquêtes SSP seront représentées ici mais les seules données que nous pourrions analyser ici sont celles qui présentent un échantillon statistiquement représentatif (en gras dans les tableaux), soit supérieur à 20 parcelles.

- *La fertilisation azotée organique et minérale*

Dans ce premier tableau (**Tableau 5**), nous avons choisi de représenter :

- le nombre de parcelles enquêtées pour connaître la validité statistique des informations ;
- concernant la fertilisation azotée minérale, le pourcentage de parcelles ayant reçu un engrais minéral azoté, la dose moyenne d'azote minéral apportée, dans la 1^{ère} colonne, toutes parcelles confondues (y compris celles n'ayant pas reçu d'apport) et dans la 2^{ème}, uniquement pour celles ayant reçu un apport, enfin, le nombre d'apport d'azote minéral, également calculé selon l'ensemble des parcelles enquêtées ou uniquement selon celles ayant reçu un apport d'azote minéral.
- Concernant la fertilisation azotée organique, le pourcentage de parcelles ayant reçu un engrais organique et la dose moyenne de fumier de bovin reçue (il s'agit d'une valeur synthétique calculée toute culture confondue, cf. **Tableau 7**)

Tableau 5 : Fertilisation azotée minérale et organique moyenne par culture et par département (Sources : Enquêtes « Pratiques culturales sur grandes cultures » 1994, 2001 et 2006, SSP)⁸

DEP	Amendement minéral												Amendement organique												
	Nb Parcelles enquêtées			% Parcelles ayant reçu un engrais minéral azoté			Dose moyenne d'azote minéral apportée			Dose moyenne d'azote minéral (y.c. parcelles sans apport)			Nombre d'apport d'azote minéral			Nombre d'apport d'azote minéral (y.c. parcelles sans apport)			% Parcelles ayant reçu un amendement organique			Dose moyenne Fumier Bovins			
	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	
Blé tendre de printemps	14	4		100			144	144		144	144		2,0	2,0		2,0	2,0		0	0		34			
	50	6		100			157	157		157	157		2,3	2,3		2,3	2,3		17	17					
	61	11		100			155	155		155	155		2,2	2,2		2,2	2,2		0	0					
Blé tendre d'hiver	14	37	85	87	95	99	99	156	171	167	148	169	165	1,9	2,5	2,6	1,8	2,5	2,6	0	4	2	36	29	26
	50	45	52		100	100		122	124		123	125		2,4	2,4		2,4	2,4		13	12		34	32	
	61	36	60	98	100	100	99	138	158	152	138	159	151	1,9	2,7	2,6	1,9	2,7	2,6	6	7	7	36	28	29
Colza de printemps	14	9			89			114			101			1,1			1,0			11			36		
	50							90			60			1,0			0,6			0			36		
	61	6			67			90			60			1,0			0,6			0			36		
Colza d'hiver	14	15			100			125			125			1,3			1,3			20			36		
	50																								
	61	27			93			133			123			1,9			1,7			4			36		
Maïs fourrage	14	32	61	41	88	93	90	97	76	80	85	71	73	1,0	1,2	1,2	0,9	1,1	1,1	91	80	80	36	29	26
	50	65	98		91	96		85	63		78	60		1,6	1,6		1,4	1,5		86	87		34	32	
	61	49	47	73	94	94	92	78	63	51	72	59	46	1,0	1,4	1,3	0,9	1,3	1,2	80	85	85	36	28	29
Maïs grain	14	2	2	3	50	100	100	80	100	123	40	100	124	1,0	1,5	1,7	0,5	1,5	1,7	50	50	67	36	29	26
	50	4	4	10		100	80	79	45		79	36		1,5	1,4		1,5	1,1		75	50		34	32	
	61	4	16	5	100	88	60	94	100	110	94	88	66	1,0	1,0	1,7	1,0	0,9	1,0	50	31	100	36	28	29
Prairie permanente	14	68	66		41	48		80	66		33	32		1,4	1,4		0,6	0,7		12	24		29	26	
	50	77	106		64	64		92	63		59	41		1,8	1,5		1,1	1,0		13	15		34	32	
	61	60	65		53	69		80	57		43	39		1,5	1,4		0,8	1,0		10	15		28	29	
Prairie temporaire	14							119	90		98	73		2,6	2,0		2,1	1,6		18	34		34	32	
	50	50	93		82	81		100	81		81	58		2,0	1,9		1,6	1,4		18	27		28	29	
	61	62	48		81	71		100	81		81	58		2,0	1,9		1,6	1,4		18	27		28	29	
Orge de printemps	14	1			100			66			66			1,0			1,0			100			36		
	50																								
	61																								
Orge d'hiver - escourgeon	14	18			100			116			116			1,3			1,3			6			36		
	50																								
	61	30			100			121			121			1,9			1,9			7			36		
Pois de printemps	14	31			0			0			0			0,0			0,0			3			36		
	50																								
	61	16			0			0			0			0,0			0,0			6			36		

⁸ Toutes les doses sont exprimées en unités d'azote (kg N par ha).

- le **blé tendre** : il reçoit (presque) toujours une fertilisation minérale (de 95 à 100% des parcelles). La dose appliquée a beaucoup augmenté en moyenne entre 1994 et 2001 (de 15 à 20 U) et s'est stabilisée ou a légèrement régressé entre 2001 et 2006. Il en est de même pour le fractionnement des doses qui a également fortement augmenté entre 1994 et 2001 : le blé recevait moins de 2 apports d'azote en 1994, alors qu'il en reçoit 2,4 dans la Manche à 2,5-2,7 dans les autres départements entre 2001 et 2006. Les doses moyennes apportées les plus fortes se situent dans le Calvados et les plus faibles dans la Manche (environ 40 U d'écart). En revanche, dans la Manche, une proportion non négligeable de blés reçoivent un apport d'engrais organique (12%), contre 7% dans l'Orne, et moins de 4% dans le Calvados.
- Le **maïs fourrage** : il reçoit généralement un engrais minéral quelque soit le département (à plus de 88%). Les doses sont plutôt faibles (< 100 U) et ont beaucoup baissé entre 1994 et 2006, notamment dans l'Orne où elles étaient déjà les plus faibles (de 78 à 51 U). Cette diminution (autour de 20 U) ne semble pas compensée par une augmentation de la fertilisation organique entre 2001 et 2006, qui reste comprise entre 80% des parcelles dans le Calvados et 86-87% dans la Manche. En revanche, le fractionnement de l'azote minéral a tendance à se généraliser puisque le maïs ne recevait qu'un apport en 1994, contre 1,2 à 1,6 entre 2001 et 2006 : c'est dans la Manche que le fractionnement est le plus élevé.
- Les **prairies permanentes** : Leur fertilisation minérale n'est pas majoritaire dans le Calvados (41 à 48%), mais elle l'est en revanche dans la Manche (64% des parcelles), ainsi que dans l'Orne où elle a fortement augmenté entre 2001 et 2006 (de 53 à 69%). En revanche, la dose d'azote apportée a fortement chuté, notamment dans la Manche et dans l'Orne (-30 U), passant ainsi de 80-90 U en moyenne à 50-60 U. La moyenne du nombre d'apport sur les prairies qui reçoivent un engrais minéral est comprise entre 1 et 2 apports : le fractionnement est plus élevé dans la Manche avec 1,8 apports en moyenne en 2001. La fertilisation organique concerne moins de 15% des parcelles dans tous les départements, sauf dans le Calvados où elle a doublé entre 2001 et 2006, passant de 12 à 24% des parcelles.
- Les **prairies temporaires** : elles sont conduites de manière plus intensives que les prairies permanentes. Dans la Manche, 80% des parcelles reçoivent de l'azote minéral dont la dose moyenne a beaucoup diminué entre 2001 et 2006 (de 120 à 90 U), de même que le nombre d'apport (de 2,6 à 2). Dans l'Orne, les surfaces fertilisées sont passées de 81 à 71 % et la dose d'azote de 100 à 81 U. Par ailleurs, le nombre d'apport d'azote est resté proche de 2. En revanche, la fertilisation organique qui était limitée à 18% des parcelles en 2001 a presque doublé dans la Manche (34%), et a augmenté dans une moindre proportion dans l'Orne (27%). Il semble qu'il y ait donc eu, dans le cas de cette culture, un transfert de la fertilisation minérale vers la fertilisation organique.

Les informations données par ce tableau permettent donc de penser qu'il y a eu une réduction globale des doses d'azote minérale apportées aux différentes cultures, notamment entre 2001 et 2006. Cette réduction des doses semble être liée, notamment dans le Calvados, à l'influence des organismes de développement agricole comme la Chambre d'Agriculture, qui incitent les agriculteurs à mieux valoriser leurs engrais de ferme (fumier de bovin notamment) pour des raisons économiques et environnementales.

Cependant, ce tableau ne représente que les valeurs moyennes par culture, par département et par année. Or ces valeurs moyennes peuvent cacher une forte dispersion des valeurs pour une même variable comme la fertilisation azotée minérale totale. Nous avons donc cherché à représenter par culture et par année les valeurs que peuvent prendre la fertilisation azotée sous

forme de « boîtes à moustache »⁹.

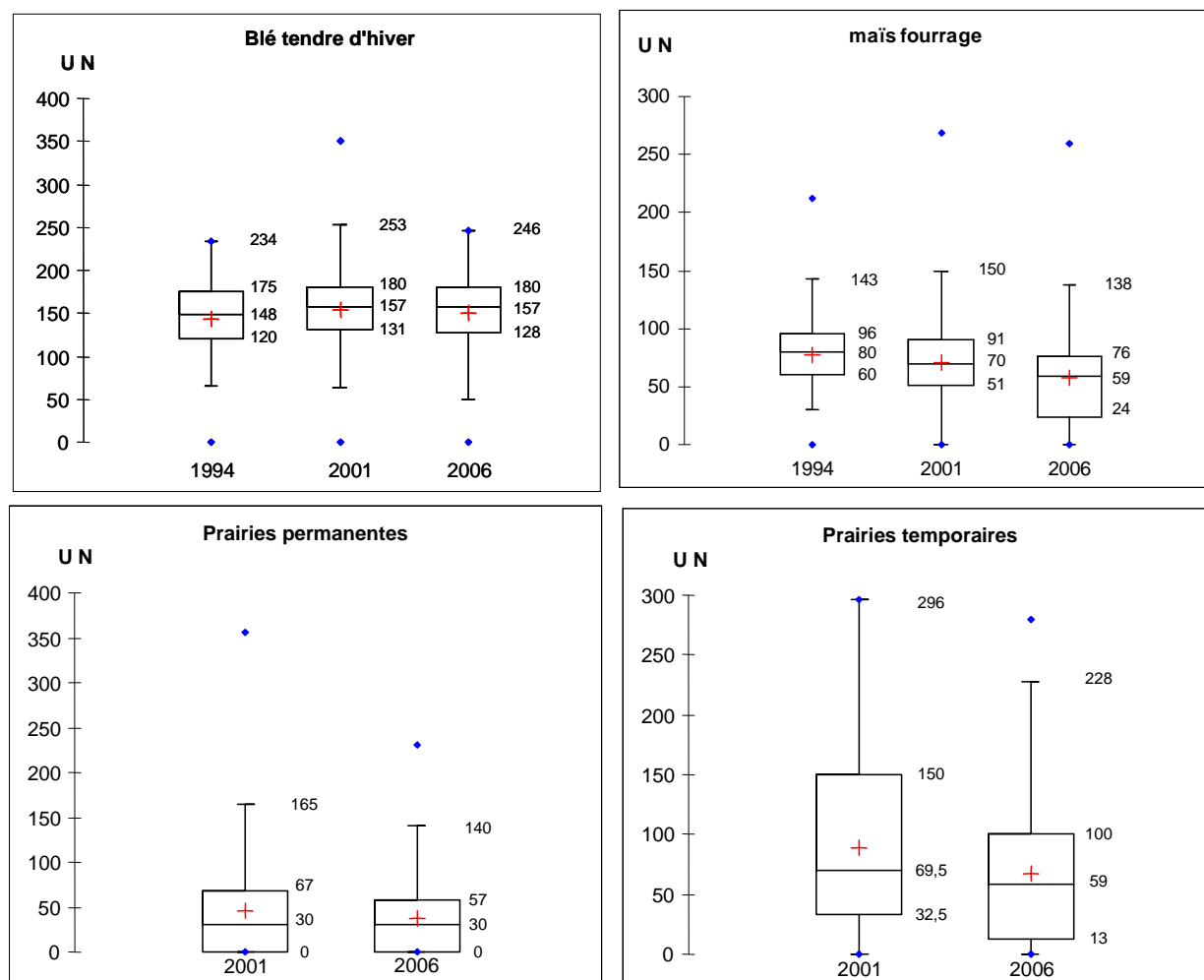


Figure 14 : Représentation graphique (« boîtes à moustaches ») de la dispersion de la variable « fertilisation azotée » par culture et par année (Sources : Enquêtes « Pratiques culturelles sur grandes cultures » 1994, 2001 et 2006, SSP)

L'interprétation de ces boîtes à moustaches permet de faire les constats suivants (**Figure 15**) :

- la fertilisation du blé montre une répartition relativement symétrique et peu dispersée autour de la médiane (soit une fourchette comprise entre 120 et 180 U pour les quartiles inférieurs et supérieurs de 1994 à 2006). On note une forte augmentation entre 1994 et 2001 (à laquelle s'ajoute le fait que le département de la Manche est absent de l'échantillon en 1994, alors qu'il est globalement moins consommateur d'engrais que les autres) car la médiane passe de 148 U à 157 U. Entre 2001 et 2006, la baisse n'est pas vraiment sensible, sauf pour les valeurs les plus élevées.
- Concernant le maïs fourrage, la baisse est beaucoup plus sensible car la médiane passe de 80 U en 1994 à 70 U en 2001 et à 59 U en 2006. L'absence de fertilisation ou les faibles doses d'azote se développent fortement en 2006, comme le montre la dissymétrie

⁹ La **boîte à moustaches**, ou boîte à pattes, est un petit diagramme représentant divers caractères de dispersion d'une série statistique. Il sert souvent pour comparer deux séries statistiques entre elles. Ce diagramme est constitué de la façon suivante. On trace une "boîte" qui est un rectangle dont la hauteur s'étend du premier quartile (Q1) au troisième quartile (Q3), et qui est coupé par un trait vertical à hauteur de la médiane (Q2). De cette boîte partent deux traits horizontaux : l'un va du premier quartile à la « frontière basse » de la série ($Q1 - 1.5 * (Q3 - Q1)$), l'autre du troisième quartile à la « frontière haute » ($Q3 + 1.5 * (Q3 - Q1)$). On peut également y figurer la moyenne (ici, par une croix rouge).

des écarts inter-quartiles.

- Pour les prairies permanentes, on note une forte dissymétrie vers les valeurs basses (Q1=0) qui s'accroît entre 2001 et 2006 : les valeurs élevées diminuent même si la médiane reste la même, située à 30 U.
- Pour les prairies temporaires, ce qui est notable est la forte dispersion des valeurs qui s'étalent de 0 à près de 300 U en 2001, 228 U en 2006. La distribution était plutôt dissymétrique en 2001 avec un fort étalement des valeurs supérieures à la médiane. En 2006, les valeurs se resserrent autour de la médiane et tendent globalement à la baisse (la médiane passe de 69 à 59 U entre 2001 et 2006).
- *Les autres descripteurs de l'ITK*

D'autres descripteurs de l'ITK ont pu être extraits des enquêtes du SSP (**Tableau 6**) :

- le pourcentage de parcelles labourées avant le semis de la culture ;
- le pourcentage de parcelles sur lesquelles un CIPAN a été implanté avant le semis de la culture ;
- les dates moyennes de semis ; de récolte ; le rendement moyen ;
- et enfin, le devenir des résidus de cultures, à savoir le pourcentage de parcelles dont les pailles ont été enfouies.

Tableau 6 : Autres descripteurs de l'itinéraire technique : pourcentage de labour, dates de semis et de récolte et rendements moyens par culture et par département (Sources : Enquêtes « Pratiques culturales sur grandes cultures » 1994, 2001 et 2006, SSP)

DEP	Nb Parcelles enquêtées			% labour			CIPAN (% parcelles)			Date de semis moyenne			Date de récolte moyenne			Rendement (qx)			Résidus (% enfouissement)		
	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006
Blé tendre de printemps	14	4		100			0,0			26/1/01			6/8/01			66			0,0		
	50	6		100			0,0			2/2/01			10/8/01			63			0,0		
	61	11		100			0,0			1/2/01			5/8/01			58			0,0		
Blé tendre d'hiver	14	37	85	87	95	92	78	0,0	0,0	1,1	7/11/93	7/11/00	1/11/05	10/8/94	3/8/01	3/8/06	74	76	82	8,1	3,5
	50	14	45	52	100	92	100	0,0	0,0		25/11/00	7/11/05		6/8/01	2/8/06	69	76		0,0		
	61	36	60	98	100	92	62	0,0	0,0	1,0	26/10/93	4/11/00	18/10/05	5/8/94	1/8/01	26/7/06	66	66	73	0,0	0,0
Colza de printemps	14	9			89			0,0			3/4/94			27/5/94			21				
	50																				
	61	6			83			0,0			4/4/94			2/8/94			19				
Colza d'hiver	14	15			93			0,0			17/9/93			17/7/94			22				
	50																				
	61	27			100			0,0			20/9/93			25/7/94			30				
Maïs fourrage	14	32	61	41	94	100	93	0,0	0,0	14,6	8/5/94	12/5/01	7/5/06	10/10/94	23/9/01	1/10/06	104	287	143		
	50		65	98	100	95	100	0,0	0,0	16,3	10/5/01	4/5/06		23/9/01	1/10/06	148	142				
	61	49	47	73	100	100	84	4,1	0,0	15,1	4/5/94	11/5/01	1/5/06	8/10/94	17/9/01	18/9/09	116	127	139		
Maïs grain	14	2	2	3	50	92	100	0,0	0,0	33,3	26/4/94	15/5/01	22/4/06	1/11/94	20/10/01	20/10/06	98	99	83		
	50		4	10	100	80	100	0,0	0,0	20,0	12/5/01	1/5/06		5/10/01	22/10/06	115	101				
	61	4	16	5	100	92	20	0,0	0,0	20,0	26/4/94	8/5/01	25/4/06	7/10/94	24/10/01	9/9/06	88	81	72		
Orge de printemps	14	1			100			0,0			27/3/94			15/8/94			35			0,0	
	50																				
	61	18			89			0,0			25/10/93			20/7/94			65			11,1	
Orge d'hiver - escourgeon	14	30			100			0,0			18/10/93			20/7/94			58			6,7	
	50	31			97			0,0			16/3/94			10/8/94			51				
	61	16			100			0,0			28/3/94			27/7/94			52				

- Concernant le **labour**, il semble avoir perdu du terrain en premier dans le département du Calvados où les techniques de travail simplifiées (TCS) avaient déjà fait leur apparition en 1994 (5% des parcelles en blé, 6% en maïs fourrage). A cette époque, les TCS ne semblaient pas encore présentes dans les départements voisins. Elles se sont en revanche fortement développées par la suite dans l'Orne qui a rapidement dépassé les surfaces en TCS du Calvados : pour le blé, les proportions de labour avant semis sont les mêmes en 2001 et s'inversent en 2006 (seulement 62% dans l'Orne, contre 78% dans le

Calvados). On assiste au même phénomène avec le maïs fourrage qui n'est plus labouré qu'à 84% dans l'Orne contre 93% dans le Calvados. La Manche semble suivre le mouvement mais avec un décalage dans le temps : les TCS ne concernent que 5% des parcelles en maïs fourrage et 8% des parcelles en blé en 2006.

- L'implantation de **cultures intermédiaires (CIPAN)** était insignifiante jusqu'à l'enquête 2001. Elle se développe ensuite beaucoup en précédent maïs (seule culture de printemps significativement enquêtée ici) car elle atteint globalement 15% de la sole en 2006. Ce développement est en grande partie liée à la mise en œuvre de la Directive Nitrates sur les zones vulnérables qui couvrent une grande partie de la Basse-Normandie.
- Concernant les **dates de semis**, il semble difficile de juger d'une évolution temporelle avec des données discontinues dans le temps car le rôle de la météo d'une année donnée peut être très important d'une année sur l'autre. Les quelques informations qui semblent ressortir de ce tableau sont que :
 - les dates de semis du blé semblent plus précoces dans l'Orne que dans le Calvados (de l'ordre d'une dizaine de jours en 1994 et 2006) et plus encore comparé à la Manche.
 - Les dates de semis du maïs fourrage sont en revanche toutes regroupées autour de la première quinzaine de mai, quelque soit l'année ou le département ;
 - Les semis semblent plus précoces en 2006 qu'en 2001 pour le blé (1 à 2 semaines) et pour le maïs (1 semaine environ) ; mais cela est sans doute lié à la météo particulière de l'année 2001 qui semble avoir été très pluvieuse.
- Concernant les **dates de récolte**, celles-ci semblent également plus précoces dans l'Orne que dans les autres départements (environ 1 semaine de décalage). Concernant les tendances globales (à prendre avec beaucoup de prudence), les dates de récolte du blé semblent avoir gagné environ une semaine entre 1994 et 2001 quelque soit le département. Pour le maïs fourrage, il est difficile de trouver une tendance puisque 2001 a été une année plus précoce que les autres pour l'ensilage.
- Concernant le **rendement** du blé, il a augmenté dans tous les départements de 7 à 8 qx entre 1994 et 2006 et il semble bien plus élevé dans le Calvados, où il passe de 74 à 82 qx. Dans la Manche, il passe de 69 à 76 qx, suivie de l'Orne, où il passe de 66 à 73 qx entre 1994 et 2006. Nous n'analyserons pas le rendement du maïs fourrage qui prête à caution car il n'est en général pas mesuré mais estimé par l'agriculteur à la parcelle.
- Le **devenir des pailles** dans cette région d'élevage est essentiellement d'être récoltées car moins de 10% des pailles d'orge ou de blé ont été enfouies entre 1994 et 2001 (0% dans l'Orne et la Manche, entre 3 et 8% dans le Calvados).
- *Les effluents organiques*

Ce tableau ci-dessous (**Tableau 7**) indique par année et par département (toutes cultures confondues) la nature des engrais organiques utilisés en Basse-Normandie (nombre de parcelles ayant reçu un effluent organique, pourcentage relatif au total des parcelles ayant reçu un effluent), ainsi que les doses appliquées. On peut ainsi avoir une idée de la fréquence des différents types d'effluents utilisés en Basse-Normandie (le pourcentage de parcelles concernées par culture ayant déjà été traité dans le **Tableau 5**), mais seules les valeurs significatives (> 20 parcelles) seront analysées.

Ce tableau montre donc que, parmi tous les effluents organiques utilisés en Basse-Normandie, le fumier de bovin est très largement majoritaire, même s'il tend à diminuer en proportion dans le temps, passant ainsi de 93 à 77% des apports organiques dans l'Orne, et de 89 à 79 % dans le

Calvados entre 1994 et 2006. Dans la Manche, il est concurrencé par d'autres effluents d'élevage comme le lisier de bovins ou de porcins et passe de 66 % à seulement 50% des effluents entre 2001 et 2006. Inversement, la proportion de parcelles ayant reçu du lisier de bovins double entre 2001 et 2006 (de 14 à 29%), ce qui semble indiquer un changement dans les systèmes d'élevage consécutif à la mise aux normes des bâtiments d'élevage, entraînant le remplacement des aires paillées par les logettes et donc la diminution du fumier disponible au profit du lisier. Par ailleurs, il semble que les doses moyennes apportées aient également beaucoup évolué : le fumier de bovin était apporté à des doses allant de 35 à 37 t en 1994, contre 26 à 32 t en 2006. A l'inverse, les doses de lisier semblent avoir augmenté : de 18 à 39 m3 dans le Calvados pour le lisier de bovin et de 21 à 37 m3 pour le lisier de porc dans la Manche (25 à 28 m3 dans l'Orne).

Tableau 7 : Utilisation d'effluents organiques par département en Basse-Normandie (Sources : Enquêtes « Pratiques culturales sur grandes cultures » 1994, 2001 et 2006, SSP)

	DEP	Nombre de parcelles enquêtées			% des effluents organiques du département			Dose moyenne apportée par département		
		1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006
Fumier Bovins	14	33	53	42	89	87	79	37	29	26
	50		56	73		66	50		34	32
	61	43	55	75	93	83	77	35	29	29
Fumier Porcins	61		2	1		3	1		35	35
Lisier Bovins	14	3	4	6	8	7	11	18	22	39
	50		12	42		14	29		36	38
	61	3	2	7	7	3	7	28	23	28
Lisier Porcins	14		1	1		2	2			
	50		13	22		15	15		21	37
	61		2	3		3	3		25	32
Compost d'origine animale	14		2	2		3	4		30	10
	50		2	2		2	1		18	
	61			6			6			16
Compost d'origine végétale	14		1	1		2	2			30
	50			1			1			
Fumier, Lisier de Volailles	14			1			2			
	50			4			2			
	61		5	3		8	3			
Autres effluents	14	1			3					
	50		1	2		1	2			
	61			2			2			

1.3 La pollution azotée en Basse-Normandie

En 2006, le réseau de suivi des eaux souterraines du bassin Seine-Normandie montre, qu'en Basse-Normandie, environ 45% des captages sont contaminés de manière significative à très importante (**Figure 16**). Les captages les plus contaminés (teneur en nitrates > 50 mg/l) sont principalement situés dans la Plaine de Caen et du Bessin, sur l'aquifère du Bajocien-Bathonien.

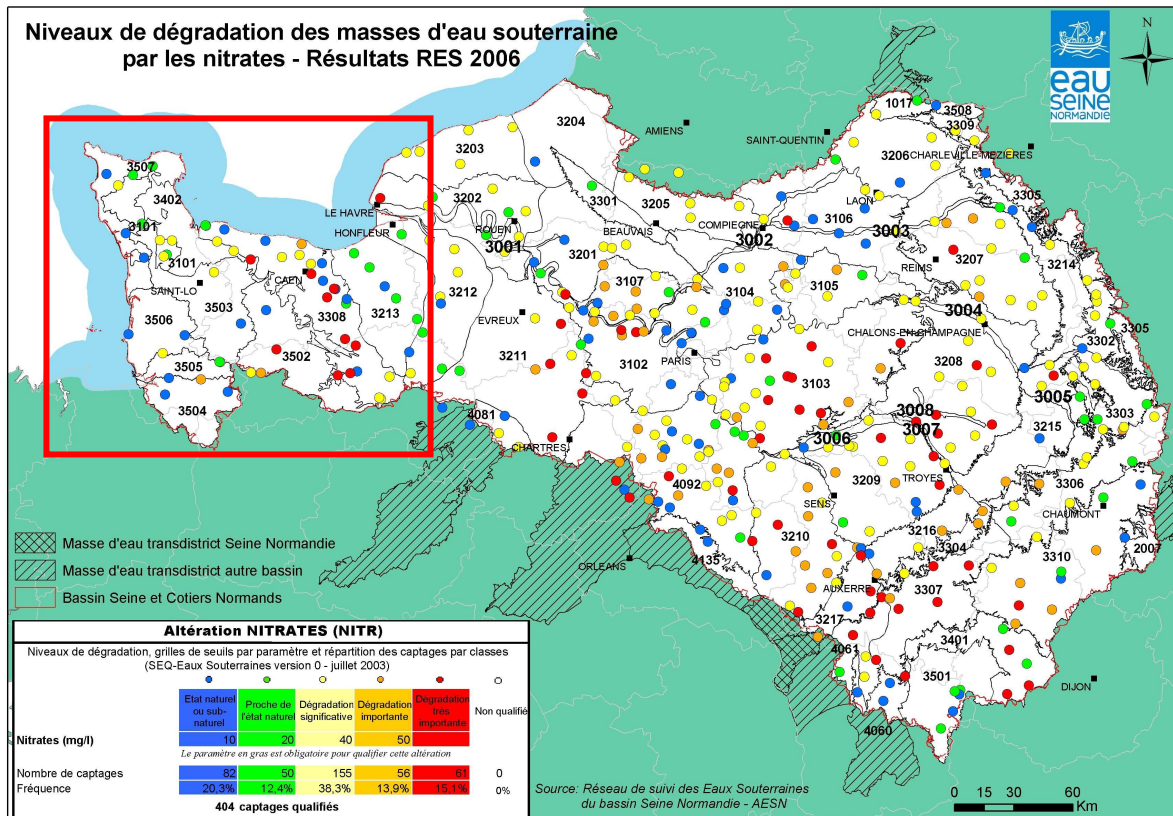


Figure 15 : Niveaux de dégradation des masses d'eau souterraine par les nitrates en 2006 (Sources : AESN)

Pour ce qui est des eaux de surface, le bilan est encore plus lourd, puisque la très grande majorité des points de suivi sur les rivières indiquent une qualité passable à très mauvaise.

Dans le cadre de l'application de la directive Cadre sur l'Eau, ces contaminations croissantes sont préoccupantes car les Etats membres de l'Union Européenne se sont engagés à atteindre d'ici 2015 un bon état quantitatif et qualitatif de toutes les masses d'eau souterraines. Or, d'après le compte-rendu de la commission géographique du 30 novembre 2005, sur 13 masses d'eau souterraines, 10 présentent un risque de non-atteinte du bon état chimique en 2015 (**Figure 17**). La masse d'eau n°3308 du Bajocien-Bathonien présente un risque élevé de non atteinte du bon état chimique, vis-à-vis à la fois des nitrates et des pesticides.

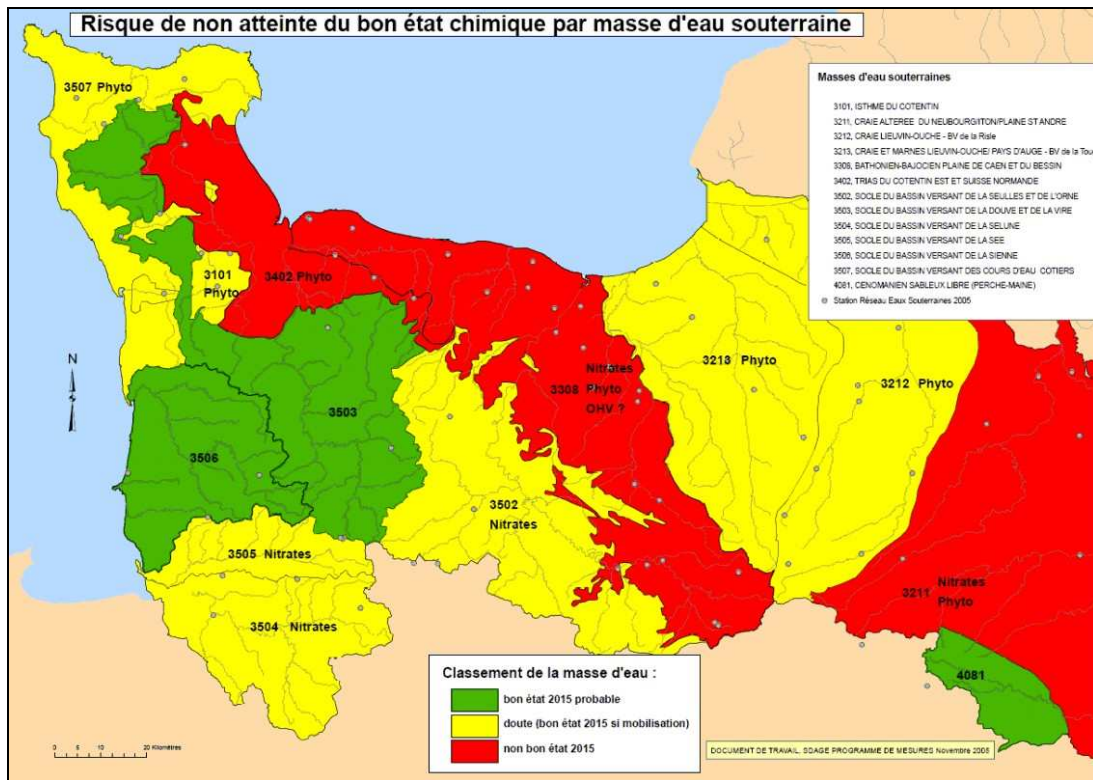


Figure 16 : Masses d'eau souterraines du secteur Bocages Normands et état vis-à-vis des polluants (Sources : commission géographique Bocages Normands, 2005)

Cela explique certainement qu'une très grande proportion du territoire de la région soit classée en « zones vulnérables aux nitrates d'origine agricole » (**Figure 18**).

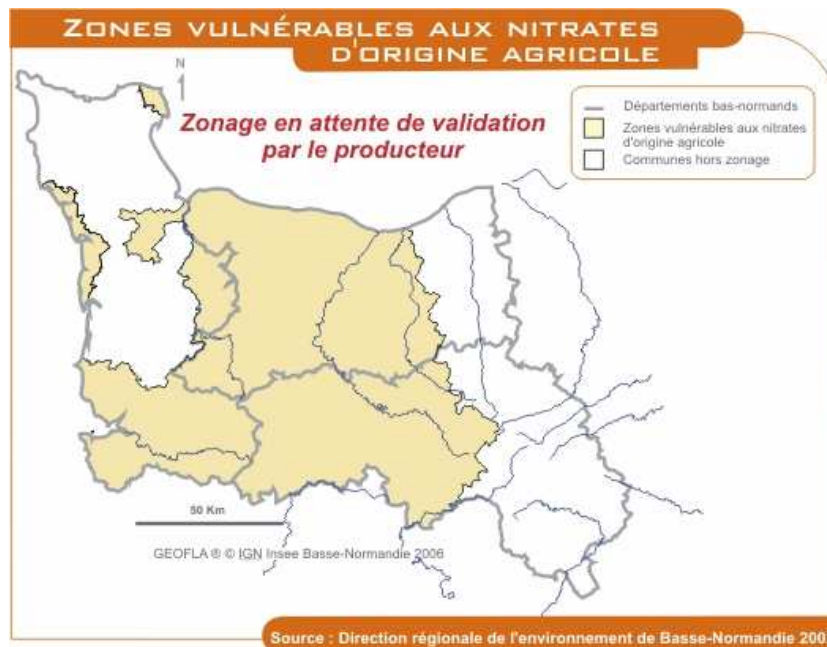


Figure 17 : Les zones vulnérables aux nitrates d'origine agricole

Ce classement s'inscrit dans le cadre de la Directive Nitrates qui est une directive européenne datant de 1991 visant à limiter les nitrates d'origine agricole dans les eaux souterraines et

superficielles et qui comporte trois volets principaux, comme *i)* la délimitation de zones vulnérables dans les secteurs où les eaux ont une teneur en nitrates approchant ou dépassant le seuil de 50 mg/L et/ou ont tendance à s'eutrophiser ; *ii)* la définition dans ces zones de programmes d'action s'appliquant à tous les agriculteurs ; *iii)* l'application volontaire en dehors de ces zones d'un code de bonnes pratiques agricoles.

Les programmes d'action reposent sur plusieurs mesures :

- l'équilibre de la fertilisation avec l'obligation d'établir chaque année un plan prévisionnel de fumure azotée ;
- l'enregistrement des pratiques de fertilisation : cahier d'épandage des apports organiques et minéraux ;
- l'obligation de stockage suffisant et étanche pour les effluents d'élevage pour épandre pendant les périodes autorisées ;
- les conditions et périodes d'épandage selon les types de fertilisants et les cultures ;
- l'obligation de maintenir une bande en herbe (prairie ou jachère) à proximité des cours d'eau ;
- l'incitation à la couverture des sols à l'automne.

Ces dispositions sont complétées par des objectifs plus ambitieux dans certaines zones :

- dans les **zones de protection prioritaires Nitrates (ZPPN)**, espaces associant forte vulnérabilité aux nitrates et fort enjeu d'alimentation en eau potable (Calvados et Orne).
- dans les **zones en excédent structurel d'azote lié aux élevages (ZES)** : un canton est considéré en excédent structurel d'azote dès lors que la quantité totale d'effluents d'élevage produite annuellement conduirait, si elle y était épandue en totalité, à un apport annuel d'azote supérieur à 170 kg d'azote/ha de surface épandable. Plusieurs cantons du sud-ouest de la région sont classés en ZES.
- dans les zones situées dans les bassins versants en amont de prises d'eau superficielle destinées à la consommation humaine et en situation de dépassement pour le paramètre nitrates. Trois bassins versants du sud Manche sont classés en **Zone d'Actions Complémentaires (ZAC)**, avec couverture hivernale des sols obligatoire.

Les programmes d'action sont théoriquement fixés pour une durée de quatre années. Les 3^{ème} programmes d'action pour la Basse-Normandie se sont achevés en 2009 et ont fait l'objet d'une évaluation¹⁰ pour permettre l'élaboration des 4^{ème} programmes 2009-2013. Ces nouveaux programmes vont principalement maintenir et / ou renforcer les mesures décrites ci-dessus.

L'étude de l'enquête SSP laisse penser que certaines de ces mesures commencent à être réellement appliquées sur le terrain par les agriculteurs (Ex. : implantation de CIPAN, meilleure utilisation des engrais de ferme), mais cela ne permet pas de dire si elles seront ou non réellement suivies d'effets sur la qualité des eaux souterraines et si oui, d'ici combien de temps.

C'est le rôle de la modélisation STICS-MODCOU de nous permettre de simuler par exemple l'impact d'un scénario où ce type de mesures parviennent à se généraliser à l'ensemble du territoire...

¹⁰ *Zones vulnérables. Elaboration du 4^{ème} programme d'action 2009-2013. Diagnostic préalable et évaluation du 3^{ème} programme.* Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de la Manche – Service Environnement et territoire. 30 p.

En conclusion, il semble donc que ce soient les aquifères du Bajocien-Bathonien ainsi que celui du Dogger, les plus vulnérables en terme de contamination par les nitrates et donc les plus directement concernés par la modélisation STICS-MODCOU.

Concernant la constitution de la base de données sur les pratiques agricoles en Basse-Normandie, les régions agricoles (Plaine de Caen et d'Alençon, Bessin) qui recouvrent ces aquifères seront donc les plus impliquées en terme de pressions agricoles sur la qualité des eaux souterraines. Cependant, comme notre étude vise, au-delà de la modélisation du transfert des nitrates, à comprendre et à caractériser les dynamiques de l'agriculture de cette région dans son ensemble sans se limiter au zonage strict des aquifères, la constitution de la base de données englobera donc toute la surface de la Basse-Normandie ainsi que les quelques cantons qui se rattachent au zonage de la Direction de Secteur des Bocages Normands.

En terme d'évolution des pratiques agricoles et de l'occupation du sol, l'analyse des données disponibles a montré une très forte modification des systèmes de culture depuis les années 70, se traduisant notamment, à l'échelle de la Basse-Normandie, par l'importance du retournement des prairies permanentes et la généralisation du système fourrager intensif basé sur le maïs ensilage et les prairies temporaires, dans les régions d'élevage qui correspondent à la majeure partie de la Basse-Normandie.

La Plaine de Caen et d'Alençon se caractérisent en revanche par des systèmes de cultures très différents, basés sur des cultures à forte valeur ajoutée (betterave, pomme de terre, lin textile), des rendements et des doses d'azote plus élevés que dans les régions voisines. Les surfaces en terres labourables étaient déjà très importantes dès les années 70 et ont continué de progresser au profit des grandes cultures telles que le blé, le colza ou le pois. Comme l'assolement se caractérise par une forte proportion de cultures de printemps, on peut supposer que la couverture du sol y est très réduite en hiver et que cela peut entraîner un lessivage plus important que dans les régions voisines où, en dehors du maïs ensilage, la plupart des cultures sont soit pérennes soit implantées à l'automne.

Les pratiques de fertilisation azotée ont certainement beaucoup changé en 40 ans et sont sans doute également impliquée dans cette augmentation des concentrations en nitrates que l'on observe dans les aquifères. Or, sur ce point, les seules sources d'information dont nous disposons sur les pratiques agricoles ne remontent qu'au milieu des années 90 et montrent, au cours des années 2000, qu'un léger infléchissement des pratiques a eu lieu (réduction des doses les plus fortes, meilleure valorisation du fumier, etc.) et qui est certainement lié à la mise en œuvre des Bonnes Pratiques Agricoles dans le cadre de la Directive Nitrates et au fait que la majeure partie de la Basse-Normandie soit classée en zone vulnérable. Mais ces évolutions sont sans doute trop récentes pour être déjà sensibles sur la qualité des eaux souterraines.

Il nous faudra donc chercher à remonter aux années 70, correspondant selon nous au début de l'intensification agricole, pour connaître les évolutions plus anciennes des pratiques agricoles qui expliquent sans doute la dégradation continue des eaux souterraines que l'on observe actuellement. Mais pour cela, les seules sources d'informations qui nous pouvions mobiliser étaient les experts agricoles qui ont accompagné les agriculteurs dans ces évolutions de pratiques, à savoir les conseillers de coopératives ou de chambre d'agriculture qui ont une longue expérience de terrain. Nous montrerons dans le prochain chapitre quelles sont les étapes qui ont aboutit à la constitution d'une base de données « historique » sur les pratiques agricoles permettant de retranscrire ces évolutions.

2 Constitution de la Base de données spatialisée sur les pratiques agricoles

2.1 Principes généraux

2.1.1 Description du modèle couplé STICS-MODCOU

La méthodologie de la simulation du transfert du nitrate est basée sur le couplage de modèles existants (Ledoux et al., 2007) : un modèle agronomique STICS développé au sein de l'INRA, et d'un modèle hydrogéologique MODCOU, développé au centre de Géosciences de MINES ParisTech (anciennement Ecole des Mines de Paris) (**Figure 19**). Le modèle hydrologique MODCOU permet de simuler le comportement hydrodynamique complet du bassin (bilan hydrique de surface, niveaux piézométriques de la nappe) et le transfert de polluants dans tous les compartiments du sol (de la zone non saturée aux aquifères), à partir de données climatiques (précipitations, ETP). Ce modèle est conçu pour calculer le transport du nitrate vers les zones saturées et insaturées et les rivières.

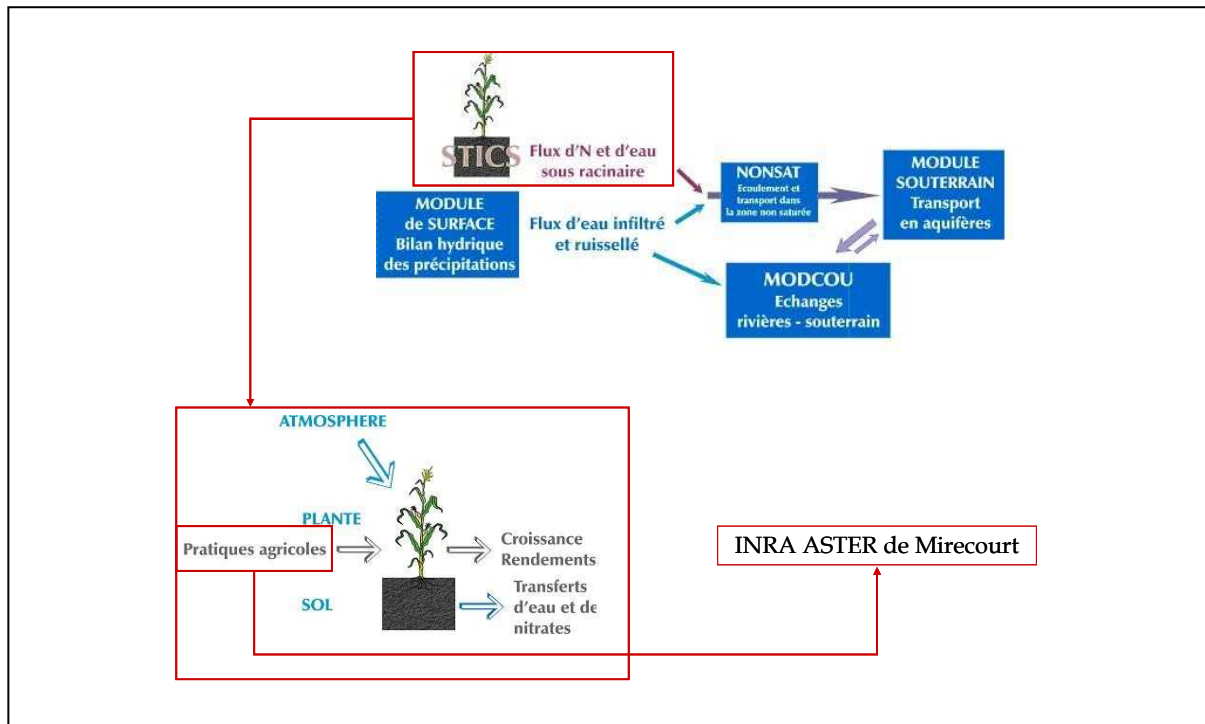


Figure 18 : Représentation schématique des différents modèles intervenant dans le couplage STICS-MODCOU.

Le modèle agronomique STICS simule le fonctionnement du système sol-plante-atmosphère au pas de temps journalier, en calculant la croissance de la plante et les bilans en eau et en azote. Il est donc capable d'évaluer au cours d'une ou plusieurs années successives les flux de nitrates dans la zone sous racinaire susceptibles d'être entraînés dans les formations aquifères ou les rivières. Il est principalement renseigné par une base de données spatialisée sur les pratiques agricoles mise au point à l'INRA SAD-ASTER de Mirecourt et que nous allons décrire dans ce chapitre.

Ce couplage de modèle a nécessité une procédure de spatialisation pour rendre STICS, conçu pour fonctionner à l'échelle parcellaire, compatible avec la grille de la couche de surface du modèle MODCOU, en s'appuyant sur la définition de zones géographiques « homogènes » croisant spatialement les données climatiques, les types de sols et les zones agricoles, avec les pratiques qui y sont associées (**Figure 20**).

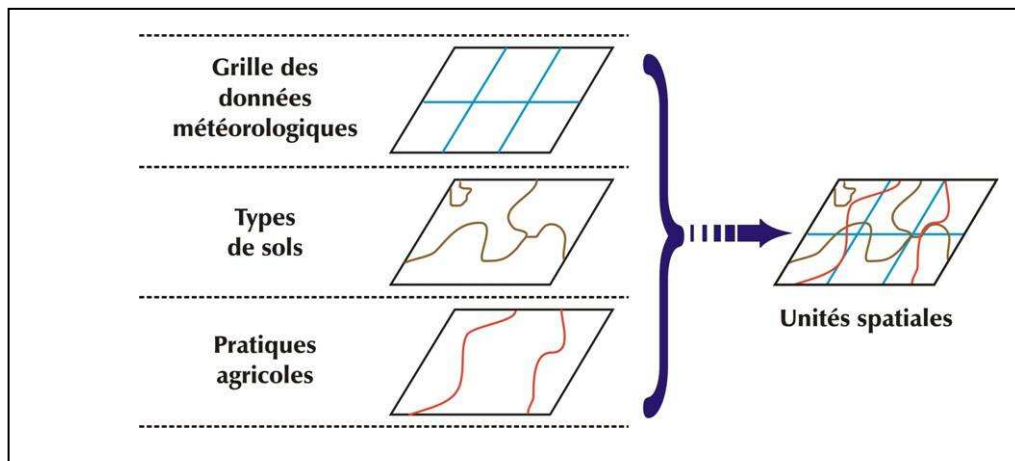


Figure 19 : Organisation spatiale des données météorologiques, pédologiques et agricoles au sein du modèle STICS spatialisé.

Le travail confié à l'INRA de Mirecourt consiste à fournir à STICS des données spatialisées représentatives des pratiques moyennes les plus répandues dans la région de 1970 à 2006.

Pour faire fonctionner le modèle STICS spatialisé à l'échelle de la Basse-Normandie, il a bien fallu réfléchir aux données d'entrées nécessaires au modèle sur des échelles spatiales et temporelles vastes et en tenant compte à la fois des surfaces en cultures et de celles en prairies.

2.1.2 Les descripteurs des activités agricoles utilisés dans la base de données

Il est possible de décrire les activités agricoles d'un territoire de deux façons. L'une consiste à se placer au niveau du système de production et de l'exploitation agricole (approche économique), alors que la seconde aborde la question par l'organisation spatiale du territoire en se penchant sur les différents modes d'occupation des terres, décrits par les systèmes de cultures (**Figure 21**).

Pour la constitution de la base de donnée concernant les pratiques agricoles de Basse-Normandie, c'est cette seconde approche qui a été privilégiée. En effet, c'est bien la caractérisation spatiale des territoires que l'on souhaite obtenir, et non la caractérisation des exploitations du territoire.

Le système de culture (qui prend ici également en compte les prairies permanentes, qui n'entrent pas en rotation) est décrit à un moment donné par son assolement. Cet assolement est variable dans le temps puisque la culture présente sur une parcelle donnée varie d'une année à l'autre selon la succession culturale mise en œuvre. Aborder les modes d'utilisation du territoire à travers la succession culturale présente ainsi trois avantages :

1. la connaissance des différentes cultures implantées sur la parcelle et leur fréquence de retour dans le temps ;
2. la prise en compte la période d'interculture, qui est la période la plus à risque en terme de lessivage du nitrate.

En effet, c'est durant cette période, plus ou moins longue, où le sol est laissé à nu entre deux cultures que sont effectués les différents travaux du sol, et apportés les effluents organiques entraînant la libération de nitrates dans le sol. C'est également à cette période que le drainage du sol est le plus important, en raison de la pluviométrie abondante et des faibles ETP de la saison froide. En revanche, c'est également durant cette période que peuvent être implantées des CIPAN (Cultures Intermédiaire piège à Nitrates) qui permettent d'éviter un lessivage trop important vers les eaux souterraines des reliquats de nitrates présents dans les sols après la

récolte. Cette pratique, encore trop peu répandue, est en voie d'être rendue obligatoire dans les zones vulnérables (v. § 1.3)

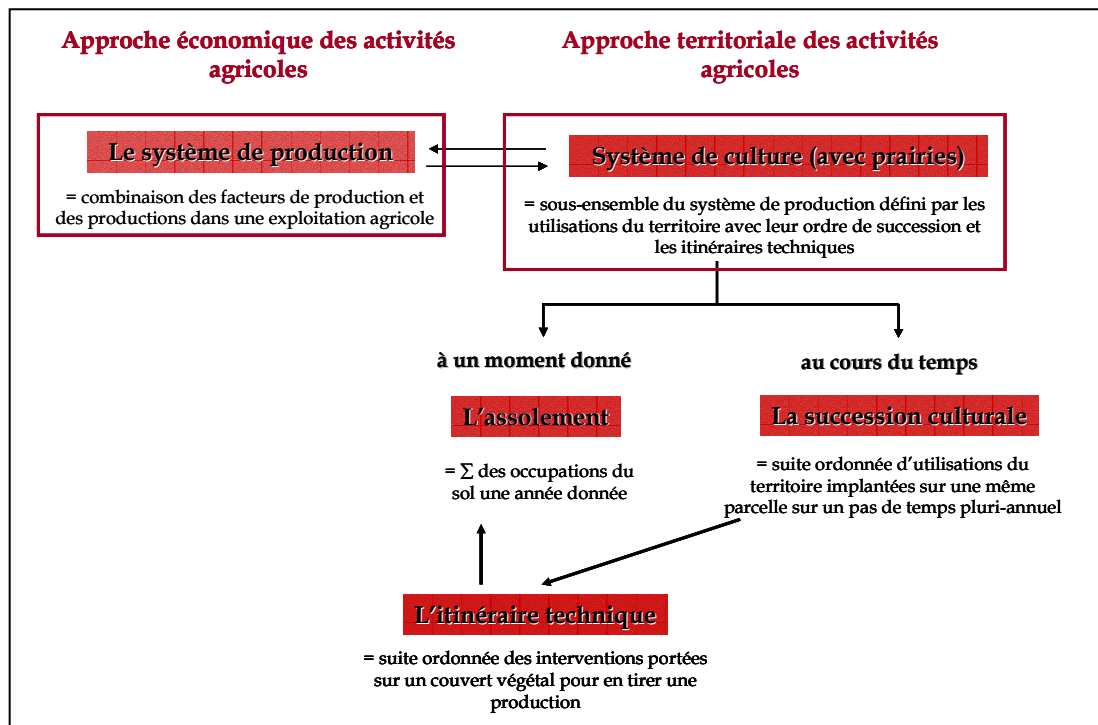


Figure 20 : Schéma des principaux descripteurs des activités agricoles et de leurs relations

Les changements dans les successions culturelles sont souvent liés à des changements de pratiques agricoles. La combinaison de l'assolement et de la succession culturelle permet ainsi d'obtenir une vision spatiale et temporelle de l'utilisation du territoire.

Chaque culture de l'assolement, définie par sa place dans la succession de culture (et donc par son précédent culturel), se caractérise également par l'itinéraire technique mis en place sur cette culture en fonction de ce précédent (le précédent peut par exemple influencer sur les travaux du sol précédant la culture ou sur la fertilisation).

Pour la construction de la base de données, les descripteurs utilisés sont l'assolement combiné à la succession culturelle, ainsi que l'itinéraire technique.

Voici de manière résumée, les principaux paramètres utilisés par STICS spatialisé par unité spatiale et par période !

Les données « culture » doivent indiquer :

- la succession de culture à laquelle la culture appartient, ainsi que son pourcentage de surface dans la SAU ;
- le numéro d'ordre de la culture dans la succession et le type de la culture ;
- pour chaque culture, le jour moyen de semis et de récolte ainsi que le rendement ;
- la combinaison de travaux du sol effectué, indiquant le type de travail du sol, sa date moyenne et sa profondeur ;
- le jour moyen, la dose et la nature de la fertilisation organique et minérale apportée.

Les données « prairies » de leur côté doivent indiquer :

- le type d'usage de la prairie : prairie pâturée, fauchée ou prairie mixte (fauchée et pâturée) ;

- le type de troupeau occupant la prairie : vache laitières ou autres bovins ;
- le mode de production (traditionnel ou intensif par exemple) ;
- le type de pâturage (durée, chargement) et la fréquence du pâturage ;
- les dates et types de fauche (type de fourrage, rendement moyen) ;
- le jour moyen, la nature et la dose moyenne des apports de fertilisation azotée.

L'objectif de création d'une base de données renseignant STICS rejoint les thématiques de recherche de l'INRA de Mirecourt, dont l'un des axes de recherche porte sur la description spatiale et temporelle à différentes échelles des activités agricoles. La base de données créée doit donc permettre, en plus de répondre aux besoins du modèle, de développer de nouvelles méthodologies utiles à l'unité de recherche tout en fournissant des données utilisables à des fins de recherche.

2.1.3 Définition de la maille spatiale unitaire

La première question à résoudre pour pouvoir décrire les activités agricoles de la région concerne la détermination de la taille des unités spatiales qui seront considérées comme homogènes du point de vue de leurs occupations du sol (type d'occupation et pourcentage) ainsi que des itinéraires techniques mis en œuvre sur ces cultures.

Le travail mené sur le bassin de la Seine, qui représente en terme de superficie environ 1/5 de la surface française, utilisait la PRA (Petite Région Agricole) comme maillage spatial unitaire. Or, la Basse-Normandie constitue un territoire aux dimensions nettement plus réduites (18 000 km²). Nous avons voulu savoir si l'échelle de notre domaine d'étude nous autorisait à travailler avec le maillage PRA, ou le cas échéant, quel découpage plus fin serait adapté à la région.

En effet, la maille PRA, bien adaptée à l'échelle des 100 000 km² que couvre le bassin de la Seine, paraissait en revanche trop grossière à l'échelle de la Basse-Normandie qui représente moins d'un cinquième de sa surface. Les cartes d'occupation du sol réalisées dans le cadre de cette étude (v. **Annexes 2**) montrent notamment que certaines PRA ont encore une pertinence pour les régions agricoles les plus caractéristiques comme la Plaine de Caen, mais qu'elles ne sont pas toujours adaptées à la description des zones de transition, qui ont beaucoup évolué durant la période d'étude (1970-2008).

Le maillage cantonal nous a donc semblé être un bon compromis car *i*) il présente une précision et donc un nombre d'unités suffisamment grand au regard de la zone étudiée (148 unités spatiales) et comparable à celui qui avait été choisi dans le cas du bassin de la Seine (environ 150 PRA) ; *ii*) la plupart des données issues des statistiques agricoles que nous utilisons sont disponibles à cette échelle administrative sans avoir à obtenir la levée du secret statistique, contrairement aux données communales.

Cependant, le nombre de cantons figurant en Basse-Normandie était trop important pour pouvoir traiter individuellement chaque unité spatiale dans le temps imparti pour effectuer cette étude, tant en terme de durée d'enquête, qu'en terme de saisie de la base de données. De plus, ce travail n'aurait pas non plus été d'une grande pertinence agronomique car il s'agit d'un découpage électoral basé essentiellement sur des critères de densités de population.

Le compromis que nous avons choisi a donc été de conserver le découpage cantonal comme maille spatiale unitaire mais de chercher à le regrouper en classes homogènes en fonction de différents descripteurs, jugés pertinents, comme l'occupation du sol, les systèmes d'élevage ou les itinéraires techniques. En effet, nous partons du postulat que ces différents découpages ne se recoupent pas forcément dans l'espace et qu'il est préférable d'adapter notre méthodologie et donc la structure de notre base de données aux zonages obtenus à l'aide de ces différentes typologies.

2.1.4 Structure de la base de données

La structure de la base de données créée pour la région Basse-Normandie diffère fortement de celle ayant été créée pour le bassin de la Seine. Cependant, la division de base séparant les pratiques caractéristiques des prairies permanentes et celles caractéristiques des cultures a été conservée (**Figure 22**)¹¹.

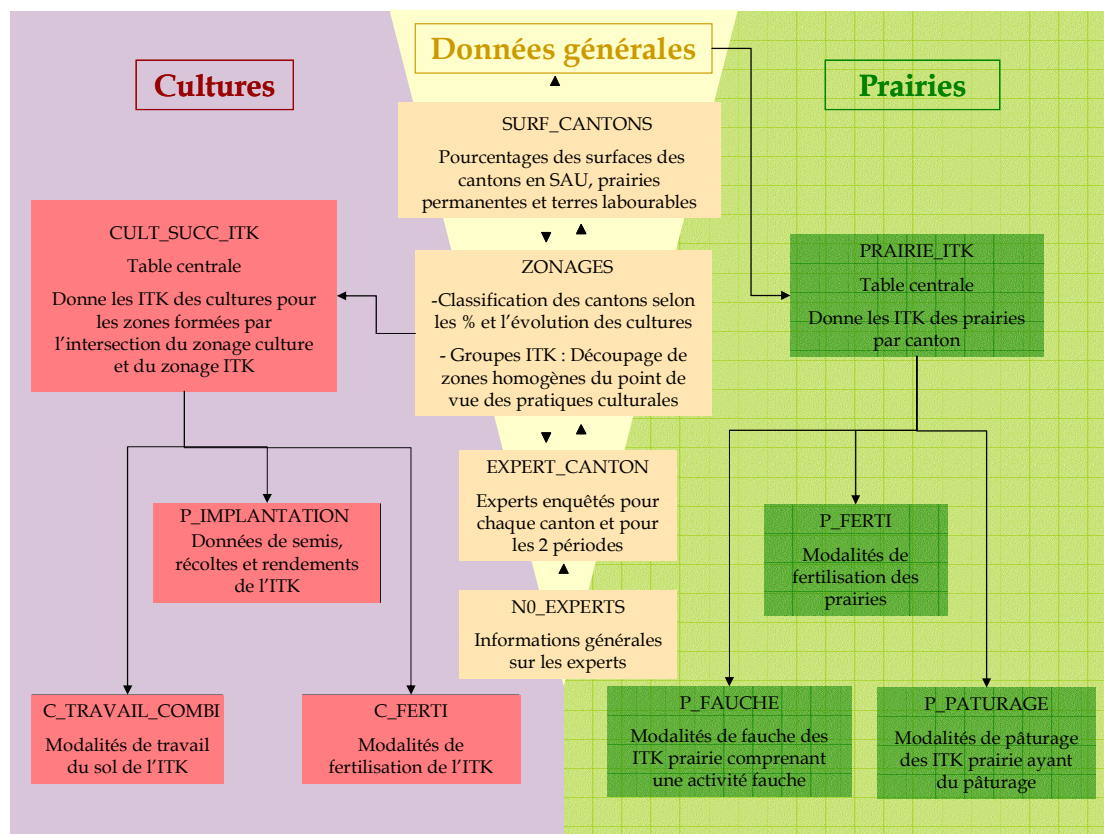


Figure 21 : Représentation synthétique et simplifiée de la base de données Pratiques Agricoles Bocages Normands

a. La base de données « Prairies »

Cette base a été très largement remaniée du fait de la très forte proportion de prairies permanentes dans la région bas-normande par rapport au bassin de la Seine. Il était donc nécessaire de développer un outil descriptif plus précis concernant cette occupation du sol. La table SURF_CANTONS indique directement les surfaces et les pourcentages de SAU en prairies permanentes par périodes homogènes (définies auprès des experts) et par canton (**Figure 22**).

La table PRAIRIE_ITK est la clé de la base de données Prairie et sa structure complexe nécessite que l'on s'y attarde pour pouvoir utiliser la base au mieux.

L'étude des ITK sur prairies nous a amené, après discussion avec des experts, à établir une arborescence à 5 étages, ou encore 5 subdivisions, permettant de couvrir l'ensemble des types de prairies existant sur un territoire (**Figure 23**). C'est la combinaison de ces 5 étages qui permet de décrire les différents types de prairies rencontrées en Basse-Normandie.

¹¹ La description détaillée de sa structure et de son fonctionnement fait l'objet d'un document annexe à ce rapport.

Numéros INSEE cantons	Période	Mode de production	Type de troupeau	Type d'usage	Identifiant et coefficient	
1404	1	3 : 70%	1 : Vaches Laitières 80%	1 : Prairies pâturées 60%	15 24%	
1405		4 : 30%				2 : Prairies mixtes 40%
1410		3 : Traditionnel 50%				
1411	2 : Autres Bovins 20%					
1412		2	4 : Développé 50%	1 : 80%		
1415	3		2 : 20%			
1417						
1419						
1420			3 : 40%			22 14%
		4 : 60%			16 8%	

Figure 22 : Structure détaillée de la table PRAIRIE-ITK

La clé de la base est donc multiple. Elle comprend :

- le **numéro INSEE** du canton
- la **période**, définie à partir des entretiens auprès des experts. Période 1 : 1970-1983 ; Période 2 : 1984-1993 ; Période 3 : 1994-2006 (v. §2.3.1).
- le **mode de production**. Il s'agit en fait des différents types de systèmes d'élevage décrits par les experts dans lesquels les pratiques sont jugées homogènes. Ce mode de production peut prendre plusieurs formes, comme distinguer par exemple des agriculteurs « traditionnels » (qui ont conservé les pratiques anciennes), d'agriculteurs « développés » (qui ont suivis à la lettre les conseils du développement agricole), ou d'agriculteurs « durables » (qui raisonnent leurs pratiques). Il peut également refléter des zones aux conditions pédo-climatiques particulières. C'est le cas par ex. des Marais du Cotentin, des « Hautes-Terres » et ou des « Basses-terres » distinguées par les experts car caractérisés par des pratiques très particulières. Une dernière distinction possible repose sur un mode de production « intensif » ou « extensifs ». Ces types de distinction sont très subjectifs et ne permettent que de comparer des pratiques entre elles à l'intérieur d'un même territoire. Ils sont néanmoins nécessaires pour établir une classification de ces pratiques.
- le **type de troupeau**, qui représente aussi indirectement la distance à l'exploitation. Cette division a pour objectif de représenter en partie le degré d'intensité d'utilisation des prairies. En effet, les prairies les plus proches de l'exploitation sont de manière générale celles qui accueillent les vaches laitières et qui sont gérées de façon assez intensive, au contraire des prairies plus éloignées, sur lesquelles sont mises à pâturer les élèves, les vaches allaitantes ou autres bovins, et qui sont gérées plus extensivement.
- le **type d'usage de la prairie**. Chaque type de prairies défini par les déterminants précédents peut soit être uniquement pâturé, soit uniquement fauché, soit mixte.

Ces différents niveaux sont emboîtés, et il est nécessaire de prendre garde à cet emboîtement au moment des requêtes. Cela signifie que la somme des pourcentages des modes de production d'un canton atteint 100% de la surface en prairie du canton. Ensuite, les pourcentages des différents types de troupeaux sont renseignés pour chacun des modes de production, et leur somme représente 100% de la surface couverte par ce mode de production etc...

A chaque ligne correspond un identifiant d'ITK sur prairie. Un même identifiant se retrouve dans la base autant de fois que l'itinéraire technique existe dans les différents types de prairies définis. Il renvoie vers les 3 tables décrivant l'itinéraire technique sur prairie, à savoir la fertilisation, le pâturage et la fauche, descriptives des ITK et qui seront utilisés dans le modèle STICS (**Figure 22**). La base de donnée est donc « descendante » : elle va chercher l'information dans chacune de ces tables.

b. La base de données « Cultures »

La structure de cette base de données (**Figure 24**) se révèle être un peu plus complexe que la précédente du fait du nombre plus important de cultures prises en compte (13 cultures) alors que la base de données prairies n'en gère qu'une. Cette multiplicité induit des changements de culture sur une même parcelle au cours du temps, et donc la nécessité de travailler à l'échelle des successions de culture. L'accès au pourcentage de culture n'est donc pas direct comme dans la base de données prairies. Il passe par le calcul du pourcentage de SAU des cantons concernés par les différentes successions culturelles (la succession culturelle étant l'entité centrale de la base). Si une culture est présente dans plusieurs successions, le pourcentage de cette culture dans le canton concerné sera représenté par la somme de l'ensemble des pourcentages de son occurrence dans les différentes successions.

De plus, afin de renseigner plus finement aussi bien les pratiques que les surfaces cultivées par canton, nous avons choisi de travailler avec un double zonage de la région que nous expliquerons plus loin. L'un d'eux regroupe les cantons en unités spatiales et temporelles homogènes du point de vue des pourcentages des cultures présentes (v. § 2.3). Le second regroupe les cantons en unités territoriales considérées comme homogènes du point de vue des itinéraires techniques par les experts enquêtés (v. § 2.2).

Ce double zonage a donc été prévu pour s'approcher au mieux des caractéristiques cantonales des surfaces cultivées et de leurs évolutions dans le temps, ainsi que de celles des itinéraires techniques décrits par les experts, tout en simplifiant le maillage unitaire.

La table CULT_SUCC_ITK est au cœur de la base Culture. Ici encore, la table est construite sur la base d'une arborescence incluant 4 niveaux : le premier est constitué par le croisement des deux zonages Culture et ITK ; le second est la période ; le troisième est la succession de culture et le dernier le numéro de la culture dans la succession. A chaque combinaison ainsi décrite dans la table est attribué un identifiant ITK, dépendant du précédent culturel de la culture décrite, et permettant de relier la culture aux tables descriptives des ITK (C_FERTI, C_IMPLANTATION et C_TRAVAIL_COMBI), que nous appellerons par la suite tables ITK (**Figure 22**).

Les 4 niveaux de l'arborescence cités ci-dessus constituent ensemble la clé de la table : les identifiants des ITK ne sont pas uniques, ils sont répétés dans la table autant de fois que l'itinéraire qu'ils décrivent s'y trouve. Cela signifie également qu'un même itinéraire technique peut être présent dans plusieurs zones et pour plusieurs précédents culturels. Il peut même arriver que deux cultures différentes aient le même itinéraire technique (c'est souvent le cas de l'avoine et de l'orge par exemple).

Classification culture	Classification ITK	Période	Numéro de la succession et % de la succession		Numéro de la culture dans la succession et % de la culture		Identifiant ITK
1	.	1	1	12%	1 Betterave	3%	19
2	.		1	12%	2 Blé	3%	22
3	.		1	12%	3 Pois	3%	27
4	8		1	12%	4 Blé	3%	22
5	9		2	18%	1 Lin	4,5%	20
6	9	2	2	18%	2 Blé	4,5%	22
7	7		2	18%	3 Pois	4,5%	27
8	1	3	2	18%	4 Blé	4,5%	22
.	9		3	5%	1 Mais grain	5%	31
.	.		4	22%	1 Pois	7,3%	27
.	.		4	22%	2 Blé	7,3%	22
.	.		4	22%	3 Orge	7,3%	29
.	.	5	18%	1 Pois	9%	19	
.	.	5	18%	2 Blé	9%	22	

Intersection

Regroupement puis somme = 100% surface intersection

Somme = 100% de la surface de l'intersection

Figure 23 : Structure détaillée de la table CULT_SUCC_ITK

2.2 Définition des itinéraires techniques de la base de données

Parmi les principaux descripteurs que nous avons choisi de caractériser, l'itinéraire technique n'est malheureusement décrit par aucune source statistique sur l'ensemble de la période étudiée (1970-2008), contrairement aux surfaces cultivées, qui ont été régulièrement enquêtées à l'échelle nationale. Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la seule source d'information couvrant toute la zone d'étude est l'enquête Pratiques culturelles sur grandes cultures du SSP (v. § 1.2.1). Cette enquête a été conduite en 1994, 2001 et 2006 et seulement pour certaines cultures, variables selon les années : elle ne pourra donc être mobilisée dans le chapitre suivant que pour valider les résultats obtenus par d'autres sources mais uniquement sur la période la plus récente, à l'échelle départementale, et pour les cultures qui y ont été enquêtées (v. § 3.3.2).

Pour pallier ces statistiques agricoles lacunaires et disposer d'informations exhaustives sur la zone et la période de temps étudiées, nous avons choisi d'informer les pratiques agricoles en mettant en place un protocole d'enquêtes directives et semi-directives auprès d'experts agricoles. Ces experts sont principalement des conseillers agricoles, qui ont une forte et ancienne expérience de terrain, appartenant au dispositif institutionnel des Organisations Professionnelles Agricoles (Chambres d'Agriculture, Centres d'Economie Rurale) ou à des coopératives. Ce choix repose sur l'hypothèse que le conseiller agricole est un observateur privilégié de l'activité agricole d'un secteur, ce qui permet à l'enquêteur de s'affranchir des enquêtes directes en exploitation en s'adressant directement à l'échelon « supérieur », celui de l'encadrement technique des exploitants. Même si leur réseau n'est constitué que d'une partie des exploitants d'un secteur donné, excluant le plus souvent les plus traditionnels et les plus innovants, les conseillers agricoles occupent une place non négligeable dans les dispositifs d'encadrement de la production agricole par leur rôle de diffusion de l'information destinée à faciliter la maîtrise de l'exploitation.

Nous leur demandons de se comporter en observateurs objectifs de la réalité agricole et de ne se référer ni aux « meilleurs agriculteurs » ni aux « moins bons », mais à une moyenne ou à une médiane qui éventuellement n'existerait pas. Il fallait tout d'abord qu'ils puissent avoir une

vision de l'évolution des pratiques agricoles sur l'ensemble de la période considérée et sur un territoire donné (de taille comprise entre le groupe de cantons et le département).

Par ailleurs, comme il est préférable, à l'échelle d'une zone donnée, de n'enquêter qu'un expert pour l'ensemble de la période étudiée, afin de retranscrire au mieux les dynamiques temporelles, nous avons donc globalement toujours contacté des experts qui se trouvaient être à la retraite ou proche de la retraite. Sur les 19 personnes enquêtées, la grande majorité est composée de conseillers de chambre d'agriculture (12 personnes), une plus petite partie, cantonnée à la Manche, d'agriculteurs investis dans des actions locales (4 personnes), tandis que les autres sont des personnels de l'INRA (2 personnes) et de l'enseignement agricole (1 personne). 11 personnes ont été enquêtées sur la partie culture, et 12 ont été enquêtées sur la partie prairies permanentes (**Figure 25**).

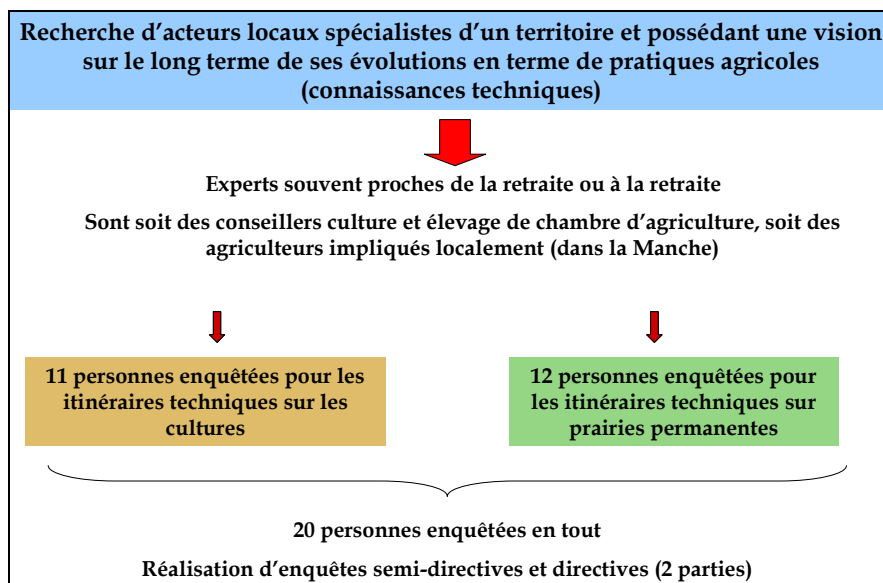


Figure 24 : Le recueil des données sur les pratiques agricoles : les enquêtes à dire d'expert

Les enquêtes « à dire d'experts » se sont décomposées de deux parties :

- La première, semi-directive, avait pour objectif la définition de zones et de périodes homogènes du point de vue des itinéraires techniques dans le territoire connu (**Figure 26**).
- La seconde, directive, consistait à remplir avec l'expert les fiches d'itinéraires techniques par culture, par période et par zone (fertilisation, travail du sol, semis, récolte et rendement pour les cultures ; fertilisation, fauche et pâturage pour les prairies permanentes).

Dans la première partie de l'enquête, il a donc été demandé aux experts de délimiter des zones qu'ils considéraient comme homogènes du point de vue des itinéraires techniques mis en oeuvre. Ce découpage suit beaucoup celui des PRA (**Figure 26**), car le développement agricole a souvent été organisé en secteurs suivant le découpage en PRA. Dans la Manche, le découpage s'éloigne un peu de celui des PRA, ce qui est à mettre en relation avec le type d'acteurs enquêtés dans ce département, principalement des agriculteurs, qui ont une autre vision du territoire.

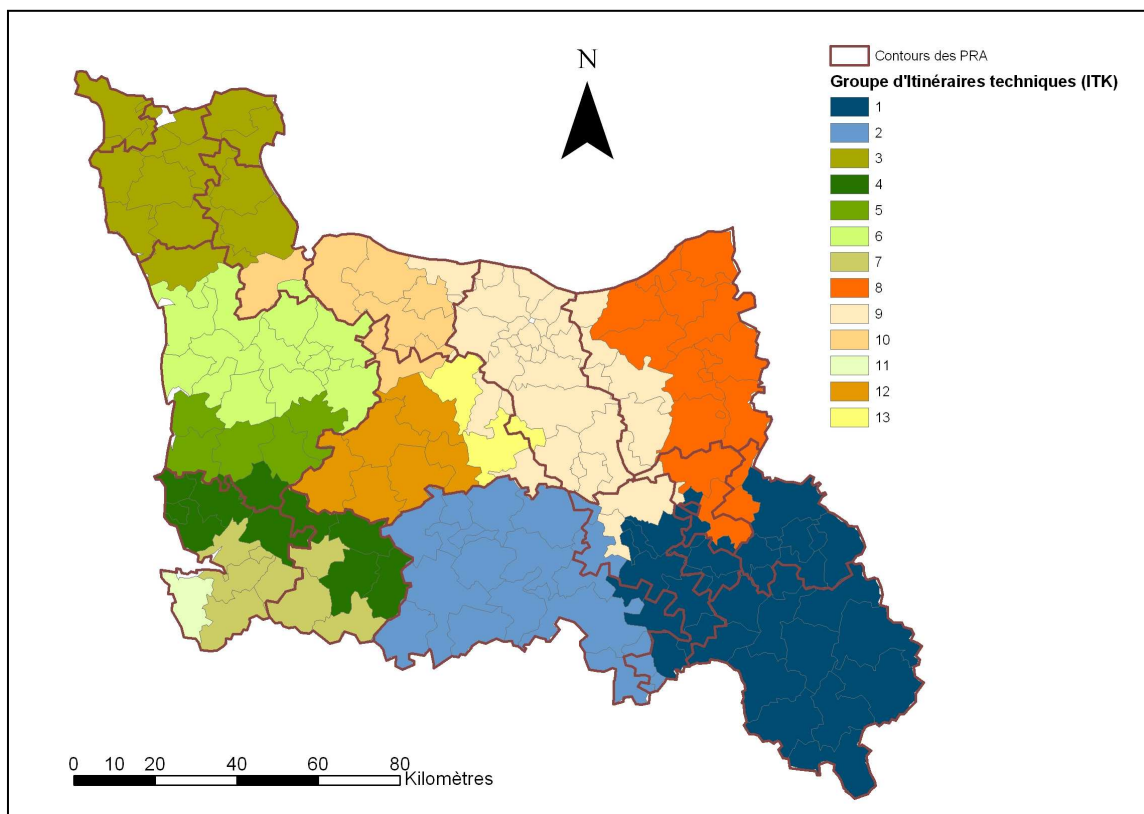


Figure 25 : Classes de cantons considérés comme homogènes du point de vue des pratiques agricoles (dires d'experts). Les classes correspondent aux différents groupes d'itinéraires techniques définis dans la base de données.

Les différentes périodes, jugées homogènes, ont été déterminées à dire d'expert et ont permis de diviser la période 1970-2006 en trois périodes considérées comme homogènes du point de vue des systèmes de production agricole dans leur ensemble :

- 1^{ère} période : 1970-1983. Elle prend fin avec les premières conséquences de la mise en place des quotas laitiers en 1982.
- 2^{ème} période : 1984-1993. Elle prend fin avec les premières conséquences de la mise en œuvre de la réforme de la PAC 1992.
- 3^{ème} période : 1994-2006.

Concernant les enquêtes directives, elles consistent, pour chaque zone d'ITK identifiée et pour chaque période, à reconstituer les successions culturales majoritaires et à détailler les séquences techniques associées (dates de semis et de récolte, rendements, pratiques de fertilisation azotée minérale et organique, travaux du sol, pratique de culture intermédiaire, etc). Deux types de questionnaires ont été prévus : l'un pour renseigner les itinéraires techniques sur cultures, et l'autre pour identifier les itinéraires techniques sur prairies permanentes. Il a souvent été nécessaire de rencontrer un expert différent pour l'un et l'autre des questionnaires en raison des spécialisations professionnelles de chacun (Ex. : un conseiller « élevage » ou un conseiller « grandes cultures »).

Cette distinction a été reprise du travail réalisé sur le bassin de la Seine, et se retrouve dans la structure même de la base de données. Le contenu des questionnaires d'enquêtes, comme celui de la BDD a très peu évolué du côté des cultures. Par contre, il a été nettement approfondi du côté des prairies permanentes, en réponse à la très forte proportion des prairies dans la région. Les questionnaires d'enquête ont été construits de manière à collecter les informations nécessaires à la mise en œuvre du modèle STICS (v. **Annexe 4**). Dans la pratique, chaque

entretien dure en moyenne une demi-journée, selon l'implication des experts et leur recul par rapport aux questions posées.

Ce type d'enquête présente évidemment certaines limites, inhérentes à leur 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 est souvent difficile de rencontrer plusieurs personnes sur une même zone géographique capables de décrire les pratiques agricoles sur les trente à quarante années étudiées. Ceci limite donc la possibilité de croiser entre elles les informations provenant de différents experts, ce qui permettrait de minimiser les biais liés à la subjectivité et/ou à la spécialisation professionnelle des experts.

Si nous cherchons en général à ce qu'un seul expert renseigne toute la période étudiée (ce qui permet d'espérer une certaine cohérence au niveau des dynamiques temporelles), il n'en est pas de même au niveau de la cohérence entre zones d'ITK, pour lesquelles on peut retrouver des biais importants et qui peuvent s'accroître pour les périodes les plus anciennes. La spatialisation des ITK que nous entreprendront dans le chapitre 3 (v. § 3.2) risque donc de mettre en évidence ce phénomène. 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. Ce biais peut être ponctuellement quantifié en confrontant les dires d'experts à d'autres sources d'informations, ce que nous tenterons dans le § 3.3.

2.3 Définition des occupations du sol dans la base de données

2.3.1 Reconstitution de l'occupation du sol par période et par canton

Comme le montre la structure de la base de données, ce sont des données moyennées par périodes, considérées comme homogènes (v. § 2.2), qui seront saisies dans les différentes tables, aussi bien concernant l'occupation du sol que pour les itinéraires techniques. Dans un premier temps, nous vérifierons ci-dessous que ces périodes définies sont également compatibles avec les dynamiques d'occupation du sol.

Concernant l'occupation du sol, les données utilisées pour décrire l'assolement sont principalement issues des RGA (Recensements Généraux de l'Agriculture) de 1970, 1979, 1988 et 2000 ainsi que les données SISA de 2006, complétées par les données SAA (Statistiques Agricoles Annuelles), déjà décrites dans le § 1.2.1 et Annexe 2.

a. Validation de la segmentation temporelle à l'échelle régionale

Pour vérifier que la segmentation temporelle définie par les experts avait bien une signification en terme d'évolution de l'assolement, nous avons représenté l'évolution des principales cultures depuis les années 70 en % de la SAU à l'échelle régionale¹² sur un graphique, ainsi que les limites des périodes définies par les experts (**Figure 27**).

¹² Graphiques représentant l'évolution à l'échelle départementale, en **Annexe 2**

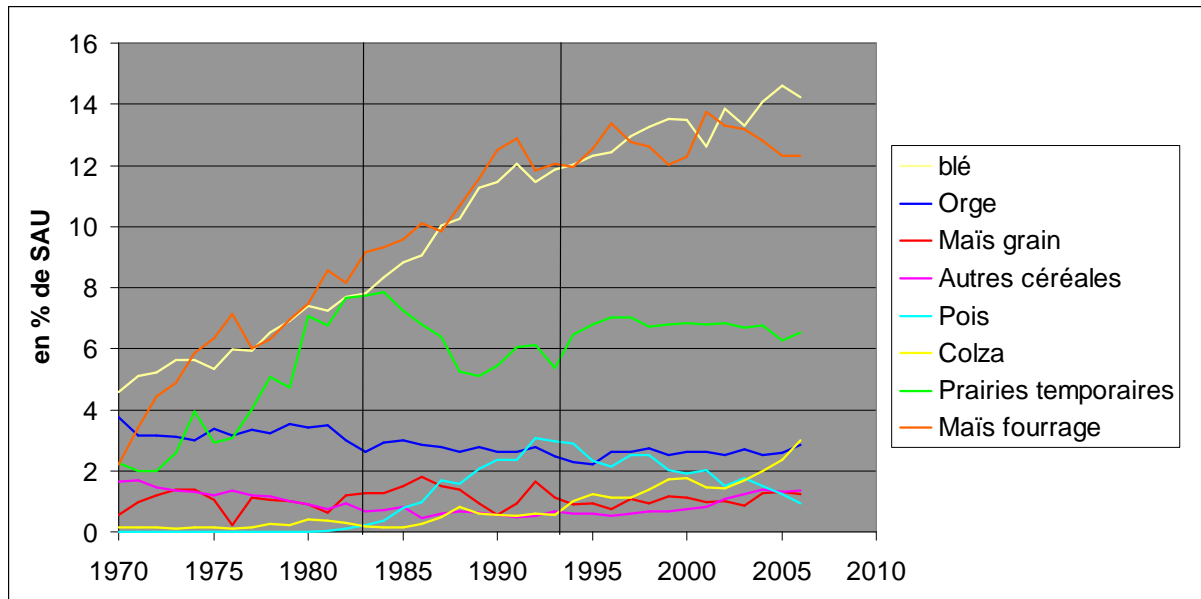


Figure 26 : Evolution des surfaces cultivées dans la région Basse-Normandie entre 1970 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Ce graphique montre une certaine cohérence entre les seuils proposés par les experts et les dynamiques de certaines cultures :

- les prairies temporaires se développent surtout au cours des années 70, régressent à partir de 1985 puis se stabilisent à partir des années 90 ;
- le colza, relativement stable au cours des années passées, commence réellement à se développer à partir de 1993 puis augmente de manière continue ;
- le pois se développe considérablement entre 1985 et 1992 puis commence à décliner de manière continue

D'autres cultures sont très stables, en tout cas à l'échelle régionale (orge, maïs grain), tandis que d'autres au contraire augmentent de manière continue sur toute la période étudiée (blé, maïs fourrage) et ne permettent donc pas de définir des périodes homogènes.

b. Méthode de calcul de l'assolement moyen à l'échelle cantonale

Cette parenthèse sur les périodes et leur validité a son importance ici, car pour son intégration à la base de données, l'assolement doit être ramené à une valeur moyenne pour chacune de ces périodes. Or, à l'échelle cantonale, les seules données dont nous disposons sont les données RGA qui présentent l'inconvénient d'être très espacées dans le temps et de ne pas correspondre aux seuils temporels définis ci-dessus. Dans un certain nombre de cas, les données issues des RGA ne peuvent pas être utilisées directement pour établir des moyennes sur les périodes définies car elles pourraient surestimer ou sous-estimer les valeurs réelles d'une culture donnée sur une période, notamment lorsque celle-ci ne suit pas une évolution linéaire (comme le pois par ex.).

Pour nous rapprocher au maximum des valeurs réelles des surfaces cultivées, ainsi que des principaux descripteurs des surfaces cultivées que sont la SAU, la STH et les surfaces en Terres Labourables (TL) par canton et par période, nous avons suivi la démarche suivante :

1) La première étape s'est attachée à reconstituer les surfaces des principales cultures (+SAU, STH et TL) pour tous les cantons et chaque année non renseignée par des statistiques agricoles à l'échelle cantonale (i.e. toutes les années sauf 1970, 1979, 1988, 2000 et 2006). Les calculs de

reconstitution des valeurs ont été basés principalement sur des interpolations linéaires entre deux dates de recensement (on calcule la différence de surface entre deux dates que l'on divise par le nombre d'années intercensitaires, puis on incrémente chaque donnée cantonale annuelle par cette valeur). Si on agrège ensuite ces données cantonales à l'échelle départementale pour les comparer avec les données SAA, on remarque que les courbes obtenues sont lissées par rapport à celles des données SAA (**Figure 28**), ce qui est logique puisque cette méthode ne permet pas de reproduire les fluctuations annuelles.

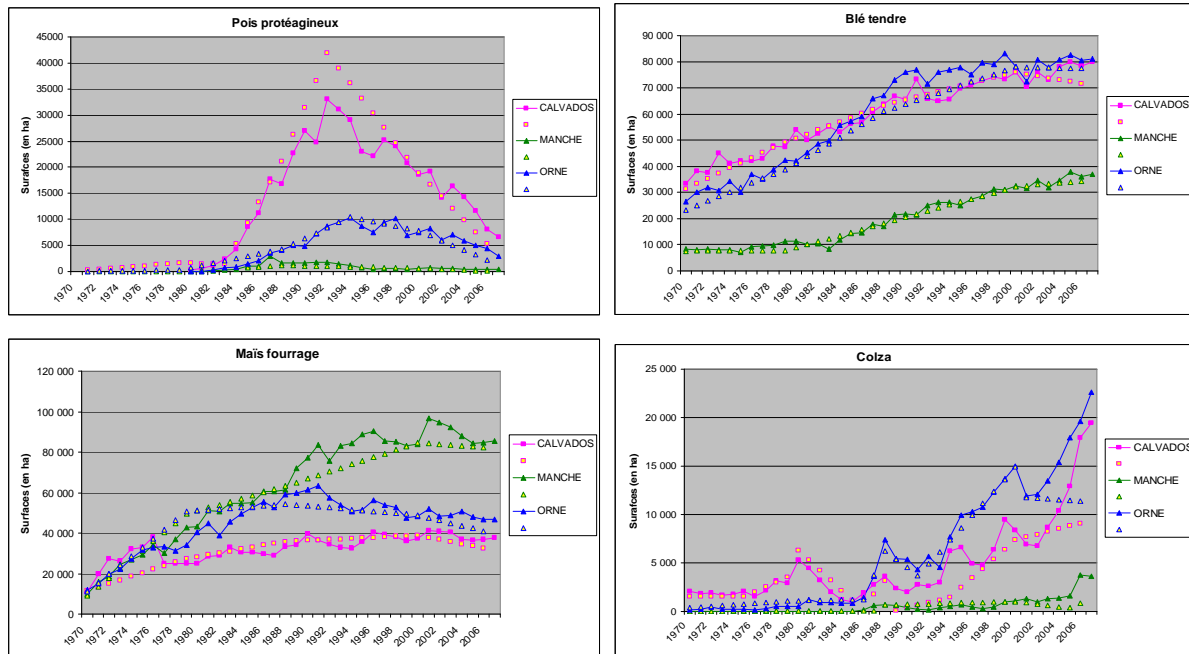


Figure 27 : Comparaison des surfaces annuelles obtenues par culture entre données SAA (en courbes continues) et données RGA reconstituées (en courbes discontinues)

Dans le cas du blé par exemple, cette méthode donne une bonne approximation des valeurs annuelles à l'échelle départementale. Pour le maïs fourrage en revanche, les courbes obtenues retracent les grandes tendances mais on voit qu'elles sous-estiment certainement les valeurs réelles, notamment dans le cas de la Manche sur la période 1988-2006. Enfin, dans le cas du pois, dont le pic maximal survenait entre deux RGA, il a fallu s'inspirer des courbes SAA pour appliquer des coefficients de variation différents de part et d'autre du maximum, survenu en 1992. Le calage a été bien réussi dans le cas de l'Orne, mais moins bien dans le cas du Calvados avec une surestimation importante des surfaces entre 1990 et 1997.

Enfin, dans le cas du colza, on a du également adapter les coefficients de variations aux courbes SAA. Cependant, il y a sans doute eu un problème de méthode car si le calage obtenu est relativement bon pour l'Orne jusqu'en 2000, il est nettement moins bon à partir de cette date, où il se met à sous-estimer fortement les surfaces réelles. Il en est de même pour le Calvados à partir de 1989. et même pour la Manche où les surfaces en colza sont pourtant très faibles. Cette sous-estimation des surfaces en colza, notamment sur la dernière période peut s'expliquer par une mauvaise utilisation des données SISA qui distinguent les surfaces en colza alimentaire et colza énergétique. Si seule la première catégorie a été prise en compte dans le calcul des surfaces en 2006, on peut alors expliquer cet important écart (qu'il faudrait donc corriger ultérieurement ou du moins prendre en compte dans l'interprétation des résultats finaux).

2) Ces données annuelles par culture et par canton ont ensuite moyennées par périodes homogènes. On obtient ainsi des tableaux présentant l'assolement cantonal « théorique » par

période.

3) Ensuite, comme les cultures ont été traitées séparément, il a fallu vérifier que la somme des surfaces obtenues (« TL théorique ») coïncidait bien avec la surface en terre labourable moyenne de chaque canton établie pour chaque période (« TL réelle »). On a ainsi pu obtenir un coefficient d'écart entre ces deux valeurs qui peut être compris entre 70% et 125%. Les écarts plus importants dans les cantons péri-urbains, mais également dans les cantons comportant beaucoup de colza.

4) L'étape suivante consistait à convertir ces surfaces brutes en pourcentages de surface moyens par culture et par période par rapport à la surface en Terres Labourables estimée pour chaque canton à chaque période. Ces pourcentages ont ensuite été corrigés par rapport au coefficient d'écart entre « TL réelle » et « TL théorique » afin de s'approcher au plus près des valeurs de TL obtenues à l'aide des RGA. De même, les surfaces en TL théorique et en STH ont été réajustées pour se rapprocher au mieux de la « SAU réelle calculée ». Avant correction, les écarts entre la SAU théorique et la SAU réelle atteignait 3,18% de moyenne et 18% d'écart-type. Après correction, cet écart n'était plus que de 0,53% et 1,42% d'écart type.

Les tableaux présentant les pourcentages de surfaces par canton et par période pour les principales cultures de Basse-Normandie ont ensuite été utilisés pour réaliser une typologie des systèmes de cultures dominants à l'échelle des cantons de Basse-Normandie afin de déterminer des zones homogènes sur lesquelles seront basées les tables concernant les cultures de la base de données (**Figure 24**).

2.3.2 Segmentations spatio-temporelles des activités agricoles en Basse-Normandie à l'échelle cantonale

Le traitement statistique de données possédant un aspect spatial doublé d'un aspect temporel présente des difficultés. La méthode classique de classification d'entités spatiales à plusieurs dates consiste le plus souvent à réaliser une ACP (Analyse en Composante Principale) suivie d'une CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) pour chacune des dates. Le problème de cette méthode est que l'on obtient une classification spatiale (un découpage) différente pour chaque date : les contours des classes obtenues ne sont pas les mêmes d'une date à l'autre, ils ne sont pas constants et ne permettent pas la comparaison de date à date.

Pour résoudre ce problème, une autre méthode a été mise en œuvre. L'analyse triadique partielle, ou PTA, permet d'obtenir lorsqu'elle est suivie d'une CAH une classification à la fois spatiale et temporelle des entités. Les cantons appartenant à une même classe se ressemblent du point de vue de l'occupation du sol à un moment, et évoluent parallèlement dans le temps.

a. Classification des cantons selon les systèmes de culture dominants

Cette classification a été réalisée en utilisant comme données d'entrée les pourcentages moyens des surfaces des cultures principales pour les 3 périodes définies par les experts lors des enquêtes (v. § 2.2). Nous avons conservé pour l'analyse les 12 cultures les plus représentées en Basse-Normandie, à savoir blé, orge, maïs grain, maïs fourrage, lin, betterave, pois, colza, prairie temporaire, pomme de terre, maraîchage et jachère, ramenées en % des terres labourables¹³.

Le nombre de classes retenues lors de la CAH était de 14, afin de se rapprocher du nombre de

¹³ Nous n'avons pas pris en compte les surfaces en prairies permanentes dans cette analyse car leur poids est tel dans l'assolement que l'analyse n'aurait fait ressortir qu'un gradient croissant des surfaces en herbe.

PRA présentes dans la région et de pouvoir éventuellement comparer la répartition des classes de cantons avec le maillage PRA.

Ces 14 classes ont été ordonnées selon un gradient croissant de leur proportion en grandes cultures (i.e. céréales et oléoprotéagineux + cultures industrielles (lin, betterave)) dans l'assolement vs cultures fourragères (prairies temporaires et maïs fourrage).

Ces classes peuvent être représentées sous forme graphique (**Figure 29**) et cartographique (**Figure 30**). La **figure 29** décrit sous forme graphique l'évolution temporelle de l'assolement au sein de chaque classe de cantons identifiée. Nous avons repéré 5 classes où dominant les cultures fourragères (classes 1 à 5), 4 classes où dominant les grandes cultures (classes 9 à 12), 3 classes mixtes (classes 6 à 8) et enfin 2 classes représentées par une forte présence de cultures maraîchères, que l'on retrouve également en proportion moindre dans les classes 3, 9 et 12.

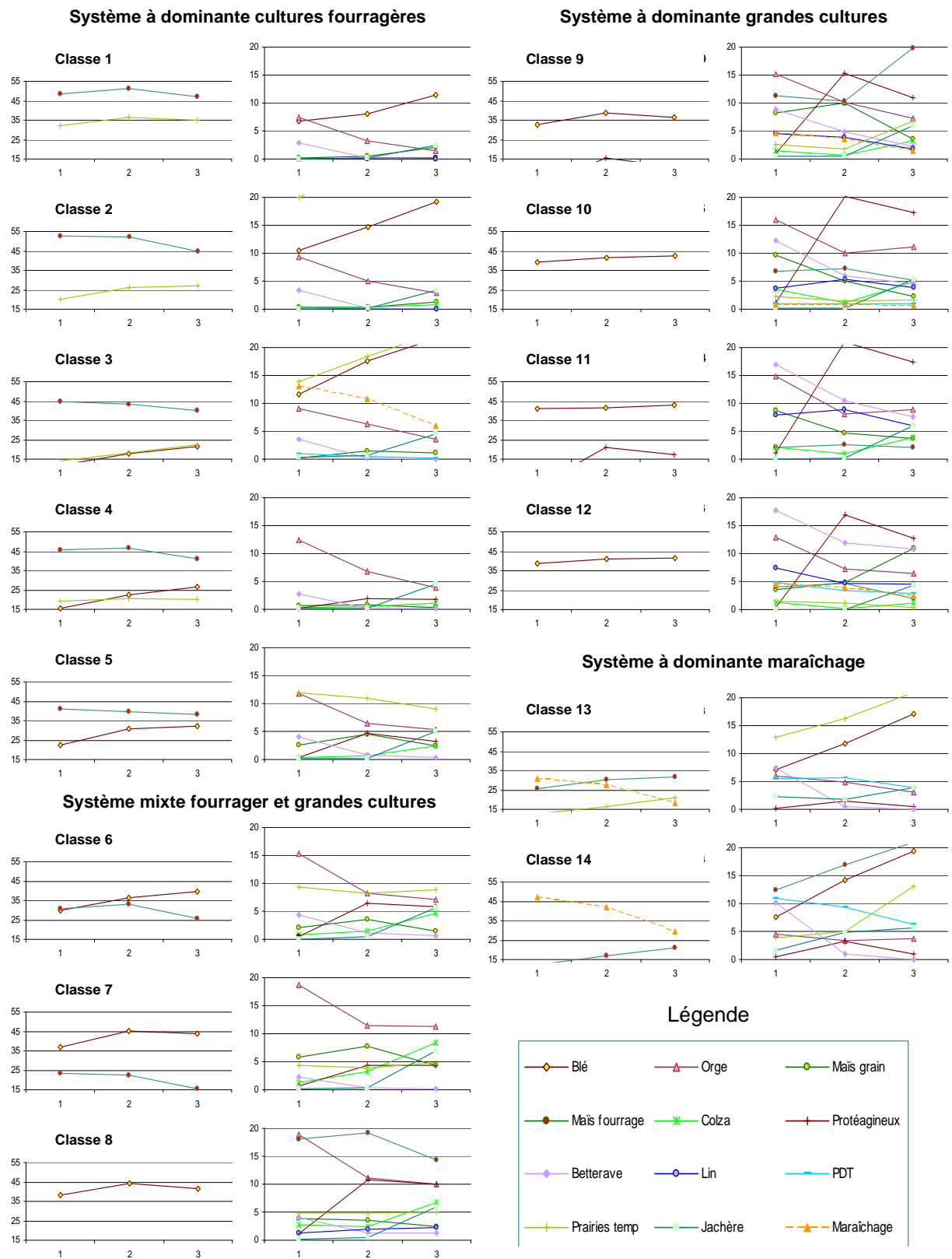


Figure 28 : Caractéristiques des classes obtenues par PTA sur l'assolement cantonal entre 1970 et 2006¹⁴.

¹⁴ En abscisse apparaissent les différentes périodes et en ordonnées les surfaces de cultures en pourcentage des terres labourables. Chaque classe est renseignée par deux graphiques avec des axes d'ordonnées différents afin de faciliter la visualisation.

Ceci montre donc que la Basse-Normandie comporte donc des systèmes de culture très diversifiés que l'on peut relier à des orientations technico-économiques allant de systèmes de production d'élevage pur, à d'autres orientés vers la polyculture-élevage ou les grandes cultures pures.

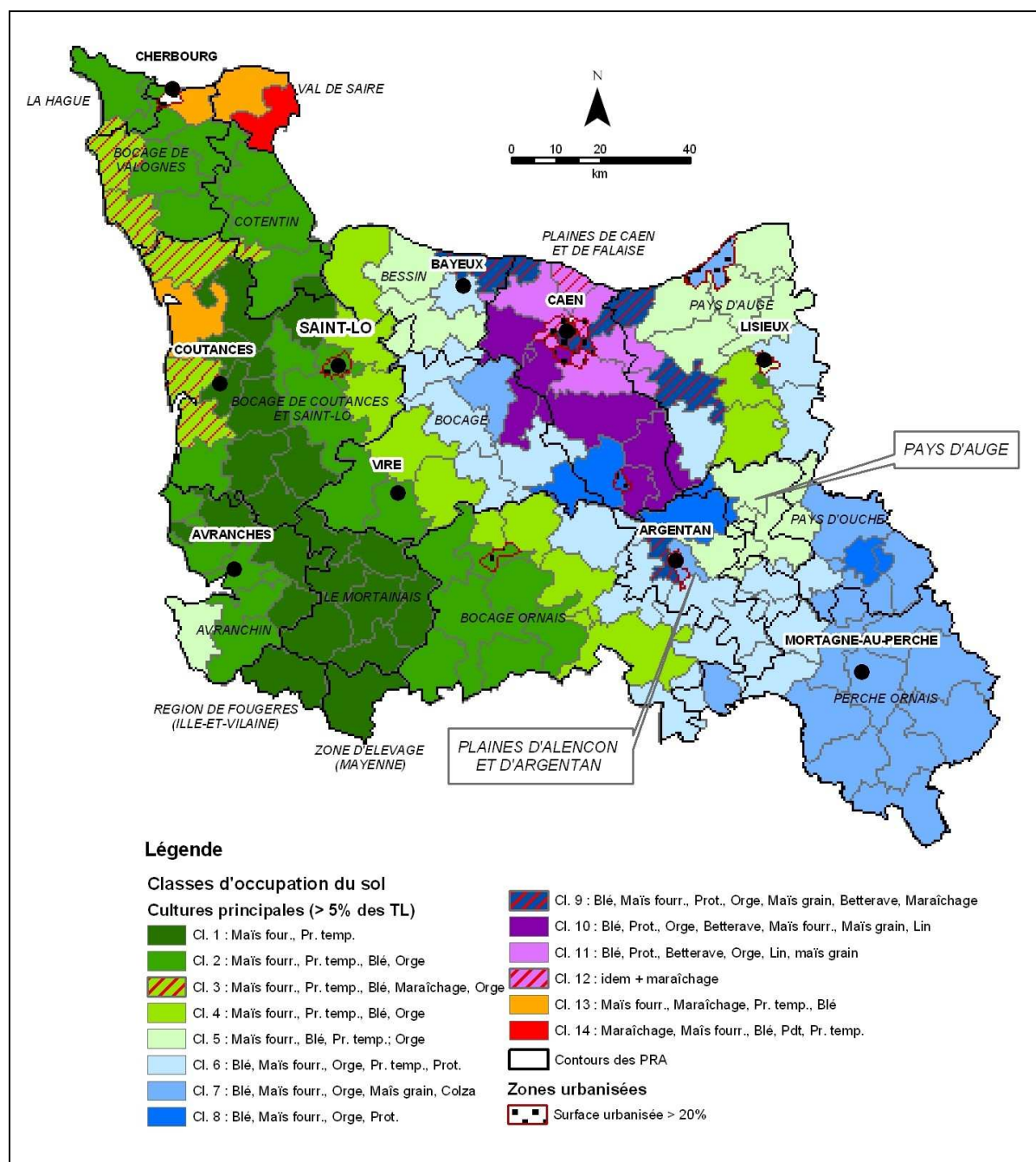


Figure 29 : Classification spatiale et temporelle des cantons en fonction de l'assolement entre 1970 et 2006

La cartographie de ces classes (**Figure 30**) montre que les activités agricoles ne sont pas réparties de manière aléatoire sur la zone d'étude, mais suivent au contraire un gradient croissant que l'on pourrait situer le long d'un axe Avranches-Caen. Le « noyau » de localisation des systèmes à dominante grandes cultures est localisé dans la Plaine de Caen et de Falaise, tandis que les systèmes à dominante cultures fourragères sont situés dans le département de la Manche, principalement dans les PRA du Mortainais et du Bocage de Coutances et de Saint-Lo. Ce

département présente en plus tous des cantons spécialisés en cultures maraîchères, situés en bordure maritime. Le département du Calvados présente donc des systèmes de culture plus diversifiés allant des grandes cultures pures au centre de la Plaine de Caen à des systèmes plus fourragers vers l'est (PRA Pays d'Auge) et vers l'ouest (PRA du Bessin ou du Bocage). Quant au département de l'Orne, il présente un gradient est-ouest avec plus de cultures fourragères à l'ouest (PRA du Bocage ornais) et plus de céréales à l'est (PRA du Perche ornais), mais reste globalement dans des systèmes assez intermédiaires typiques des zones de polyculture-élevage.

Concernant le maillage PRA, il présente globalement une bonne cohérence avec la typologie des systèmes de culture obtenue à l'échelle cantonale, hormis pour certaines PRA de « transition » comme les PRA du Bocage ou du Pays d'Auge (Calvados) ou celles comportant beaucoup de cultures maraîchères en bordure maritime comme celles de la Manche. Cependant, pour un niveau de généralisation plus élevé que celui que nous avons adopté dans cette étude, elles montrent encore leur pertinence.

b. Classification des cantons selon les systèmes d'élevage dominants

La méthodologie diffère légèrement de celle suivie pour les cultures puisque les données utilisées pour cette classification sont directement issues des données RGA de 1970 à 2000. Comme nous le verrons par la suite, ceci s'explique par le fait que cette classification, au contraire de la précédente, ne sera pas directement utilisée dans la base de donnée. Les traitements préalables par périodes n'étaient pas nécessaires car l'objectif était de visualiser l'évolution spatio-temporelle des systèmes d'élevage de Basse-Normandie et de la mettre en relation avec le découpage PRA.

Les données utilisées pour l'analyse sont d'une part, les surfaces fourragères (prairies permanentes, prairies temporaires et maïs fourrage), et d'autre part, les effectifs animaux (vaches laitières, autres bovins, vaches nourrices et équidés) rapportées à la SAU totale cantonale. Ces indicateurs donnent donc une idée de l'orientation du système fourrager et du chargement à l'hectare (que l'on peut, par approximation, exprimer en UGB¹⁵/ha) que l'on peut classer selon un gradient d'intensité.

Nous avons ici aussi cherché à obtenir un nombre de classes se rapprochant du nombre de PRA de la région. Le découpage obtenu contient 9 classes, théoriquement représentatives d'un type de système d'élevage.

La représentation sous forme graphique des différentes classes (**Figure 31**) fait ressortir l'évolution temporelle des surfaces fourragères et des troupeaux qui y sont liés. Le classement que nous avons choisi distingue, à gauche, les systèmes « peu intensifs » caractérisés par de faibles surfaces en maïs fourrage / prairies temporaires et des chargements généralement plus faibles (< à 0.8 UGB / ha) et à droite, des systèmes plus intensifs, avec fort développement des fourrages cultivés et des chargements élevés (> à 0.8 UGB/ha). Chacune des colonnes a ensuite été classée selon un gradient décroissant en % de prairies permanentes.

Parmi les constats généraux que l'on peut tirer de ces graphiques, le premier est que les surfaces en herbe (prairies permanentes) ont régressé partout depuis 1970, de même que la taille des troupeaux laitiers, notamment entre 1979 et 1988 (effet de la mise en place des quotas laitiers). Les effectifs « autres bovins » suivent par contre des trajectoires variées, allant de la régression à l'augmentation. Le deuxième constat est que les troupeaux laitiers sont généralement moins présents dans les systèmes plus extensifs que les autres bovins, et ce, dès 1970, alors que les effectifs étaient souvent égaux à la même période dans les systèmes « intensifs ». On peut donc faire l'hypothèse que les systèmes intensifs le sont devenus car ayant choisi une orientation majoritairement « lait », ils ont du adopter une trajectoire d'intensification pour maintenir cette

¹⁵ UGB : Unité Gros Bétail (la référence est la vache laitière en période de lactation)

production, avec remplacement des surfaces en prairies par des fourrages annuels.

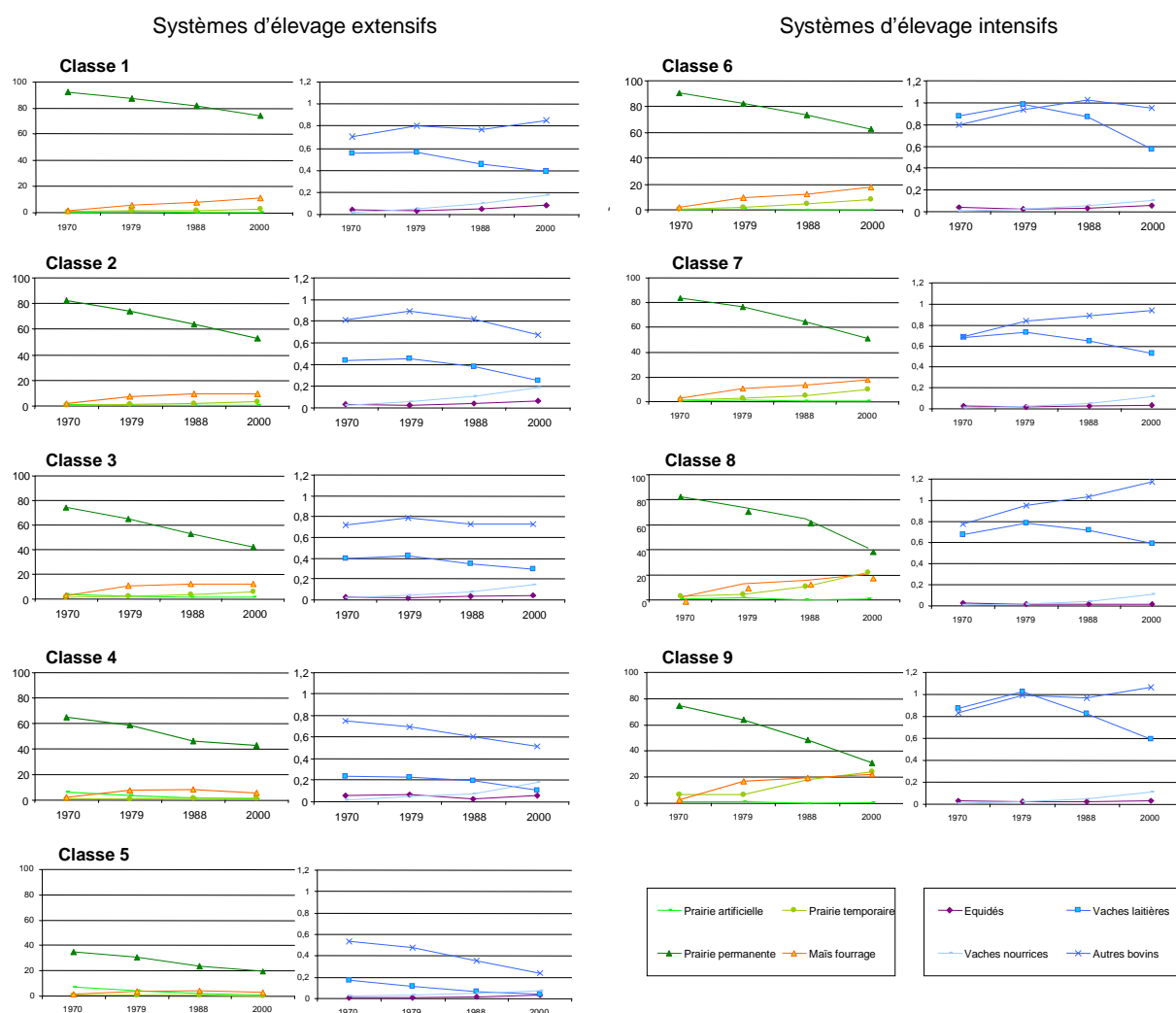


Figure 30 : Caractéristiques des classes de cantons selon leur système d'élevage (évolution temporelle des surfaces des différents fourrages et types d'animaux ramenés à la SAU des cantons)¹⁶.

En cartographiant les classes obtenues (**Figure 32**), on remarque à nouveau une certaine cohérence territoriale. Les systèmes « intensifs » sont surtout regroupés à l'ouest de la Basse-Normandie, qui subit sans doute une plus forte influence de la Bretagne. Dans le sud-ouest de la Basse-Normandie (PRA de l'Avranchin et du Mortanais), les surfaces en prairies ont chuté de 70-80% à 30-40% de la SAU en 30 ans, remplacées par environ 40% de SAU en maïs fourrage et prairies temporaires. Les chargements y sont très élevés et les effectifs hors VL sont en augmentation (classes 8 et 9). Plus au nord, les surfaces en prairies sont restées plus élevées et on trouve un mélange de systèmes plus ou moins intensifs (classes 1, 2, 3 et 6, 7) selon les orientations techniques majoritairement suivies par les agriculteurs des cantons. Cette zone regroupe la plupart de la Manche et la PRA du Bessin du Calvados.

Tout le reste de la Basse-Normandie est constitué de cantons entrant plutôt dans la catégorie

¹⁶ Chaque classe est décrite par deux graphiques : celui de gauche représente le pourcentage de chaque occupation du sol ramenés à la SAU pour chaque RGA. Celui de droite représente l'évolution du nombre d'animaux divisés par la SAU pour chaque RGA.

« systèmes d'élevage extensifs ». La PRA Plaine de Caen est logiquement la moins herbagère, mais malgré sa spécialisation en grandes cultures à forte valeur ajoutée (voir § précédent), elle comporte encore des surfaces non négligeables en prairies permanentes, soit entre 20 et 40% de la SAU (classes 4 et 5). Il y a donc un maintien de l'activité d'élevage, essentiellement allaitant. Elle est entourée à l'est par des systèmes d'élevage très herbagers de la PRA du Pays d'Auge (classe 1) où les effectifs bovins semblent bien se maintenir, et au sud et à l'ouest par des zones de transition qui correspondent à des systèmes de polyculture-élevage (classes 3 et 4). Le système fourrager est encore majoritairement basé sur l'herbe mais la concurrence avec les grandes cultures est forte, ce qui entraîne un retournement rapide des surfaces en prairies (Perche ornais, Plaine d'Alençon et d'Argentan).

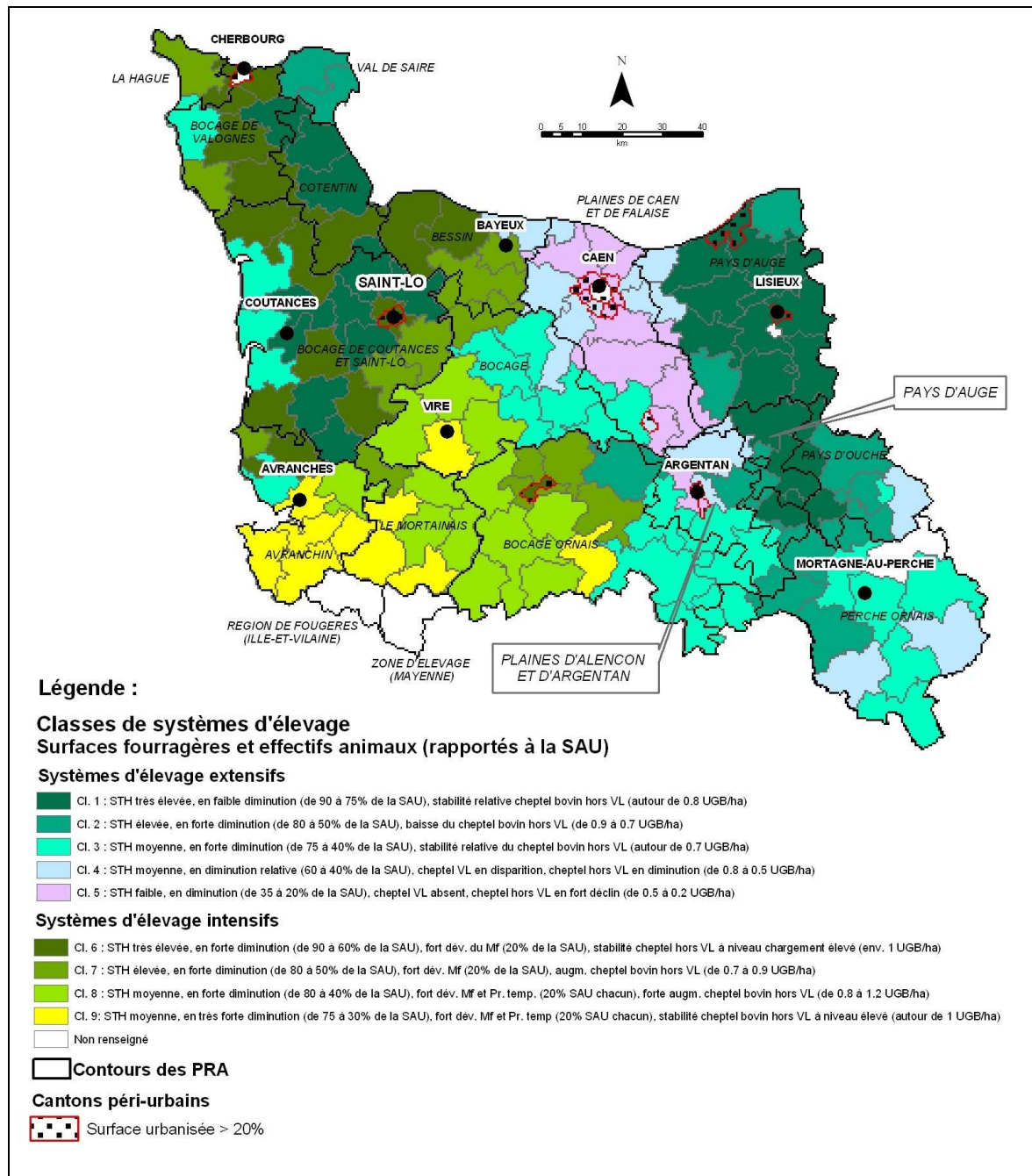


Figure 31 : Classification spatiale et temporelle des cantons selon leur système d'élevage (surfaces en productions fourragères et nombres d'animaux ramenés à la SAU totale des cantons).

Comme dans le cas précédent, la répartition des classes obtenues présente une bonne concordance avec les PRA, notamment dans le cas des PRA très herbagères comme le Pays d’Auge, le Cotentin, le Bocage de Valognes ou de Coutances. Dans les PRA de transition, on trouve évidemment une plus grande diversité de classes de cantons.

2.3.3 Reconstitution des successions de cultures par classes de cantons

Comme nous l’avons vu dans le § 2.1.2, l’information qui sera au final saisie dans la base de données ne sera pas directement la surface de chaque culture par canton et par période mais :

- dans la table « SURF_CANTONS » : les différentes surfaces cultivées (SAU, STL, TL) par cantons et par période ainsi que leurs pourcentages relatifs à la SAU, directement extraites des calculs précédents (§ 2.3.1).
- Dans la table « ZONAGES » : pour chaque canton, est indiqué le zonage homogène auquel il appartient. Concernant les cultures, chaque canton est repéré par une des 14 classes extraites par la typologie des systèmes de cultures dominants (§ 2.3.3).
- Dans la Table « CULT_SUCC_ITK » : pour chaque classe de canton et pour chaque période, on renseigne les successions de cultures principales avec leur pourcentage de surface par rapport aux Terres Labourables (% TL). Chaque ligne correspond à une culture de la succession caractérisée par son numéro d’ordre, son précédent et son pourcentage dans l’assolement (% de la succession / nb de cultures dans la succession).

C’est l’association de ces trois tables qui permet donc de reconstituer ultérieurement l’assolement moyen par canton et par période, en calculant le total des pourcentages de toutes les lignes représentant les mêmes cultures. Mais auparavant, il a fallu estimer les successions de cultures dominantes à faire figurer dans la BDD en combinant différentes sources d’information :

- La moyenne des pourcentages de surfaces cultivées par classe de canton et par période pour les principales cultures issue des traitements précédents (§ 2.3.1);
- Les règles de successions entre cultures extraites des données Teruti pour la période 77-2003 pour l’Orne et pour la période 1992-2003 pour l’ensemble de la Basse-Normandie.

On peut, pour cela, reprendre la méthode décrite dans le chapitre précédent pour extraire les triplets de cultures dominants d’un corpus de points Teruti (§ 1.2.2) en l’appliquant cette fois à la segmentation temporelle définie à dire d’experts. On obtient ainsi un nouveau fichier présentant les triplets de cultures par période et par PRA (v. Annexe 3) que l’on peut rapprocher des classes de cantons basées sur les occupations du sol majoritaires (Figure 30). On a représenté dans le tableau ci-dessous les correspondances possibles entre classes de cantons et PRA (**Tableau 8**).

Tableau 8 : Correspondance entre PRA et classes de cantons identifiées à l’échelle du département de l’Orne

PRA	NOM	Classe Culture dominante
61088	MERLERAULT (ORNE)	6
61351	PERCHE ORNAIS (ORNE)	7
61352	PAYS D’OUCHE (ORNE)	7
61353	PAYS D’AUGE (ORNE)	5
61354	BOCAGE ORNAIS (ORNE)	mélange 2, 4 et 6
61355	PLAINES D’ALENCON ET D’ARGENTAN (ORNE)	mélange 6 et 8

Après avoir extrait de ce fichier de triplets, les successions les plus caractéristiques par culture

tête de rotation, on cherche ensuite à déduire les pourcentages des surfaces occupées par chacune des successions présentes par période et par classe de canton de telle sorte que la somme des surfaces de chaque culture présente dans chaque succession s'approche au plus près des surfaces obtenues par les données d'assolement reconstituées.

Pour représenter un exemple concret de calcul des successions (**Tableau 9**), nous avons choisi la période 1 de la classe 7, qui correspond à la plupart des cantons de la PRA 61351 - Perche Ornais (**Figure 30**). Pour cette classe, avons mobilisé les données d'assolement moyen obtenues dans l'étape précédente (§ 2.3.1) que nous avons représentées à la gauche du tableau. Du côté des successions de cultures majoritaires, nous nous sommes appuyé sur le tableau complet des triplets de cultures pour la PRA 61351 extrait à partir des données Teruti de la période 1977-1983 (v., **Annexe 3**), qui est très représentative de la classe 7. Par simplification, nous n'avons retenu que les cultures les plus significatives (>2% des TL), de même pour les types de successions.

Tableau 9 : Méthode de calcul des successions majoritaires à partir de données sur l'assolement

Cultures	% TL	N°	Succession	% culture	% succ
Blé	36,9	1	Mg	5,8	5,8
Mais f	23,2	2	Avoine	6,3	18,9
Orge	18,7		Blé	6,3	
Avoine	6,3		Blé	6,3	
Mais g	5,8	3	Betterave	2,2	8,8
ptemp	4,3		Blé	2,2	
Betterave	2,2		Blé	2,2	
colza	1,4		Orge	2,2	
Pois	0,6	4	ptemp	4,3	12,9
lin	0,3		Blé	4,3	
pdt	0,2		orge	4,3	
jachere	0,1	5	Mais f	4	12
maraichage	0,1		Blé	4	
			Orge	4	
Total estimé	% TL	6	Mais f	5,5	22
Blé	36,3		Mais f	5,5	
Orge	18,5		Blé	5,5	
Mais f	23		Blé	5,5	
		7	Mais f	4	16
			Mais f	4	
			Orge	4	
			Orge	4	

Pour les cultures ne figurant que dans une seule succession (ici, maïs grain, betterave, avoine), le calcul est assez simple puisqu'on applique directement le pourcentage de la culture tête de rotation figurant à gauche à toutes les cultures de la succession. En faisant le total pour toute la succession, on obtient alors le « poids » de la succession qui figurera dans la base de données. Pour les cultures figurant dans plusieurs successions comme ici le blé, l'orge ou le maïs fourrage, il faut procéder par « ajustements successifs », de telle sorte que le total des pourcentages de ces trois cultures dans toutes les successions s'approche au plus près de la valeur calculée en amont.

Comme le montre le tableau ci-dessus (en bas à gauche), le total final estimé des surfaces en blé, orge et maïs fourrage est très proche de celui qui avait été calculé au-dessus. Mais il s'agit donc d'un calcul qui doit être effectué manuellement pour chacune des périodes des 14 zones

identifiées, soit 42 calculs individuels. On comprend donc qu'il soit nécessaire de passer par une classification des cantons ayant un assolement proche, avec des dynamiques similaires dans le temps, pour éviter d'avoir à faire les mêmes calculs à l'échelle des 150 cantons que compte la zone d'étude.

Pour toutes les classes de cantons correspondant à des types présents dans l'Orne (à savoir les classes 2, 4, 6, 7 et 8), on pouvait donc s'aider des extractions de Teruti pour les PRA du département de l'Orne pour chacune des 3 périodes. Il s'avère en effet que de nombreuses classes de cantons se retrouvent en partie dans l'Orne, hormis les plus contrastées (**Figure 30**) : d'une part, celles qui sont basées uniquement sur le maïs fourrage et les prairies temporaires de la Manche, et d'autre part, celles basées essentiellement sur les grandes cultures de la Plaine de Caen. Pour ces dernières, nous disposons des indications données d'une part par les extractions Teruti à l'échelle de toutes les PRA de Basse-Normandie sur la période 1993-2002 et d'autre part des données plus anciennes des PRA voisines de l'Orne. Comme les règles agronomiques varient assez peu d'une PRA à l'autre, nous avons pu ainsi compléter les informations manquantes.

La démarche proposée dans ce chapitre montre donc qu'il est d'une grande complexité de chercher à représenter l'évolution des pratiques agricoles sur des échelles de temps et d'espace aussi vaste. Cependant, la précision de l'unité spatiale élémentaire, à savoir le canton, ainsi que la richesse des données disponibles sur l'assolement permet d'avoir déjà une bonne approche de l'évolution de l'occupation des sols dans le temps.

Ensuite, les différentes segmentations spatio-temporelles réalisées, tant pour les cultures que pour les systèmes d'élevage, sont des résultats en soi, qui peuvent avoir leur utilité pour décrire les caractéristiques de l'agriculture bas-normande sans forcément servir à la constitution de la base de données.

Enfin, la volonté de superposer deux zonages dans la BDD, l'un pour décrire le plus finement possible la localisation des cultures, l'autre pour représenter les zones d'ITK, plutôt que de tout ramener à l'échelle d'un même maillage spatial (PRA ou autre) montre un réel souci de s'approcher au mieux de la complexité de la réalité. On peut en dire autant du travail de transformer l'assolement moyen d'une classe de cantons en successions de cultures dominantes, en se basant sur les règles agronomiques extraites des données Teruti.

Cependant, cette démarche présente quelques gros biais. Autant pour le zonage, il a été prévu et mis au point que les zonages relatifs à la répartition des cultures n'étaient pas forcément compatibles avec ceux relatifs à l'itinéraire technique, autant pour la segmentation temporelle, de double découpage n'a pas été prévu. En effet, nous avons pu vérifier que la segmentation en périodes homogènes définie par les experts pouvait avoir un sens en terme de dynamique des surfaces cultivées, mais rien ne permet ici de dire que cette segmentation a une signification en terme d'évolution des ITK. En effet, si on voulait vraiment définir des périodes homogènes sur les ITK, il faudrait trouver une segmentation différente non seulement par culture, mais également par poste décrivant l'ITK (travail du sol, fertilisation etc.). En effet, rien ne permet de dire que la fertilisation a connu les mêmes seuils en terme d'évolution que le travail du sol, par ex.

Il faudrait donc, pour améliorer la description des ITK dans le temps, définir des segmentations temporelles adaptées à chaque situation, ce qui serait très fastidieux et sans doute inutile en terme de précision des données, vu le principal biais à notre étude qui est, selon moi, la faiblesse des sources d'information sur les ITK. Faiblesse qui est encore relativement limitée sur les périodes récentes (à partir de 1990) en raison de la disponibilité des enquêtes « pratiques culturales » du SSP, qui même si elle sont lacunaires permettent cependant d'obtenir des ordres de grandeur intéressants pour quelques cultures, et de la possibilité de pouvoir enquêter encore de nombreux experts en activité.

En effet, l'impératif de cette étude qui était de remonter aux années 70 limitait considérablement le nombre de personnes disponibles pour les enquêtes. Il n'y a donc pas eu de croisement d'enquêtes permettant de valider les données enregistrées dans la base. Si le temps imparti à cette étude avait été plus long, il était prévu d'organiser une réunion avec les différents experts enquêtés afin de leur présenter les premiers résultats et de leur permettre d'interagir entre eux afin d'améliorer la précision des résultats. Cette démarche aurait permis dans doute d'améliorer la représentation des dynamiques temporelles des ITK par culture mais surtout la cohérence spatiale de ces ITK entre régions voisines.

Il s'agit d'une piste à explorer pour améliorer cette méthode qui est encore exploratoire et qui gagnerait sans doute à évoluer. Mais il n'en reste pas moins qu'il est très difficile de trouver une méthode et des sources d'information fiables pour retranscrire des pratiques agricoles remontant à une quarantaine d'années...

3 Extractions de la base de données et validation des résultats

Après avoir décrit la méthode de conception de la BDD, nous allons maintenant chercher à en représenter le contenu. L'objectif est à la fois de représenter les résultats qu'elle contient, sous forme graphique ou cartographique, mais également de pouvoir en valider ou critiquer le contenu.

3.1 Extraction des surfaces cultivées

3.1.1 Les surfaces cultivées par département

La méthode de calcul des surfaces cultivées moyennées par période pour chacune des unités spatiales de la base de données a nécessité de nombreuses étapes intermédiaires qui peuvent être une source d'erreurs. Nous avons voulu valider la méthode utilisée et les résultats obtenus à l'échelle départementale en croisant d'une part :

- les résultats de la base de données concernant les surfaces cultivées à l'échelle des départements de Basse-Normandie (SAU, STH, TL, ainsi que les différentes cultures) ;
- les surfaces moyennées par période et par département issues des sources statistiques existantes (données RGA interpolées entre 1970 et 1988, puis données SAA) indiquant les surfaces totales des exploitations agricoles (exclusion de la SAU non agricole). Pour les différentes cultures, nous avons choisi de représenter d'une part les estimations issues des RGA et d'autres part issues des données SAA car il peut y avoir des écarts importants entre ces deux sources d'information.

Le graphique suivant (**Figure 33**) montre un ajustement parfait pour la SAU des exploitations et parfois un très léger décalage pour les surfaces en herbe et les terres labourables (au maximum 9% d'écart entre les deux sources d'information).

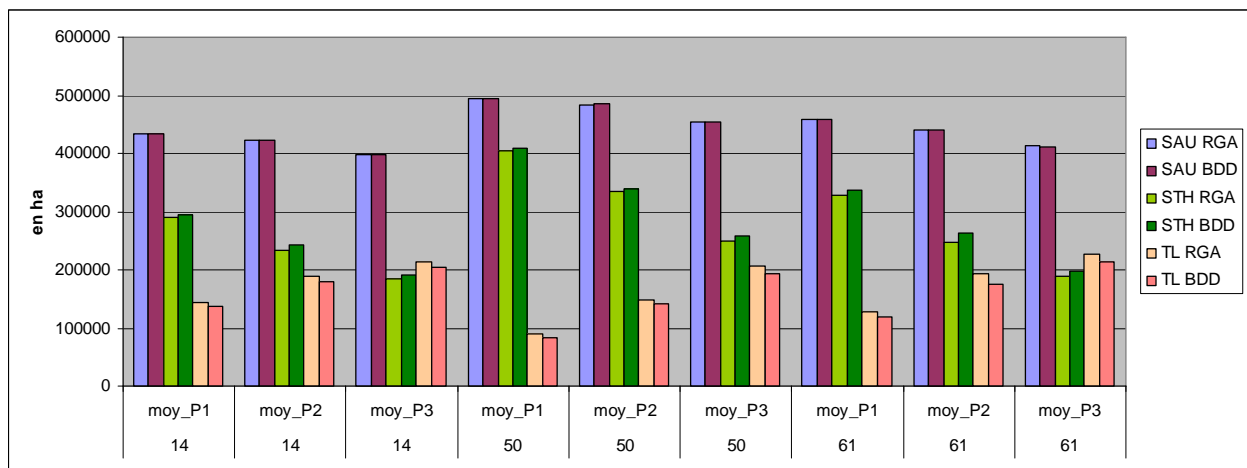


Figure 32 : Comparaison par période et par département des surfaces cultivées (SAU, STH et TL) issues de la base de données « Bocages normands » et des statistiques agricoles disponibles

En ce qui concerne les principales cultures (**Figure 34**), les extractions de la base de données montrent une bonne adéquation avec les données statistiques pour le blé et l'orge. Pour le maïs grain, les estimations sont relativement bonnes pour le Calvados et l'Orne sur la période 1 et 2, mais relativement mauvaises pour la Manche pour toutes les périodes et pour l'Orne sur la dernière période.

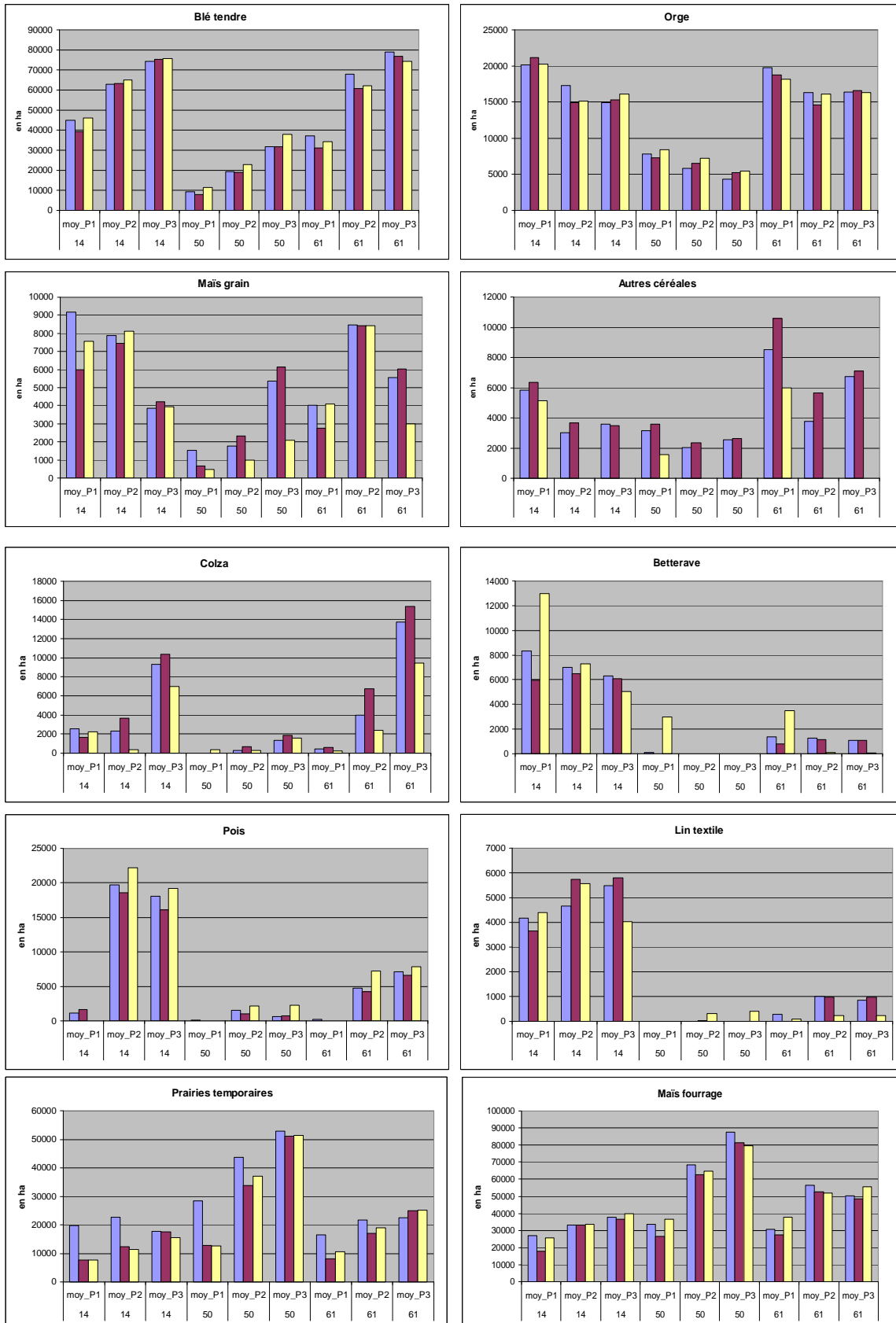


Figure 33 : Comparaison par période et par département des surfaces en cultures issues de la base de données « Bocages normands » et des statistiques agricoles disponibles (à gauche, données SAA, au milieu, données RGA extrapolées, à droite, données issues de la BDD)

Concernant les autres céréales (avoine essentiellement), pour des raisons de simplification, la base de données ne prend en compte cette culture que sur la première période et elle y est souvent sous-estimée. Pour ces deux dernières cultures, on peut considérer que le biais n'est pas trop important car il s'agit de cultures dont les surfaces ne sont pas très représentatives.

Concernant les cultures industrielles, on constate des biais nettement plus importants :

- le colza est très nettement sous-estimé dans la base de données et ce, pour les 3 départements. Sur la période 3, cela peut s'expliquer par une non prise en compte des surfaces en gel industriel dans le calcul des surfaces totales en colza en 2006 (v. § 2.3.1). Pour la période 2, cela provient plutôt d'une erreur au moment de l'interpolation des données pour représenter l'évolution annuelle par canton.
- La betterave semble très largement surestimée dans la base de données pour la période 1 (surface multipliée par 2 ou par 3, voir plus dans la Manche). Ceci s'explique *a posteriori* par le fait que les données figurant dans la base incluent la betterave fourragère qui couvrait d'importantes surfaces dans les années 70 (plus de 500 ha en 70 dans la Manche et le Calvados, 3500 ha dans l'Orne), alors que les données SAA et RGA ne comptabilisent que la betterave sucrière. Les surfaces en betterave sont ensuite plutôt sous-estimées, notamment dans l'Orne où les surfaces deviennent presque nulles à partir de la période 2.
- Le pois est relativement bien estimé dans la base de données mais cependant en légère surestimation ; il peut s'agir d'une « compensation » provenant des surfaces déficitaires en colza.
- Le lin textile présente une bonne estimation dans le Calvados sur la période 1 et 2 mais est fortement sous-estimé pour la période 3. Pour les deux autres départements, les estimations ne sont pas très bonnes mais portent sur des surfaces très faibles.

Pour les cultures fourragères, on obtient plutôt une bonne estimation de la base de données par rapport aux données statistiques :

- pour les prairies temporaires, l'ajustement est très bon avec les données RGA qui sont très différentes des données SAA ;
- pour le maïs fourrage, l'ajustement est en général meilleur avec les données SAA que RGA.

3.1.2 Les surfaces cultivées par canton

Après avoir examiné les grandes tendances à l'échelle départementale, il était également possible de comparer les résultats issus de la BDD à l'échelle cantonale. Pour cela, nous avons extrait les pourcentages de surfaces cultivées par culture et par canton pour les trois périodes figurant dans la base de données et nous les avons comparés aux données statistiques qui étaient les plus proches de ces valeurs calculées. En effet, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, les étapes ont été nombreuses pour transformer les données RGA et RPG de 1970 à 2006 en données cantonales synthétiques, ce qui explique que ces données ne soient pas directement comparables.

Cependant, en guise de validation, il est possible de rapprocher la carte de la période 1970-1983 de la carte du RGA 1979, la carte de la période 1984-1993 de celle du RGA 1988, et enfin la carte de la période 1994-2006 de celle du RA 2000. Pour faciliter la comparaison entre cartes, nous avons utilisé les mêmes légendes pour chacune des cultures équivalentes. Nous présentons ci-dessous les cultures par ordre décroissant dans la SAU de la Basse-Normandie.

- o Les prairies permanentes :

Elles représentent 53% de la SAU de Basse-Normandie en 2000, mais près de 80% en 1970. Il s'agit donc de loin de la principale occupation du sol de cette région. Le paragraphe précédent a montré que le calage est très bon à l'échelle départementale, avec des variations entre la source et la BDD inférieures à 7%. A l'échelle cantonale, le calage semble très bon également car la plupart des cantons se retrouvent dans la même classe cartographique entre données sources et données traitées (**Figure 35**). Cela peut s'expliquer par le fait que la BDD traite les prairies permanentes séparément des autres cultures et peut donc conserver des surfaces très proches des sources utilisées. De plus, comme leur décroissance a été globalement linéaire au cours du temps, les moyennes calculées par période risquent donc moins d'être biaisées que celles de cultures ayant connu de brusques variations au cours du temps. Pour les cultures annuelles, il y a en plus la difficulté de devoir résumer l'assolement sous forme de successions de cultures majoritaires, problème qui n'existe pas pour les prairies permanentes.

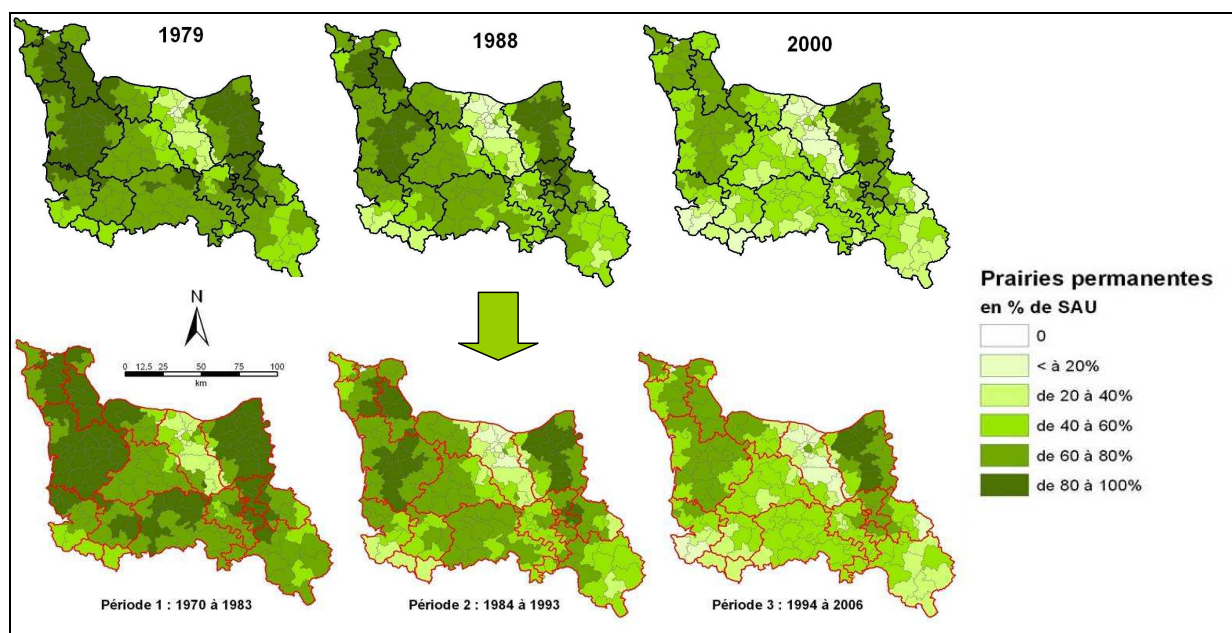


Figure 34 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en prairies permanentes de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

- o Le blé tendre :

Cette culture représente en 2000 13.5% de la SAU de la Basse-Normandie, alors qu'elle n'en représentait que 5% environ dans les années 70. Il faut donc vérifier que la BDD prend bien en compte ces évolutions. Le diagramme par département (Figure 34) montrait une légère surestimation des valeurs pour la Manche. Ceci s'explique en effet par un léger biais de la BDD attribuant aux cantons littoraux de la Manche des surfaces en blé supérieures à ce qu'elles devraient être. Ce biais semble lié à la classe 3 de la typologie des cantons basée sur les occupations du sol présentée dans le § 2.3.2). Il faudrait donc corriger dans la BDD spécifiquement cette classe-là, car le reste des cantons est très bien représenté.

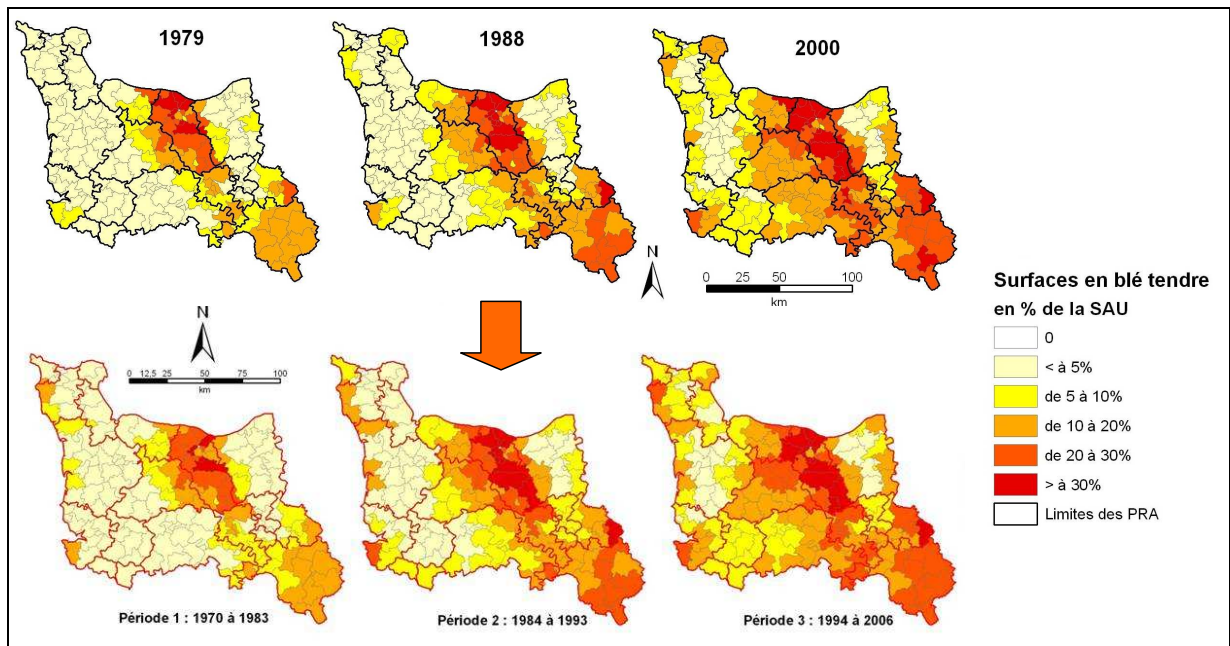


Figure 35 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en blé tendre de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

- Le maïs fourrage :

Il s'agit également d'une des principales cultures présentes en Basse-Normandie, car il représente 12% en 2000, alors qu'il n'en représentait que 2% environ en 1970. D'après le graphique comparant les données départementales (**Figure 34**), il semble que la BDD surestime globalement les surfaces en maïs fourrage durant la 1ère période, mais que ce biais (moins important si on compare aux données SAA) s'atténue par la suite.

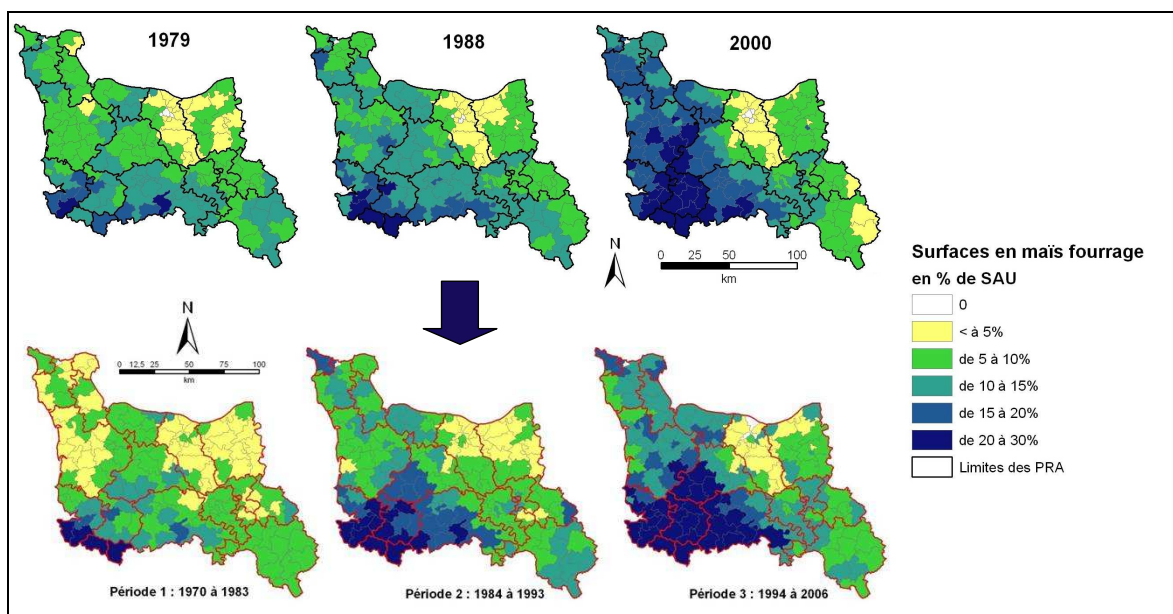


Figure 36 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en maïs fourrage de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

Paradoxalement, on constate plutôt sur les cartes ci-dessous (**Figure 37**) une sous-estimation globale des surfaces en maïs par la BDD, qui peut s'expliquer par les méthodes de calcul des valeurs annuelles (**Figure 28**) qui tendent à lisser les fortes fluctuations qu'a connu le maïs fourrage au cours du temps. Il peut donc y avoir parfois un important décalage entre les valeurs d'une année précise indiquée par le RGA et celles lissées et moyennées de la BDD. Néanmoins, les gradients sont globalement respectés. Sur les périodes suivantes, on note une assez forte sous-évaluation des valeurs pour le nord de la Manche (on retrouve à nouveau les cantons de la classe 3) et l'ouest de l'Orne et du Calvados.

- o Les prairies temporaires :

Elles représentent autour de 7% de la SAU de la Basse-Normandie en 2000 et autour de 2% en 1970. Le graphique des données départementales (**Figure 37**) montre globalement un bon ajustement entre le RGA et la BDD. En revanche, l'écart est important entre les sources RGA et SAA en 1970-1980. Les cartes ci-dessous (**Figure 38**) montrent une légère sous-estimation des surfaces en prairies temporaires par la BDD, même si les ordres de grandeur et les gradients sont respectés (on retrouve à nouveau des biais importants sur les cantons de la classe 3).

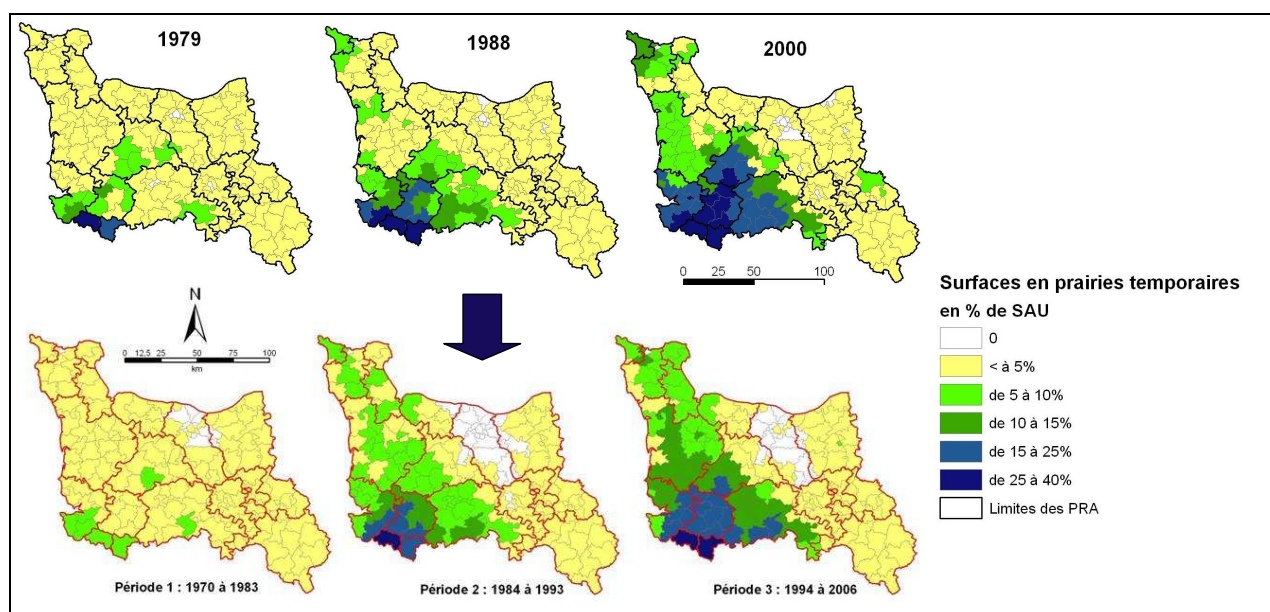


Figure 37 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en prairies temporaires de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

- o L'orge :

L'orge représente environ 3% de la SAU de la Basse-Normandie en 2000, et près de 4% en 1970. Cette stabilité se retrouve à la fois sur les graphiques départementaux (**Figure 34**) et sur les cartes ci-dessous (**Figure 39**). La forte baisse qu'ont connues les surfaces en orge en 1988 ne se retrouve pas sur la carte de la période 1984-1993 en raison du fort lissage des valeurs sur cette période.

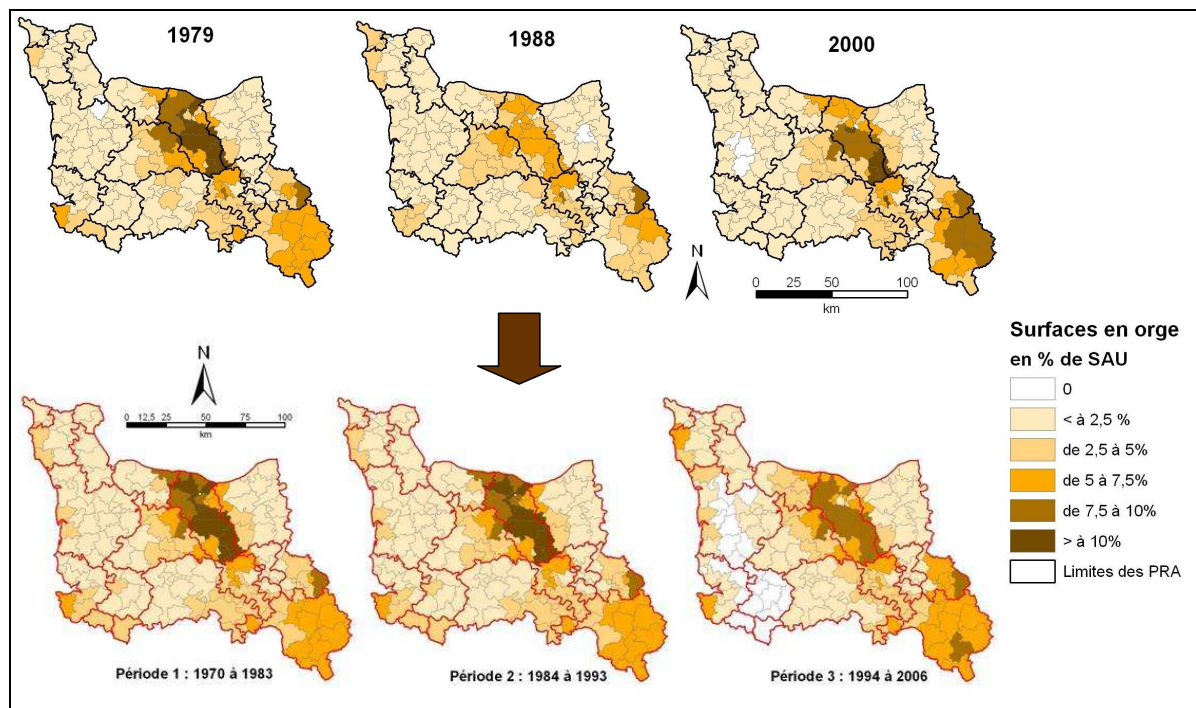


Figure 38 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en orge de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

○ Le colza :

Insignifiant en 1970, il est devenu une des cultures importantes de Basse-Normandie en 2000, avec 2% de la SAU. Il s'agit d'une des cultures les plus biaisées par la BDD, comme le montre le graphique à l'échelle départementale (**Figure 34**), avec une sous-estimation par la BDD d'un tiers à 2/3 des surfaces départementales sur les périodes 2 et 3.

Les raisons de cet important décalage ont été expliquées en § 2.3.1 et ce décalage se retrouve logiquement au niveau des cartes. Les écarts les plus importants concernent les départements du Calvados et de l'Orne dans lesquels les surfaces en colza sont les plus importantes. En revanche, dans la Manche, les surfaces en colza semblent plutôt sur-représentées, en raison notamment des biais dans les cantons de la classe 3.

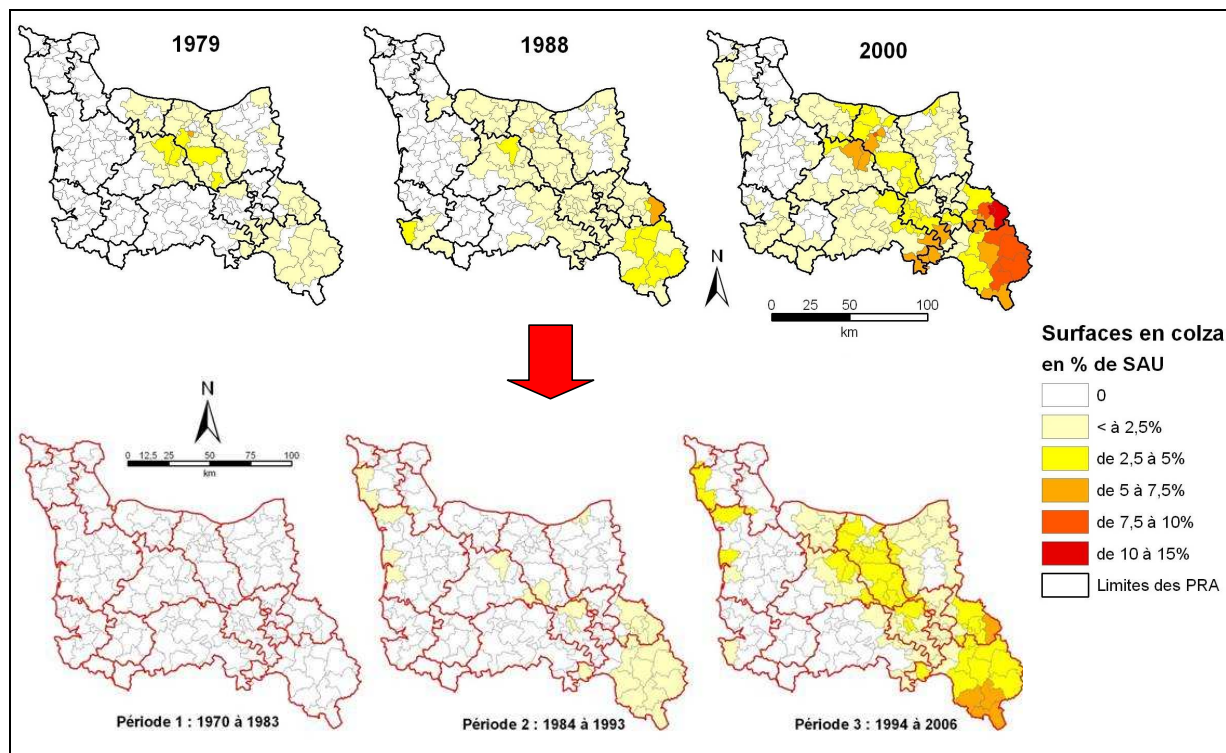


Figure 39 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en colza de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

- Les protéagineux :

Les surfaces en protéagineux atteignent près de 2% de la SAU de Basse-Normandie en 2000. A l'échelle départementale, on note une tendance à une surestimation de ces surfaces par la BDD qui peut être de moyenne à forte (**Figure 34**). Il est possible que ce biais soit apparu dans les calculs pour compenser le déficit de surface en colza.

En revanche, ce biais n'est pas très visible sur les cartes ci-dessous (**Figure 41**), qui retracent bien la localisation des surfaces et leur évolution, hormis sur la 1ère période, où les surfaces en protéagineux ont été considérées comme insignifiantes dans la BDD, de même que dans de nombreux cantons de la moitié ouest de la Basse-Normandie (sauf ceux de la classe 3 qui sont surestimés).

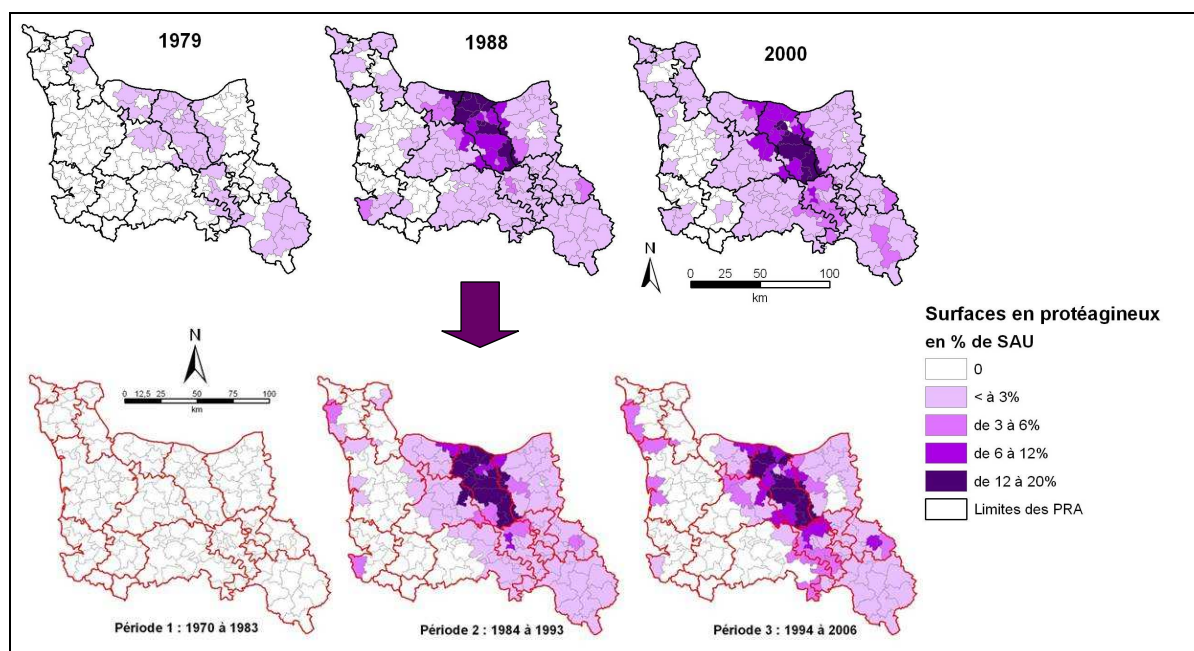


Figure 40 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en protéagineux de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

- Le maïs grain :

Avec 1% de la SAU de la Basse-Normandie en 2000, le maïs grain compte parmi les cultures plus anecdotiques de la région. Les graphiques de comparaison à l'échelle départementale (**Figure 34**) ont montré que l'estimation de la BDD était correcte pour le Calvados, mais très mauvaise pour l'Orne (période 3) et la Manche (période 2 et 3).

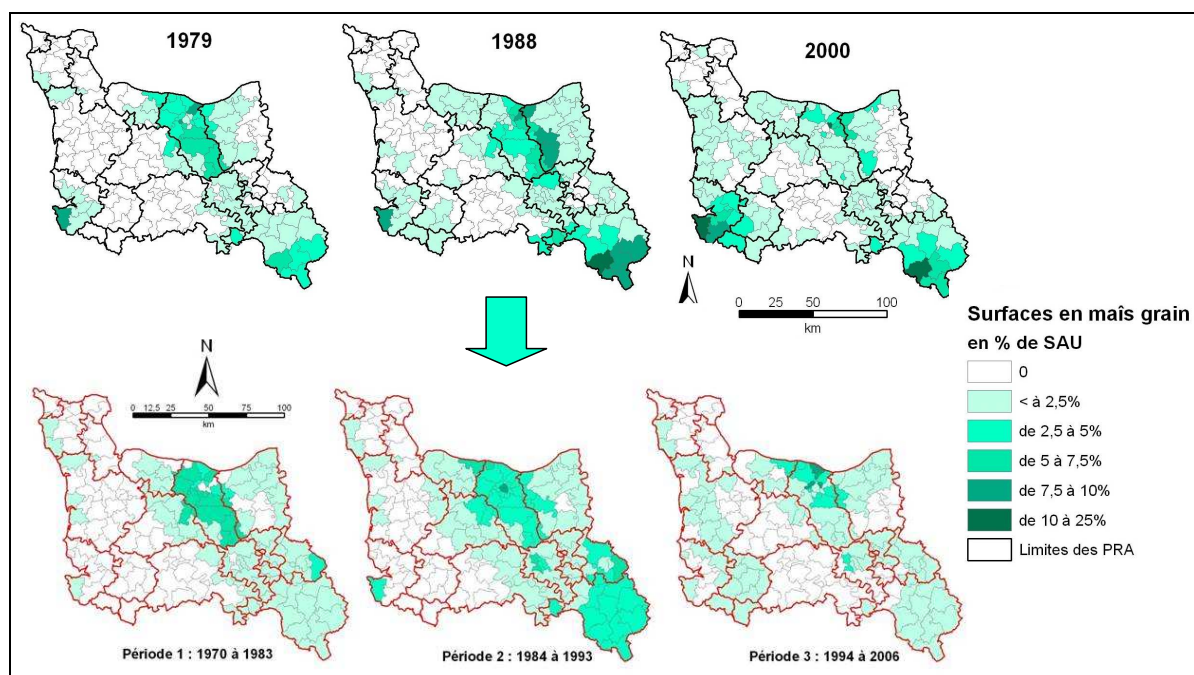


Figure 41 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en maïs grain de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

Ceci se retrouve nettement au niveau des cartes ci-dessous (**Figure 42**), montrant un fort déficit au niveau de l'Avranchin et du Perche Ornais.

o Les autres céréales :

Les autres céréales (à savoir essentiellement l'avoine) ne représentent que 0.7% de la SAU de la Basse-Normandie en 2000. Elles étaient légèrement inférieures à 2% en 1970. On note sur les cartes ci-dessous (**Figure 43**) et sur le graphique à l'échelle départementale (**Figure 34**) que les surfaces en autres céréales, jugées trop faibles, ont été volontairement écartées lors de la constitution de la BDD pour les périodes 2 et 3. Pourtant, les différentes sources d'information montrent que celles-ci n'ont pas disparu, bien au contraire : elles se sont maintenues en 1988 et 2000 et tendent même à croître à nouveau au cours des années 2000. Par ailleurs, le graphique montre que les estimations de la BDD pour la 1^{ère} période sont relativement bonnes pour le Calvados, mais assez voire très mauvaise pour l'Orne et la Manche, ce qui n'est pas forcément visible sur la carte ci-dessous, sauf au niveau de la Hague.

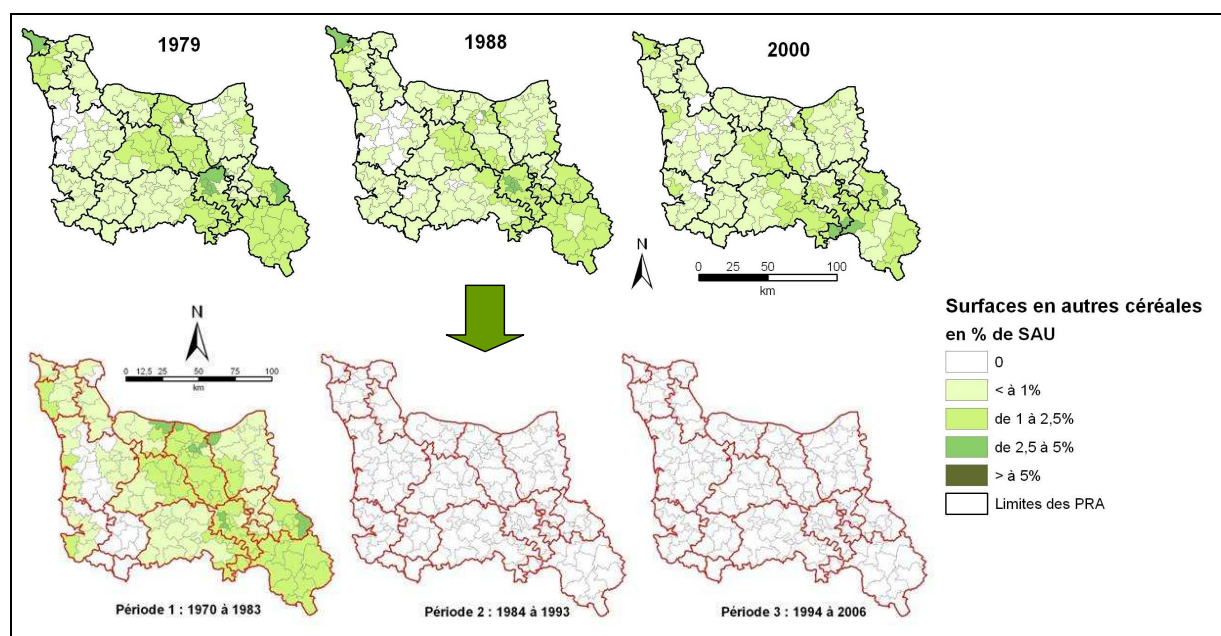


Figure 42 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en autres céréales de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

o La betterave :

La betterave ne couvre que 0,5% de la SAU de la Basse-Normandie en 2000, car elle est localisée essentiellement dans la Plaine de Caen. Le graphique montrant les tendances départementales (**Figure 34**) indique que, par souci de simplification, la construction de la BDD a écarté les surfaces en betterave des départements où elles sont extrêmement faibles (Orne, Manche) pour les périodes 2 et 3. Concernant la 1^{ère} période, elle montre des sur-estimations importantes des surfaces betteravières qui ont été expliquées § 3.1.1 et qui correspondent aux surfaces en betteraves fourragères qui ont disparu par la suite. Les cartes ci-dessous (**Figure 44**) sont donc concordantes sur l'importante concentration des surfaces sur la Plaine de Caen. En revanche, elles montrent des différences sur les surfaces plus diffuses, réparties d'après la BDD sur toute la Basse-Normandie sur la 1^{ère} période (présence de la betterave fourragère), et sur la moitié est de la région d'après le RGA 1988 et 2000 (présence de betterave sucrière).

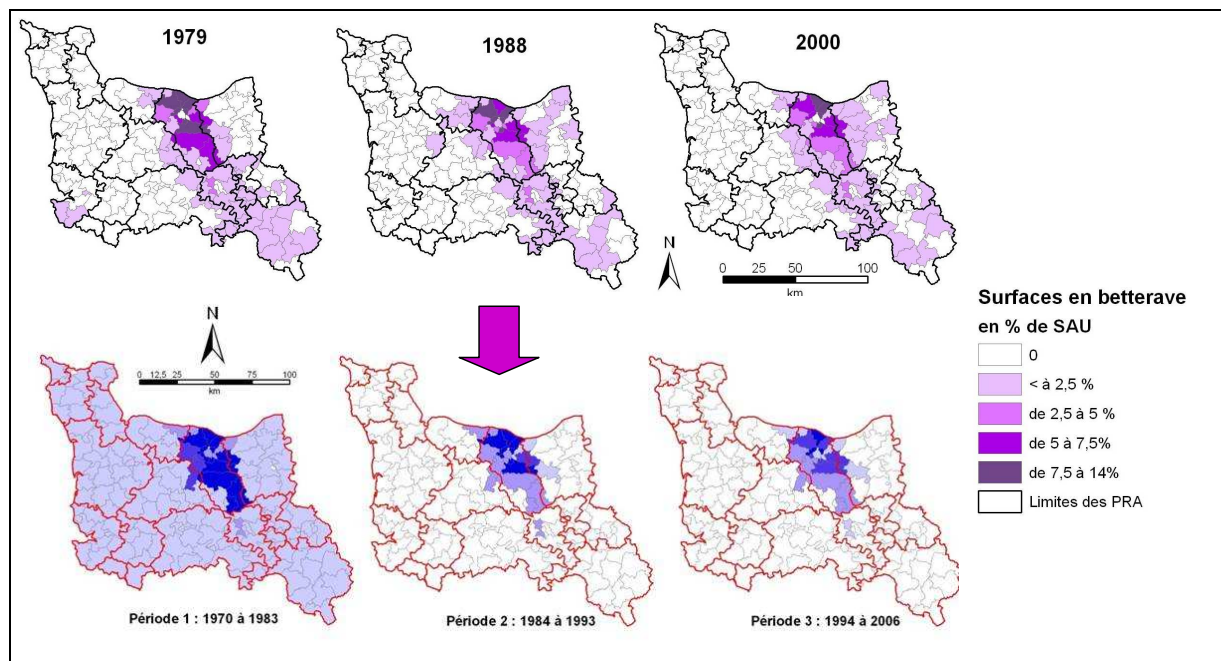


Figure 43 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en betteraves de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

○ Le lin textile :

Il s'agit également d'une culture peu répandue à l'échelle de la région, puisqu'il ne représente que 0.4% de la SAU en 2000. En revanche, comme la betterave, il est très présent sur la Plaine de Caen. Le graphique par département (**Figure 34**) montre que les surfaces du Calvados sont globalement bien estimées, sauf pour la période 3, que les surfaces présentes dans l'Orne durant les périodes 2 et 3 sont très largement sous-estimées, tandis que celles de la Manche sont légèrement surestimées.

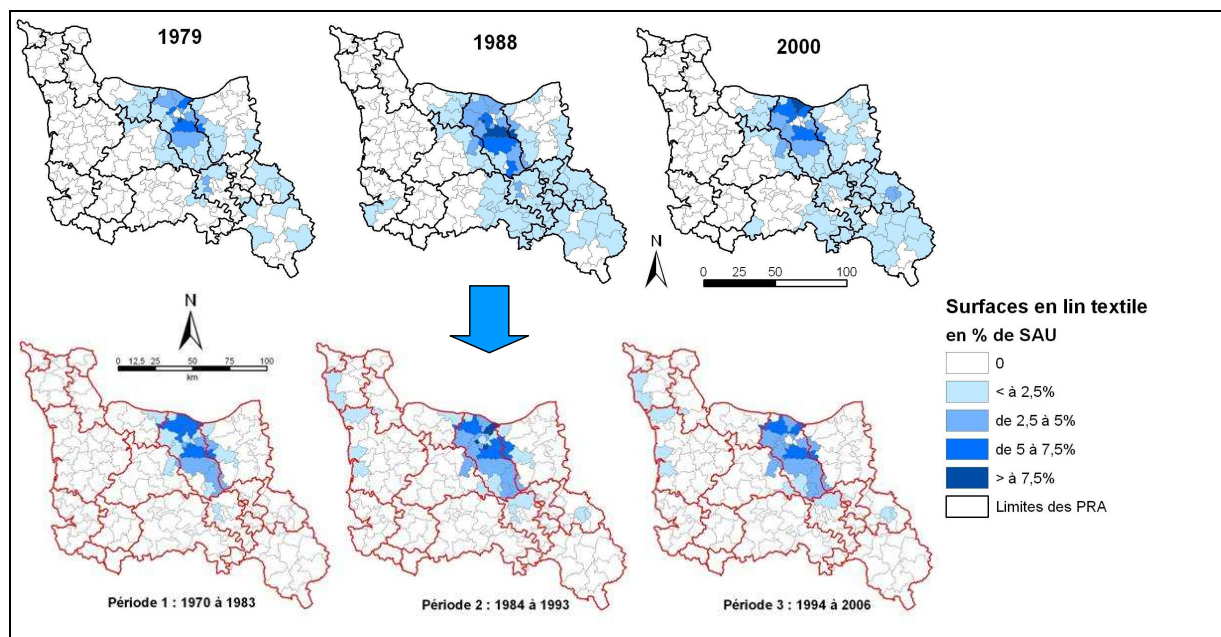


Figure 44 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en lin textile de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

Cela est lié, comme le montrent les cartes ci-dessus (**Figure 45**) à un défaut de construction de l'assolement des cantons de la classe 3 (littoral de la Manche). En dehors des zones de répartition diffuse (<2.5%), la répartition des cantons les plus représentatifs de cette culture est bien respectée.

○ Les légumes :

Les légumes représentent des surfaces très faibles à l'échelle de la région, mais très localisées dans l'espace à quelques cantons, essentiellement situés sur le littoral de la Manche. Les cartes ci-dessous (**Figure 46**) montre que la BDD n'a conservé que 3 cantons dans lesquels les surfaces en légumes sont fortes (bien que sous estimées par rapport aux données RGA). Logiquement, on retrouve à nouveau un biais important sur les cantons de la classe 3 dans lesquels les surfaces en légumes ont été négligées.

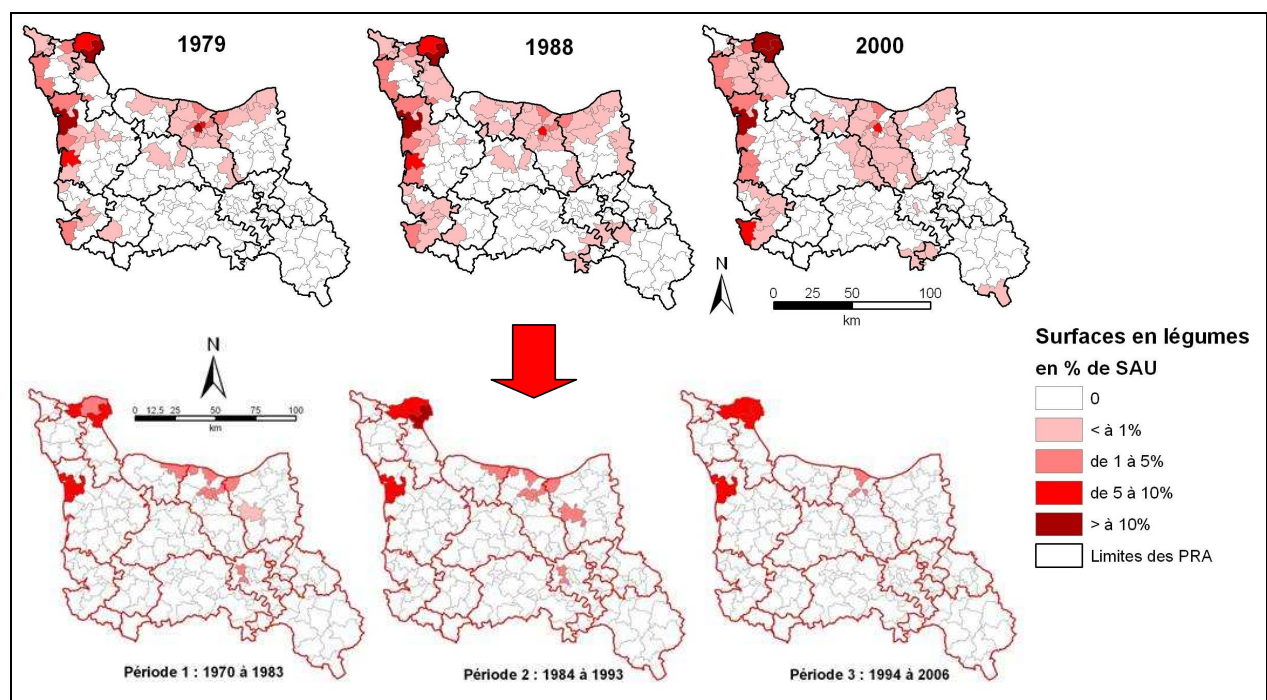


Figure 45 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en légumes de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

○ La pomme de terre :

Il s'agit également d'une culture très localisée dans l'espace et qui se limite aux cantons littoraux de la Manche et à la Plaine de Caen. Comme pour les légumes, la constitution de la BDD n'a conservé cette culture que dans une seule classe, sous-estimant donc les surfaces réelles, notamment les surfaces plus diffuses.

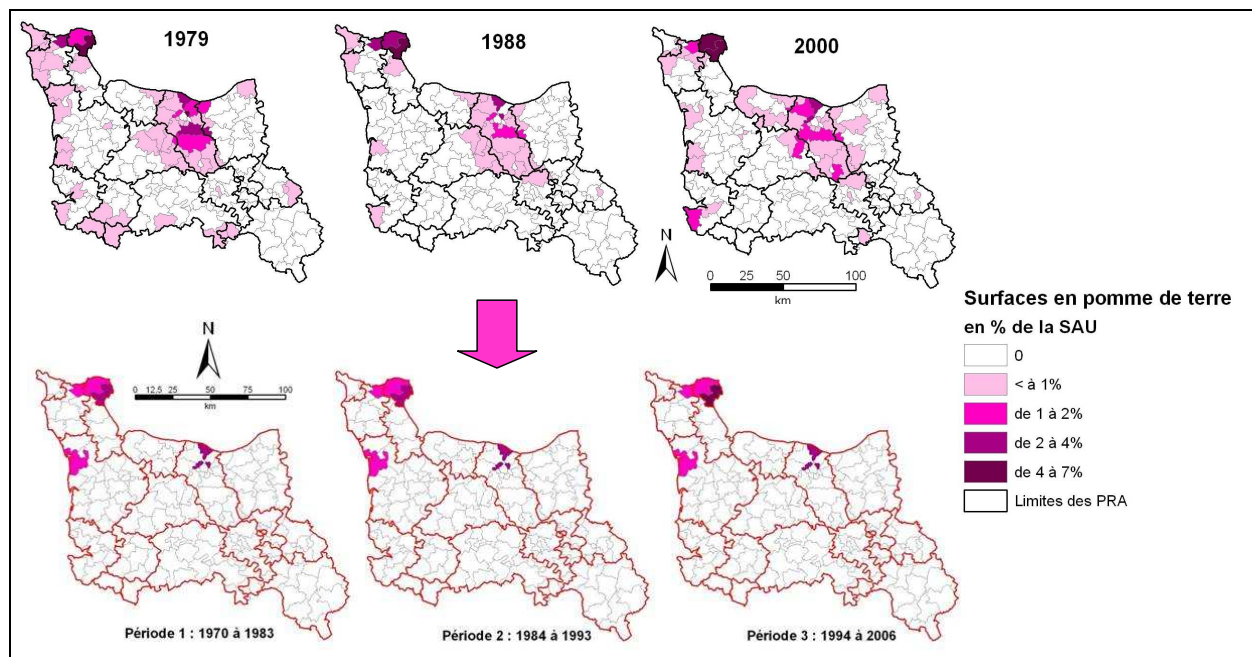


Figure 46 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en pomme de terre de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas)

En conclusion, malgré la complexité de la méthode suivie pour transformer des données discontinues sur l'assolement cantonal issues des statistiques en données continues sur les successions culturales moyennées par grandes périodes et par classe de cantons, nous pouvons voir que les sorties de la BDD sont relativement fiables et représentatives de l'assolement des cultures au niveau des cantons.

En revanche, il subsiste un certain nombre de biais sérieux à corriger, mais qui ne sont pas directement liés à la méthode employée. Il s'agit plutôt d'erreurs de mise en forme ou de traitement des données. La première concerne notamment le colza, fortement sous-estimé au détriment du pois par exemple, en raison d'un problème d'interprétation de la nomenclature des données SISA notamment, et d'interpolation des surfaces annuelles estimées. Il y a une autre erreur cette fois au niveau d'une classe particulière de cantons, à savoir la classe 3 correspondant à quelques cantons de la bordure littorale de la Manche : après vérification, il s'avère que les valeurs d'assolement d'une autre classe (la classe 8) ont été attribuées par erreur à cette classe de cantons, ce qui explique les écarts constatés lors des commentaires de cartes ci-dessus. En effet, la classe 8 correspond à des cantons situés à cheval sur les Plaines de Caen et d'Alençon, donc dans une zone beaucoup plus orientée grandes cultures.

En dehors de ces erreurs particulièrement marquées, les autres biais proviennent généralement d'une simplification souvent nécessaire pour constituer la BDD, comme écarter les surfaces cultivées les plus faibles (avoine, etc.) ou regrouper les cantons dans une même classe...

3.2 Extractions des itinéraires techniques

3.2.1 Les itinéraires techniques par département

Pour représenter le contenu de la BDD des Bocages Normands en termes d'itinéraires techniques, nous avons choisi dans un 1^{er} temps de comparer les principaux descripteurs présents dans la BDD à ceux extraits de l'enquête « Pratiques culturelles ». En terme d'échelle spatiale, la seule qui soit pertinente pour une comparaison des données est l'échelle départementale, mais avec beaucoup de prudence, car l'échantillon des enquêtes SSP n'a été conçu que pour être représentatif à l'échelle régionale.

Nous avons donc extrait pour chaque culture et pour chaque département, les valeurs des principaux descripteurs de l'itinéraire technique présents dans la base de données, et ce pour les 3 périodes successives considérées. Pour calculer chacune de ces valeurs, nous avons pris en compte les différents ITK représentés dans la base pour une culture donnée, pondérés par la surface qu'ils occupent à l'échelle cantonale, puis départementale.

Du côté des données SSP, il y a évidemment beaucoup de données manquantes selon les cultures et les départements, mais surtout il y a la difficulté de comparer les échelles temporelles entre elles : comme les enquêtes SSP ont été réalisées en 1994, 2001 et 2006, nous avons choisi de les comparer à la dernière période saisie dans la BDD, qui couvre justement la même période, mais en présentant des fourchettes de valeurs et non pas des moyennes calculées sur ces valeurs. En effet, ces valeurs représentent pour nous uniquement des ordres de grandeur et il ne paraissait pas judicieux de les ramener à des valeurs moyennes pour l'ensemble de la période 1992-2006 en raison de l'hétérogénéité des données disponibles et de la forte variabilité inter-annuelle qu'il peut y avoir sur seulement 3 années d'enquête.

Nous avons ainsi obtenu des tableaux (**Tableaux 10, 11 et 12**) présentant ces différents descripteurs pour les 3 départements, les 3 périodes considérées et l'ensemble des cultures. Pour la dernière période, nous avons figuré dans une colonne en gris, à titre de comparaison, la fourchette des valeurs issues de l'enquête « Pratiques culturelles sur grandes cultures » du SSP entre 1994 et 2006¹⁷.

La description qui suit adoptera une approche par descripteurs de l'ITK que par culture, afin d'évaluer les principales tendances que l'on peut en dégager, ainsi que la pertinence des données obtenues à dire d'expert par rapport aux enquêtes parcellaires.

Le pourcentage de la culture dans la SAU a déjà été analysé dans le paragraphe précédent. Nous passerons donc directement à l'analyse de l'implantation des CIPAN avant la culture (**Tableau 10**).

- **Implantation de CIPAN durant l'interculture** : d'après la BDD « Bocages Normands », cette pratique ne concerne apparemment que trois cultures : le blé tendre, le maïs ensilage et le maïs grain. D'après les dires d'expert, il n'y aurait donc pas de cultures intermédiaires avant des cultures de printemps comme le pois ou la betterave, ce qui reste à vérifier. Dans le cas du blé, les valeurs semblent très fortement surestimées au cours de la dernière période dans le Calvados (jusqu'à 33% des surfaces en blé ?), et en moindre mesure dans l'Orne (3%), alors que les données SSP n'indiquent que 1% max des surfaces en blé précédées d'un CIPAN, et ce seulement à partir de 2006. Par ailleurs, une communication avec la Chambre d'Agriculture du Calvados nous a confirmé l'absence de CIPAN avant blé. Dans le cas du maïs fourrage et du maïs grain, la BDD indique la présence de CIPAN dès la 1^{ère} période, ce qui est impossible à vérifier ici. En revanche, les ordres de grandeur sont relativement corrects pour la dernière période en comparaison avec les données SSP (de 10 à 20% des surfaces selon la BDD et de 0 à 16% selon le SSP). Il semble cependant que cette pratique soit arrivée très tardivement par rapport à ce

¹⁷ Pour revoir le détail par année, se reporter au chap. 1. (§ 1.2.2)

qu'ont indiqué les experts (effets de la « directive Nitrates »).

Tableau 10 : Synthèse par département et par période des principaux descripteurs de l'ITK présents dans la base de données Basse-Normandie (% de la culture dans la SAU, % d'implantation de CIPAN, % enfouissement des résidus, % de labour avant implantation), comparés aux résultats issus de l'enquête SSP « Pratiques culturales sur grandes cultures » de 1994, 2001 et 2006 (en gris)

Cultures	Dép	Pourcentage de la culture dans la SAU			Implantation de CIPAN avant la culture (en %)			Enfouissement des résidus (en % des surfaces)			Labour avant semis (en % de surface)					
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
	Périodes															
Avoine	14	1,2			0			12			100					
	50	0,5			0			0			100					
	61	1,3			0			2			100					
Betterave	14	3,0	5,4	3,9	0	0	0	100	100	100	100	100	100			
	50	0,6			0			100			100					
	61	0,8	2,9	1,4	0	0	0	100	100	100	100	100	100			
Blé tendre	14	10,6	15,4	19,0	0	7	33	0 à 1	15	13	12	4 à 8	100	100	93	78 à 95
	50	2,3	4,8	8,4	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	92 à 100
	61	7,5	14,1	18,1	0	1	3	0 à 1	1	1	19	0	100	100	26	62 à 100
Colza	14	1,9	1,1	2,3	0	0	0	100	95	91			100	100	100	
	50	0,7	0,6	2,7	0	0	0	100	100	100			100	100	100	
	61	1,0	1,4	3,2	0	0	0	0	100	100	100		100	100	16	100
Escourgeon	14	4,7	3,6	4,1	0	0	0	14	13	13	11		100	100	100	
	50	1,7	1,5	1,9	0	0	0	0	0	0			78	100	100	
	61	4,0	3,7	4,0	0	0	0	1	1	19	7		100	100	100	100
Légumes	14	1,9	2,2	1,8	0	0	0	10	10	10			100	100	100	
	50	6,4	9,3	7,8	0	0	0	22	22	11			100	100	100	
	61	2,2	2,4		0	0		10	10				100	100		
lin textile	14	3,2	3,7	3,4	0	0	0	0	0	0			100	100	100	
	50		0,6	0,9	0	0	0		0	0				100	100	
	61	1,8	1,0	1,1	0	0	0	0	0	0			100	100	100	
Maïs ensilage	14	6,0	8,0	10,2	7	8	20	0 à 15	0	0	0		100	100	63	93 à 100
	50	7,4	13,4	17,6	3	5	10	0 à 16	0	0	2		100	100	90	95 à 100
	61	8,3	11,8	13,5	9	9	10	0 à 15	0	0	0		100	100	87	84 à 100
Maïs grain	14	2,5	2,1	1,7	1	3	4		89	72	86		100	100	100	
	50	0,8	1,1	0,9	1	6	9		0	32	2		100	100	89	
	61	1,3	2,3	1,5	9	9	9		5	6	8		100	100	100	
Pois	14		5,6	6,3		0	0	0		83	83			13	8	97
	50		2,2	3,9		0	0			24	79			74	75	
	61		2,0	2,7		0	0			87	88			85	3	
Pommes de terre	14	3,7	3,4	2,6	0	0	0	100	100	100			100	100	100	
	50	1,3	2,0	2,5	0	0	0	100	100	100			100	100	100	
	61															
Prairies temporaires	14	2,0	3,9	5,3	0	0	0	0	0	0			100	100	57	
	50	2,6	7,6	11,3	0	0	0	0	0	0			84	82	46	
	61	2,3	4,4	6,1	0	0	0	0	0	0			100	100	46	

- **Enfouissement des résidus de culture :** Si on écarte les cultures récoltées « plante entière » comme le maïs ensilage ou le lin textile, il semble, d'après la BDD, que peu de résidus soient laissés au sol ou enfouis après la récolte, mis à part dans le cas de la betterave ou de la pomme de terre. Les fanes de pois semblent souvent ramassées dans la Manche (de 76% lors de la 2^{ème} période à 20% durant la 3^{ème}), mais également dans les autres départements (de 10 à 20%). Concernant le maïs grain, les résidus semblent être fortement réutilisés dans la Manche et l'Orne (de 0 à 32% d'enfouissement) et beaucoup moins dans le Calvados (de 72 à 89%). Dans le cas du colza, les pailles étaient auparavant toutes laissées sur place, mais une petite partie semble être récoltée dans le Calvados (entre 5 et 10%) depuis la 2^{ème} période. Dans le cas des céréales à paille (blé, orge, avoine), il semble qu'entre 10 et 20% des pailles ne soient pas récoltées mais ce, uniquement dans les départements du Calvados et de l'Orne, qui comportent plus d'exploitations céréalières pures et par conséquent, qui nécessitent moins de paille pour l'élevage. D'après l'enquête SSP, il semble que ces chiffres soient exagérés, surtout pour les périodes les plus anciennes. En effet, même durant la période la plus récente, seules 4 à 8% des pailles de blé étaient laissées au sol et uniquement dans le Calvados (0% dans les autres départements) ; concernant la paille d'escourgeon, les valeurs semblent plus proches, quoi que

surestimées dans le cas de l'Orne.

- **Proportion de labour avant semis de la culture :** d'après la BDD, le labour concerne toujours la totalité des surfaces des cultures de betterave, de légumes, d'escourgeon, de lin, et de pomme de terre. En revanche, le non-labour semble se développer au cours de la dernière période pour le blé tendre dans les départements de l'Orne et du Calvados, ce que confirme les données SSP, mais avec une forte surestimation dans le cas de l'Orne (dont la proportion de labour avant blé serait plutôt comprise entre 62 et 100%, que 26%). Il se développerait également fortement pour le colza dans l'Orne (16% de labour), de même pour le pois dans toute la région (entre 3 et 75% de labour) ce que semble contredire les données SSP (qui n'indiquent que peu ou pas de non-labour, mais il faut dire aussi qu'elles sont trop incomplètes pour en tirer des conclusions). En revanche, dans le cas du maïs, on obtient une meilleure estimation entre dire d'expert et SSP : le non-labour serait apparu au cours de la dernière période et concernerait de 10 à 37% des parcelles selon les départements. Même si ces données sont légèrement surestimées, elles donnent cependant de bonnes tendances pour cette culture.

Tableau 11 : Synthèse par département et par période des principaux descripteurs de l'ITK présents dans la base de données Basse-Normandie (date de semis, date de récolte, rendement), comparés aux résultats issus de l'enquête SSP « Pratiques culturales sur grandes cultures » de 1994, 2001 et 2006 (en gris)

Cultures	Dép	Date de semis moyenne				Date de récolte moyenne				Rendement moyen (en tonnes)			
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
	Périodes												
Avoine	14	13/10				15/7				6,9			
	50	6/11				9/8				5,0			
	61	22/10				2/8				6,1			
Betterave	14	14/4	14/4	14/4		14/11	14/11	14/11		6,7	6,7	6,7	
	50	14/4				14/11				6,7			
	61	14/4	14/4	14/4		14/11	14/11	14/11		6,7	6,7	6,7	
Blé tendre	14	5/11	4/11	3/11	1/11 au 7/11	1/8	1/8	1/8	3/8 au 10/8	7,3	7,9	8,4	7 à 8
	50	7/11	6/11	3/11	7/11 au 25/11	7/8	7/8	7/8	2/8 au 6/8	5,3	6,3	8,3	7 à 8
	61	27/10	21/10	28/10	18/10 au 4/11	4/8	27/7	30/7	26/7 au 5/8	6,1	6,9	7,2	7
Colza	14	14/9	9/9	11/9		24/7	19/7	22/7		3,7	3,1	3,4	
	50	14/9	14/9	12/9		21/7	21/7	20/7		3,6	3,6	3,6	
	61	10/9	30/8	27/8	20/9	25/7	28/7	24/7	25/7	3,6	3,2	3,5	3
Escourgeon	14	10/10	11/10	12/10		13/7	13/7	13/7		7,0	7,0	7,7	
	50	2/11	2/11	30/10		5/8	5/8	6/8		4,7	5,5	7,9	
	61	22/10	14/10	19/10	18/10	2/8	25/7	28/7	20/7	6,1	6,9	7,5	6
Légumes	14	6/6	6/6	6/6		6/10	6/10	6/10		26,5	26,5	36,8	
	50	17/6	17/6	17/6		15/9	15/9	31/8		31,1	31,1	42,5	
	61	6/6	6/6			6/10	6/10			26,5	26,5		
lin textile	14	18/2	18/2	18/2		4/8	4/8	4/8		7,0	7,0	7,0	
	50		18/2	18/2			4/8	4/8			7,0	7,0	
	61	18/2	18/2	18/2		4/8	4/8	4/8		7,0	7,0	7,0	
Maïs ensilage	14	24/4	24/4	25/4	7/5 au 12/5	27/9	26/9	27/9	23/9 au 10/10	12,7	12,7	12,9	10 à 29
	50	30/4	28/4	28/4	4/5 au 10/5	20/10	18/10	5/10	23/9 au 1/10	13,4	13,1	14,6	14 à 15
	61	3/5	3/5	26/3	1/5 au 11/5	23/10	23/10	29/9	17/9 au 8/10	11,6	13,4	14,9	12 à 14
Maïs grain	14	15/4	18/4	16/4		9/11	2/11	9/11		12,9	12,6	12,8	
	50	29/4	21/4	27/4		27/10	26/10	6/10		12,5	10,2	15,2	
	61	3/5	3/5	28/3		29/10	30/10	30/10		11,6	13,4	14,7	
Pois	14		19/3	18/3	16/3		13/8	13/8	10/8		6,7	5,8	5,0
	50		9/3	8/3			27/7	8/8			5,4	4,9	
	61		7/3	7/3			6/8	6/8			4,9	4,3	
Pommes de terre	14	4/4	4/4	4/4		14/9	14/9	14/9		35,0	35,0	40,0	
	50	4/4	4/4	4/4		14/9	14/9	14/9		36,4	35,0	40,0	
	61												
Prairies temporaires	14	7/7	9/7	14/7						7,6	7,3	8,6	
	50	8/6	3/6	11/7						9,8	9,9	10,5	
	61	2/8	4/6	2/7						8,7	9,9	11,0	

- **Date moyenne de semis de la culture :** d'après la BDD, certaines dates n'ont pas vraiment changé dans le temps, ni en fonction des départements. C'est le cas de la plupart des

cultures de printemps telles que la betterave, les légumes, le lin, le pois ou la pomme de terre. En revanche, il y a quelques commentaires à faire au sujet du blé : il n'y aurait pas eu d'évolution notable dans le temps. Cependant, on note que les semis seraient plus tardifs dans la Manche et dans le Calvados (début nov.) que dans l'Orne (21 au 28 oct.). Les enquêtes SSP montrent en outre qu'elles seraient plus tardives dans la Manche que dans le Calvados d'une à deux semaines. Concernant l'escourgeon, les dates de semis seraient plus précoces dans le Calvados (10-12 oct.), suivies de l'Orne (14-22 oct.), puis de la Manche (20 oct. au 2 nov.). Pour le colza, les semis auraient lieu durant la 2^{ème} semaine de septembre pour la Manche et le Calvados, et 15 jours plus tôt pour l'Orne, alors que les données SSP indiquent des dates de semis moyennes autour du 20 septembre en 1994... Pour le maïs, les dates indiquées par les experts tournent autour de la dernière semaine d'avril pour les trois périodes et les départements de la Manche et du Calvados, et un mois plus tôt dans le cas de l'Orne ! Toutes ces dates sont beaucoup plus précoces que celles indiquées par le SSP qui tournent plutôt autour de la 1^{ère} quinzaine de mai entre 1994 et 2006...

- **Date moyenne de récolte de la culture :** on ne note pas de changement pour la betterave, le lin ou la pomme de terre. En revanche, pour le blé, les récoltes sont globalement situées autour de fin juillet à début août, mais on constate qu'elles semblent plus précoces dans l'Orne que dans les autres départements et que ce département semble être le seul à avoir gagné en précocité depuis les années 70. Le constat est à peu près le même pour l'escourgeon, mais cette fois, c'est dans le Calvados que les dates de récolte seraient les plus précoces (13 juill.), par rapport à l'Orne (25/7 au 2/8) ou à la Manche (5/8). Concernant le colza, les dates de récolte sont toutes groupées autour de la dernière semaine de juillet, et le département de la Manche semble être plus précoce que les autres pour cette culture... Enfin, les données concernant la récolte du maïs fourrage sont très difficiles à analyser, car si les dates d'ensilage tournent globalement autour de mi-septembre à fin octobre, elles auraient été avancées d'un mois (?) dans le cas de l'Orne entre la 1^{ère} et la dernière période, et non pour les autres départements. Il n'y a pas non plus de tendances notables de précocité entre départements.

- **Rendements moyens par culture :** Pour la plupart des cultures, les rendements augmentent entre la 1^{ère} et la dernière période, sauf pour le pois. Par ailleurs, ils sont généralement plus élevés dans le Calvados que dans les autres départements pour le blé et le pois, tandis qu'ils semblent plus élevés pour les prairies temporaires et le maïs fourrage dans l'Orne, et pour le colza, l'escourgeon, et le maïs grain dans la Manche. Mais ces constats sont très approximatifs et reposent sur des estimations souvent largement surestimées, comme le montrent les données SSP.

- **Apport d'engrais organique (Tableau 12) :** d'après la base de données, seules les cultures de betterave, de colza et de maïs seraient concernées par l'apport d'azote organique. Ces apports concerneraient environ 30 % des parcelles en betterave, entre 24 et 30 % des parcelles en colza dans la Manche et le Calvados. Dans l'Orne, cette proportion serait passée de 23 % lors de la 1^{ère} période à 2% en 1994. Ce chiffre est proche de l'ordre de grandeur indiqué par l'enquête SSP (4%). Dans le cas du maïs fourrage, les proportions de parcelles ayant reçu du fumier seraient restées stables entre 1970 et 2006, soit autour de 85% dans le Calvados, et presque 100% dans les deux autres départements. D'après l'enquête SSP, ces valeurs varient entre 80 et 90% pour la dernière période dans les 3 départements. Dans le cas du maïs grain, ces valeurs sont plus faibles, d'après les experts, particulièrement dans le Calvados où la proportion de parcelles ayant reçu du fumier tourne autour de 24 à 40%. On remarque dans ce tableau, qu'il y a également des cultures qui ne reçoivent pas d'engrais organique d'après la BDD mais qui en reçoivent en réalité une proportion non négligeable : le blé en reçoit entre 1994 et 2006 sur 0 à 4% des parcelles dans le Calvados, 6 à 7% dans l'Orne et jusqu'à 12-13% dans la Manche. Il en va de même avec l'escourgeon pour lequel 7% des parcelles ont reçu un engrais organique en 1994 dans l'Orne, de même pour 3% des parcelles en pois dans le Calvados. Plus problématique pour notre étude : les prairies temporaires et permanentes reçoivent selon les enquêtes SSP des apports d'azote organique qui sont loin d'être négligeables, alors qu'elles sont considérées

comme nulles dans la BDD. Ces apports concerneraient entre 20 et 30% des prairies temporaires entre 1994 et 2006 et entre 10 et 24% des prairies permanentes. Compte tenu des surfaces que cela implique, cette simplification est loin d'être insignifiante.

Tableau 12 : Synthèse par département et par période des principaux descripteurs de l'ITK présents dans la base de données Basse-Normandie (fertilisation azotée organique et minérale), comparés aux résultats issus de l'enquête SSP « Pratiques culturales sur grandes cultures » de 1994, 2001 et 2006 (en gris)

Cultures	Dép	Apport d'engrais organique (en % de surface)			Quantité d'azote organique moyenne (en U)			Dose d'azote minérale moyenne (en U)			Nombre d'apport d'azote minéral					
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
	Périodes															
Avoine	14	0			0			137				2,0				
	50	0			0			86				1,7				
	61	0			0			122				2,0				
Betterave	14	30	30	30	66	66	66	128	128	128		1,8	1,8	1,8		
	50	30			66			128				1,9				
	61	30	30	30	66	66	66	128	128	128		1,8	1,8	1,8		
Blé tendre	14	0	0	0	0 à 4	0	0	0	180	177	170	148 à 169	2,0	2,0	2,5	1,9 à 2,6
	50	0	0	0	12 à 13	0	0	0	99	119	124	123 à 125	1,6	2,1	2,5	2,4
	61	0	0	0	6 à 7	0	0	0	153	159	161	138 à 159	2,0	2,7	3,0	1,9 à 2,7
Colza	14	30	24	29	66	21	53	136	170	132		2,0	2,0	2,0		
	50	26	28	26	32	35	31	144	143	147		2,0	2,0	2,0		
	61	23	0	2	4	50	0	4	142	160	159	123	2,0	2,0	2,0	1,7
Escourgeon	14	0	0	0	0	0	0	140	140	138		2,0	2,0	2,2		
	50	0	0	0	0	0	0	88	107	119		1,6	2,0	2,4		
	61	0	0	0	7	0	0	0	121	138	139	121	2,0	2,8	2,9	1,9
Légumes	14	0	0	0	0	0	0	135	135	128		1,0	1,0	1,9		
	50	0	0	0	0	0	0	122	122	117		1,0	1,0	1,9		
	61	0	0	0	0	0	0	135	135			1,0	1,0			
lin textile	14	0	0	0	0	0	0	7	7	7		1,0	1,0	1,0		
	50	0	0	0	0	0	0	0	7	7		1,0	1,0	1,0		
	61	0	0	0	0	0	0	0	7	7		1,0	1,0	1,0		
Maïs ensilage	14	83	84	87	80 à 91	215	224	182	128	129	104	71 à 85	1,2	1,2	1,2	0,9 à 1,1
	50	97	96	98	86 à 87	190	187	218	110	107	73	60 à 78	1,0	1,0	0,8	1,4 à 1,5
	61	98	98	98	80 à 85	253	250	214	111	88	23	46 à 72	1,0	1,0	1,0	0,9 à 1,3
Maïs grain	14	24	39	27		55	92	60	122	124	121		1,8	1,7	1,8	
	50	88	74	96		201	156	210	91	101	88		1,0	1,0	0,8	
	61	96	95	93		283	276	202	111	88	29		1,0	1,1	1,1	
Pois	14	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	
	50	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0,0	0,0	0,0	
	61	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0,0	0,0	0,0	
Pommes de terre	14	0	0	0	0	0	0	0	110	110	110		1,0	1,0	1,0	
	50	0	0	0	0	0	0	0	110	110	110		1,0	1,0	1,0	
	61	0	0	0	0	0	0	0	110	110	110		1,0	1,0	1,0	
Prairies temporaires	14	0	0	0		0	0	0	150	138	156		3,2	3,1	3,6	
	50	0	0	0	18 à 34	0	0	0	215	226	167	73 à 98	4,2	4,4	3,7	1,6 à 2,1
	61	0	0	0	18 à 27	0	0	0	126	163	180	58 à 81	2,9	3,4	4,0	1,4 à 1,6
Prairies permanentes	14	0	0	0	12 à 24	0	0	0	97	100	81	32 à 33	2,0	2,2	2,0	0,6 à 0,7
	50	0	0	0	13 à 15	0	0	0	95	91	77	41 à 59	2,6	2,6	2,4	1 à 1,1
	61	0	0	0	10 à 15	0	0	0	102	102	91	39 à 43	2,4	2,4	2,2	0,8 à 1

- **Quantité d'azote organique apportée :** ces quantités tiennent compte à la fois de la dose d'engrais apportée (fumier ou lisier), de sa teneur en azote estimée, ainsi que de la proportion de parcelles concernées par cet apport. Il s'agit donc d'une valeur synthétique qui ramène la fertilisation organique en unité d'azote comme pour la fertilisation minérale. D'après la BDD, cette fertilisation amènerait environ 66 U pour la betterave, entre 0 et 66 pour le colza, entre 55 et 280 U pour le maïs grain, entre 180 et 250 U pour le maïs fourrage.

- **Dose d'azote minérale moyenne :** Cette dose totale tournerait autour de 130 U pour la betterave, 110 U pour la pomme de terre, 7 U (?) pour le lin textile pour l'ensemble des périodes et des départements. Pour l'escourgeon, ces doses avoisinent 140 U dans le Calvados et l'Orne (entre 88 et 120 U dans la Manche). Pour le colza, ces doses varieraient entre 130 et 170 U dans le Calvados, 140 et 160 U dans l'Orne et autour de 140 U dans la Manche. Il semble que ces doses soient surestimées car les enquêtes SSP dans l'Orne indiquent seulement 123 U dans l'Orne pour

le colza et 121 U pour l'escourgeon. Pour le blé, les experts ont indiqué des doses passant de 180 à 170 U entre 1970 et 2006 dans le Calvados, de 100 à 124 U dans la Manche, de 150 à 160 U dans l'Orne. Il est difficile de valider ces différentes tendances avec les enquêtes SSP. On peut seulement noter que pour la dernière période, les valeurs de fertilisation données par les experts correspondent souvent aux valeurs supérieures de l'enquête SSP. Dans le cas du maïs fourrage, les doses d'azote minéral ont beaucoup diminué entre les 3 périodes : on serait passé, d'après les experts, de 130 à 100 U dans le Calvados, de 110 à 75 U dans la Manche, de 110 à 23 U dans l'Orne. D'après l'enquête SSP, on se situerait effectivement dans une fourchette de valeurs comprises entre 46 à 85 U : les données de la BDD seraient donc légèrement surestimées dans le cas du Calvados et sous-estimées dans le cas de l'Orne. Concernant les prairies temporaires, la fertilisation aurait augmenté dans l'Orne (de 130 à 180 U), diminué dans la Manche (de 215 à 167 U) et serait resté stable dans le Calvados. Si on compare à présent les valeurs de la dernière période aux données SSP, on remarque qu'elles sont très largement surestimées par les experts : l'enquête SSP indique une dose moyenne comprise entre 58 et 81 U pour l'ensemble des parcelles (y compris celles n'ayant pas reçu d'azote, soit entre 20 et 30% des parcelles, et comprise entre 80 et 120 U pour les parcelles ayant reçu un apport minéral (voir **Tableau 5**). La BDD surestime donc même les doses moyennes calculées uniquement sur les parcelles fertilisées. Dans le cas des prairies permanentes, la surestimation semble également importante car d'après l'enquête SSP, seules 40 à 70% des prairies reçoivent un engrais minéral : la dose moyenne d'azote reçu pour l'ensemble des prairies est comprise entre 30 et 60 U, et entre 60 et 90 en moyenne pour les parcelles ayant reçu un apport minéral. Les valeurs indiquées par les experts se rapprochent donc plutôt de ces dernières. Dans les trois départements, les doses apportées seraient en baisse (de 100 à 80 U pour le Calvados, de 95 à 77 U dans la Manche, et de 100 à 90 U dans l'Orne).

- **Nombre d'apport d'azote minéral :** Concernant le nombre d'apport d'azote, il serait limité à un pour certaines cultures comme le lin, la pomme de terre, les légumes pour la 1^{ère} et 2^{ème} période, et situé autour de deux pour la betterave, le colza, l'avoine, les légumes au cours de la 3^{ème} période. Pour les autres cultures, il y aurait, selon les experts, plus de variations selon les départements et les périodes : concernant le maïs grain et ensilage, il y aurait un fractionnement plus important (1,8 apports) dans le Calvados que dans les autres départements (où le nombre d'apport est limité à 1), alors que les enquêtes SSP indiquent au contraire un fractionnement plus important dans la Manche (1,5 apports). Pour le blé tendre, le fractionnement de l'azote serait passé de 2 à 2,5 entre 1970 et 2006 dans le Calvados, 1,6 à 2,5 dans la Manche, 2 à 3 dans l'Orne. D'après les enquêtes SSP, il n'y aurait pas de différences majeures entre départements pour lesquels le fractionnement maximal sur la dernière période varie entre 2,4 et 2,7. En revanche, il semble qu'entre 1994 et 2006, il y ait eu une évolution très rapide puisque dans l'Orne et le Calvados, le nombre d'apport était encore inférieur à 2. Cela signifie donc qu'il y a une surestimation du nombre d'apport d'azote sur blé à cette période, car la valeur indiquée par les experts correspond à la valeur supérieure de la fourchette donnée par les enquêtes SSP. Cette surestimation se vérifie pour les enquêtes colza (1,7 à 2) et escourgeon (1,9 à 2,9) dans l'Orne, ainsi que pour les enquêtes prairies. Dans le cas des prairies temporaires, le fractionnement tournerait autour de 3 à 4,4 apports selon les experts (en augmentation dans l'Orne et dans le Calvados, en baisse dans la Manche). Or, il s'avère que le nombre moyen d'apport d'azote selon les enquêtes SSP se situerait plutôt autour de 1,4 à 2,1 sur l'ensemble des prairies, y compris celles n'ayant pas reçu de fertilisation minérale (de 1,9 à 2,6 pour les seules prairies ayant reçu un engrais minéral). Dans le cas des prairies permanentes, le nombre d'apport d'azote minéral serait compris entre 2 et 2,6 selon les départements et les périodes. Selon l'enquête SSP, les valeurs seraient comprises entre 0,6 à 1,1 apport en moyenne pour l'ensemble des parcelles, mais comprises entre 1,4 et 1,8 pour les parcelles fertilisées : on observe donc dans les deux cas de figure, une surestimation importante de la part des experts.

3.2.2 Les itinéraires techniques par canton

Il était également possible de présenter les informations contenues dans la BDD sous forme cartographique à l'échelle cantonale, afin d'examiner leurs caractéristiques spatiales. Cependant, il n'était pas possible d'extraire et de cartographier l'ensemble des paramètres d'ITK pour chacune des cultures. Nous avons donc choisi de représenter les caractéristiques des quatre principales cultures, à savoir le blé tendre, le maïs fourrage, les prairies temporaires et permanentes.

Un rappel cependant avant de présenter les résultats : la méthodologie employée (entretien auprès d'un unique expert spécialiste d'un territoire et pour les 3 périodes), a pour conséquence de donner une cohérence temporelle aux données au détriment d'une cohérence spatiale. En effet, l'expert a pu établir pour une zone d'ITK donnée (**Figure 26**) des tendances temporelles d'évolution des pratiques, ce qui permet d'accorder un certain crédit à ces dernières. Par contre, il n'a pas pu faire, à ce stade de l'étude, de comparaison avec les zones voisines, ce qui entraîne des clivages importants d'une zone d'ITK à l'autre et de faire fortement ressortir le zonage établi en ITK homogènes. Il serait donc important de réaliser une validation de ces cartes en les présentant aux experts interrogés la première fois afin de leur demander s'ils sont d'accord avec les résultats obtenus, ce qui permettrait ainsi de « lisser » le contenu de la BDD. Une première présentation de ces résultats a été faite devant des experts de l'agriculture de Basse-Normandie en réunion du Comité de Pilotage de l'étude « Modélisation de la pollution nitrique des aquifères des Bocages Normands » en mars 2010 et a permis d'interpréter certains résultats et de lister d'éventuelles erreurs ou aberrations issues de la BDD.

a. Les itinéraires techniques sur blé tendre

Les extractions réalisées montrent que la fertilisation totale (**Figure 48**) aurait globalement peu évolué sur blé tendre en Basse-Normandie, ce qui peut paraître assez étonnant. Le Calvados et l'Orne seraient les départements où la fertilisation serait la plus forte (> à 130 U), notamment dans la plaine de Caen où elle dépasse les 160 U, en relation avec un potentiel de rendement plus élevé. En moyenne départementale, les doses d'azote indiquées par les experts seraient bien respectées (**Tableau 12**) pour la dernière période, mais il y a parfois des biais à l'échelle de certaines zones « ITK ». Ainsi, les doses plus élevées dans le Cotentin seraient plutôt liées à une surestimation par un expert. Et, dans le reste de la Manche, les doses d'azote paraissent globalement trop faibles : selon le Comité de Pilotage, les doses apportées dans ces PRA devraient être au minimum de 100 à 130 U, notamment sur la dernière période.

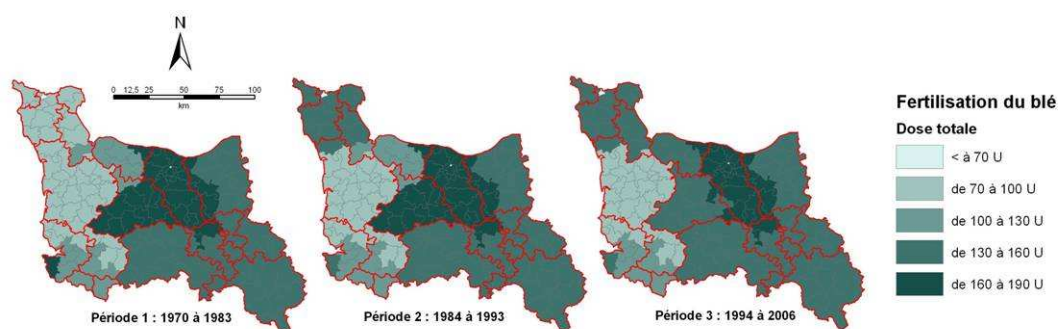


Figure 47 : Cartographie de l'évolution de la fertilisation totale sur blé (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)

En ce qui concerne le nombre d'apport d'azote, les cartes (**Figure 49**) font ressortir une tendance au fractionnement des apports d'azote sur le blé assez régulière dans le temps (entre 1 et 2 apports pour la première période, puis entre 2 et 4 pendant la seconde et la troisième

période). On note également une hétérogénéité des pratiques sur le territoire bas-normand, avec des pratiques de fractionnement moindre dans le centre de la Manche et très précoces dans l'Orne et le Cotentin (?). La comparaison avec les données SSP (**Tableau 12**) a montré que ces valeurs étaient globalement surestimées.

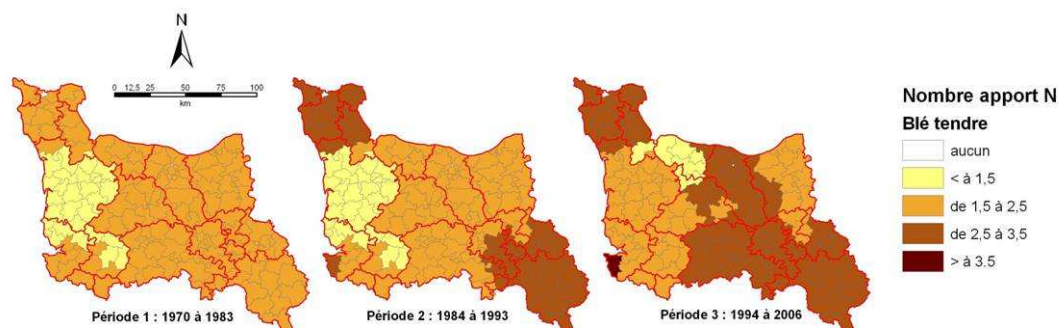


Figure 48 : Cartographie de l'évolution du fractionnement des apports d'azote sur blé (Sources : base de données « pratiques agricoles »)

Les cartes suivantes (**Figure 50**) indiquent que toutes les parcelles avant blé auraient été labourées systématiquement au cours de la première période, puis que le non-labour serait apparu dans la Plaine d'Alençon au cours de la seconde période. Il resterait limité lors de la troisième période au département de l'Orne, dans lequel il atteindrait des proportions très élevées (> à 50%). Or les données SSP (**Tableau 10**) ont montré que les valeurs moyennes pour ce département seraient plutôt comprises entre 62 et 100%.

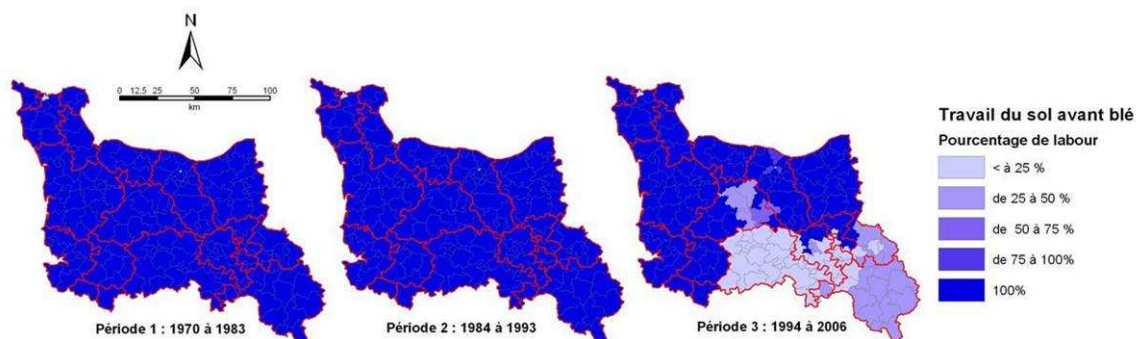


Figure 49 : Cartographie de l'évolution du non-labour sur blé (Sources : base de données « pratiques agricoles »)

Le rendement du blé semble en forte augmentation au cours du temps (**Figure 51**), puisque la majorité de la Basse-Normandie (Orne + Manche) aurait eu des rendements inférieurs à 60 qx durant la 1^{ère} période, alors qu'ils dépasseraient généralement 70 qx durant la 3^{ème} période. Mis à part l'artefact du Cotentin où les rendements semblent surestimés d'une dizaine de quintaux, les rendements les plus élevés correspondraient à la Plaine de Caen et à l'Avranchin (sud-ouest de la région) où ils dépasseraient les 80 qx en moyenne. Les données SSP (**Tableau 6**) indiquent effectivement des valeurs plus fortes pour le Calvados, suivi de la Manche, que pour l'Orne.

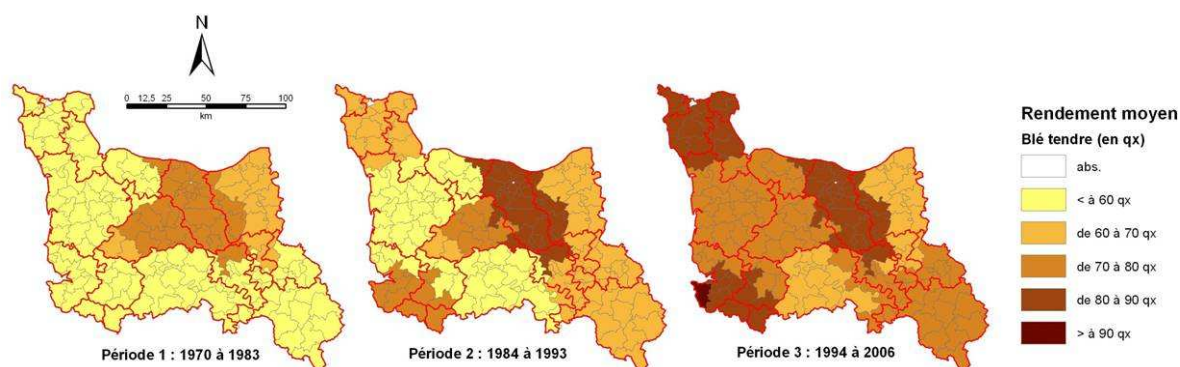


Figure 50 : Cartographie de l'évolution du rendement sur blé (Sources : base de données « pratiques agricoles »)

b. Les itinéraires techniques sur maïs fourrage

La fertilisation minérale sur maïs fourrage semble avoir beaucoup diminué entre 1970 et 2006 (**Figure 52**). En effet, la plupart des PRA de Basse-Normandie recevait plus de 110 U d'azote minéral durant la 1^{ère} période (**Tableau 12**) (mais moins de 100 U dans le Cotentin ?). Les doses auraient ensuite diminué dans l'Orne puis dans une partie du Calvados. Dans le Sud de la Manche (Avranchin et Mortanais), elles auraient simultanément augmenté dans la moitié nord et disparu dans la moitié sud durant la dernière période. D'après le Comité de Pilotage, des valeurs de 160 à 200 U sont excessives et avoisineraient plutôt les 130-160 U max. De plus, ces discontinuités territoriales paraissent difficilement explicables. La comparaison avec les données SSP pour la dernière période (**Tableau 12**) montre que les doses moyennes départementales sont sous-estimées pour l'Orne et surestimées pour le Calvados.

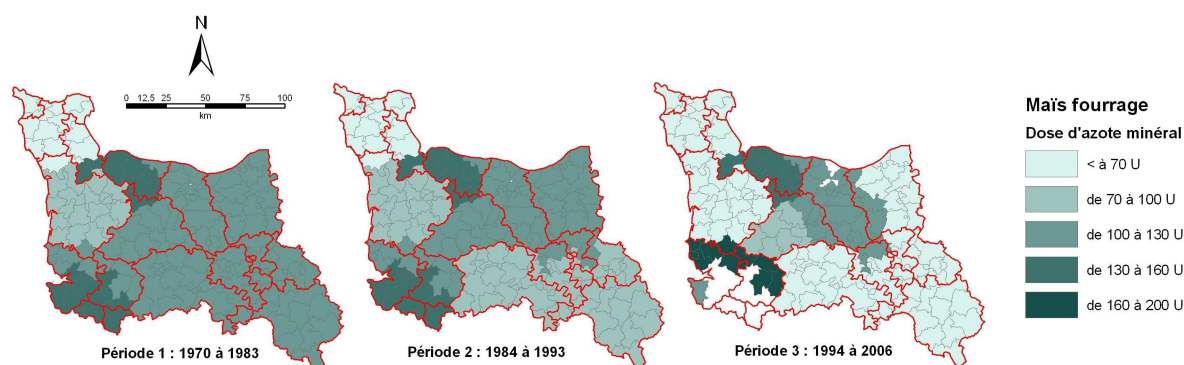


Figure 51 : Cartographie de l'évolution de la fertilisation minérale sur maïs fourrage (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)

Cette carte (**Figure 53**) montre qu'il y aurait eu peu d'évolution du nombre d'apports d'azote minéral entre 1970 et 2006 : on serait resté à un apport d'azote minéral partout sauf dans la Plaine de Caen, où il serait en moyenne de 2. Pour la dernière période, cela est en contradiction avec les données SSP (**Tableau 12**) qui indiquent un fractionnement plus important dans le département de la Manche.

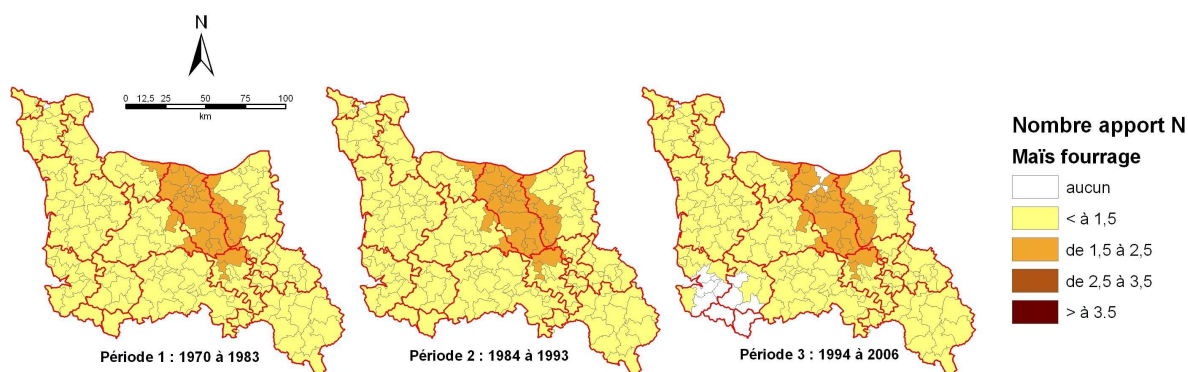


Figure 52 : Cartographie de l'évolution du fractionnement des apports d'azote sur maïs fourrage (Sources : base de données « pratiques agricoles »)

Globalement toutes les parcelles en maïs fourrage ont reçu un apport d'engrais organique (**Figure 54**), sauf dans la Plaine de Caen, où cet apport est moins régulier (< à 50% des parcelles). D'après l'enquête SSP, il y aurait une surestimation des apports d'engrais organique dans les départements de la Manche et de l'Orne qui seraient plus proches de 85 % des parcelles que de 100% (**Tableau 12**).

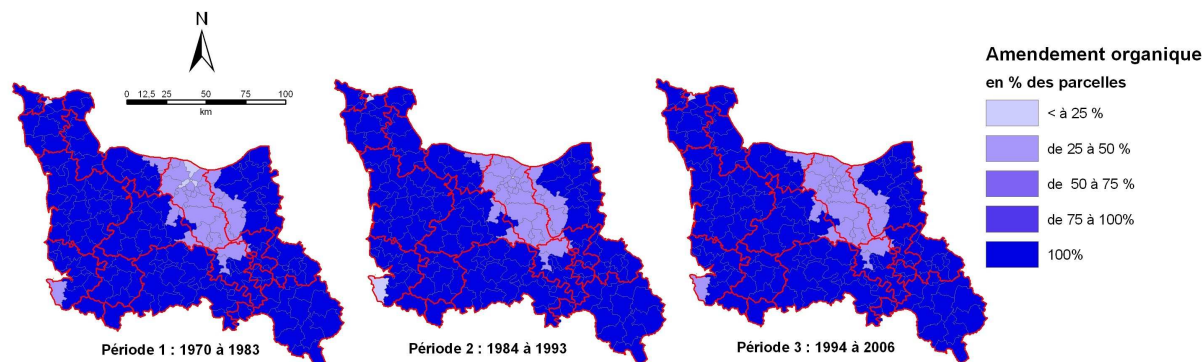


Figure 53 : Cartographie de l'évolution de la part de maïs fourrage ayant reçu un engrais organique (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)

Les doses moyennes d'azote organique apportées sur maïs fourrage (ramenées en unités d'azote) seraient partout supérieures à 100 U sauf dans la Plaine de Caen, et pourraient dépasser 300 U dans certaines PRA (**Figure 55**). Elles auraient globalement diminué, notamment dans le Perche Ornais et le Bocage du Calvados.

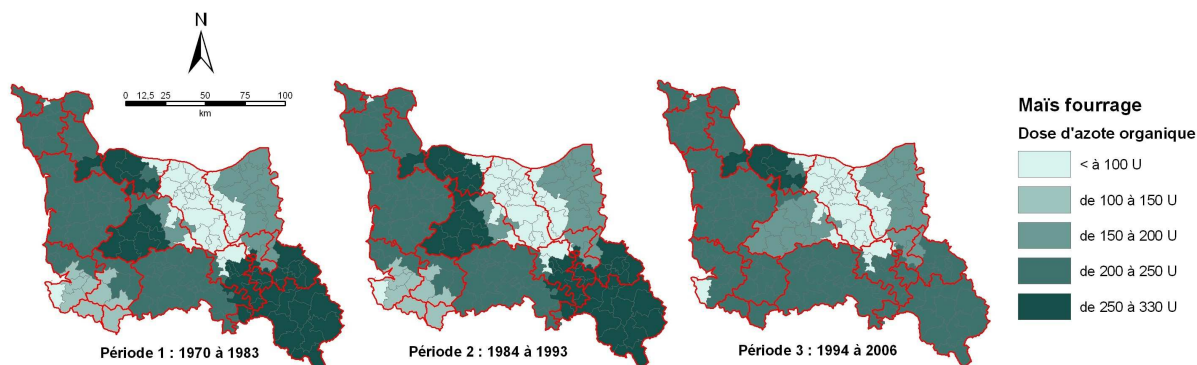


Figure 54 : Cartographie de l'évolution de la dose d'engrais organique sur maïs fourrage (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)

La cartographie d'évolution du non labour pour la préparation du sol avant le semis du maïs au cours des 3 périodes (**Figure 56**) indique que celui-ci se serait développé au cours de la troisième période, principalement dans le sud de l'Orne et le centre de la Basse-Normandie. Mais il peut également s'agir d'artefacts, notamment dans le cas du Bocage du Calvados, où les valeurs du non-labour semblent excessives (< 25%). D'après le Comité de Pilotage, ces valeurs devraient être comprises entre 75 et 100%. De plus, les données SSp (Tableau 10) indiquent une surestimation importante du non-labour au niveau du Calvados (63% de labour dans la BDD contre 93-100% dans l'enquête SSP).

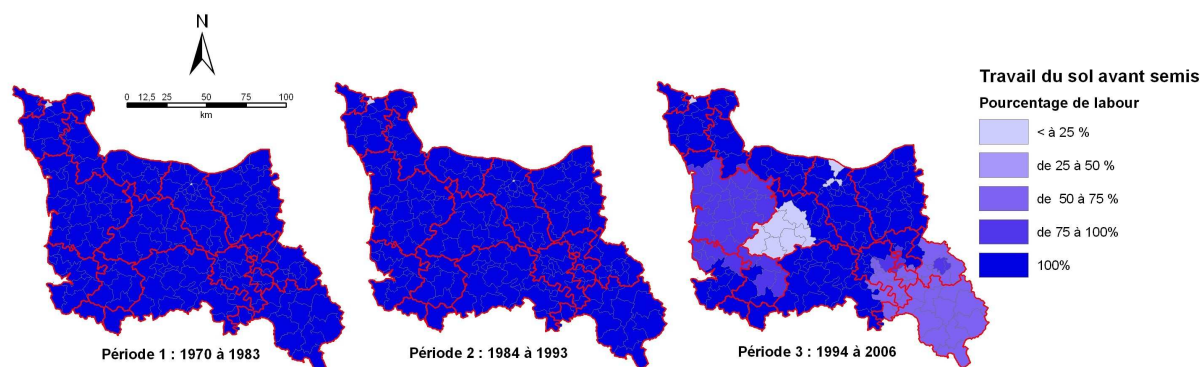


Figure 55 : Cartographie de l'évolution du non-labour sur maïs fourrage (Sources : base de données « pratiques agricoles »)

Ces cartes (**Figure 57**) font ressortir un gradient géographique des rendements du maïs fourrage allant de forts rendements (sud-ouest, Avranchin), à des rendements plus faibles au nord. C'est dans le Cotentin et le Bessin que les rendements apparaissent les moins bons avec toutefois une amélioration des rendements du Bessin au cours de la dernière période. D'après le Comité de Pilotage, les rendements seraient plutôt situés entre 14 et 16 t à la fois dans l'Avranchin, dans le Bocage du Calvados, ainsi que dans le Bessin.

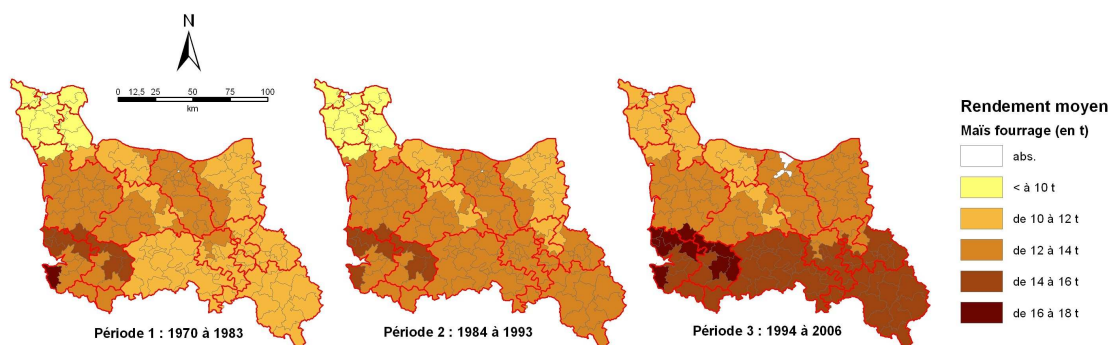


Figure 56 : Cartographie de l'évolution du rendement sur maïs fourrage (Sources : base de données « pratiques agricoles »)

En ce qui concerne l'implantation de CIPAN (**Figure 58**), elle serait apparue dès la 1^{ère} période mais sous forme de culture dérochée (implantation de Ray-grass italien avant le semis du maïs). Il est difficile d'expliquer pourquoi le Bessin semble avoir particulièrement adopté cette pratique. Au cours de la dernière période, l'implantation de CIPAN est particulièrement développée dans deux zones : la Plaine de Caen et le Bessin d'une part, l'Avranchin d'autre part. Ceci serait lié à la mise en place de la Directive Nitrates avec une ZPPN (Zone de Protection Prioritaire Nitrates) dans le Calvados et d'une ZAC (Zone d'Action Complémentaire) dans le sud de la Manche. Les données SSP (**Tableau 10**) indiquent des ordres de grandeur comparables mais uniquement à partir de l'enquête 2006.

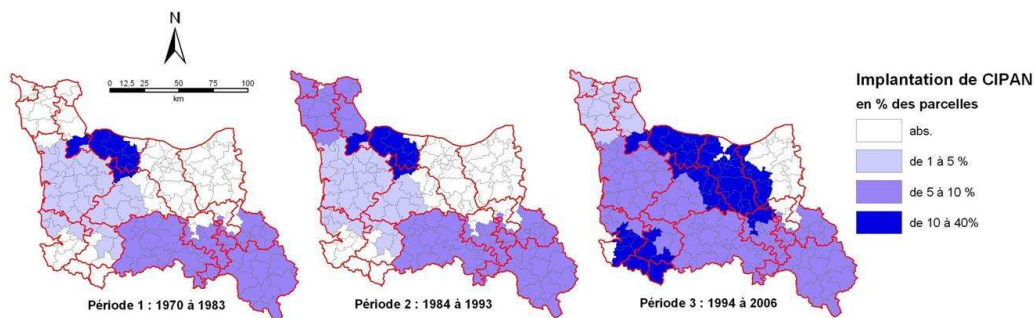


Figure 57 : Cartographie de l'évolution du rendement sur maïs fourrage (Sources : base de données « pratiques agricoles »)

c. Les itinéraires techniques sur prairies temporaires

Les cartes ci-dessous (**Figure 59**) montrent qu'on semble aller vers une uniformisation de la fertilisation minérale vers 175-200 U au cours du temps. Auparavant, cette fertilisation était sensée être plus forte dans la Manche et la Plaine de Caen (> à 225 U) et très faible dans le Perche Ornaïs (< à 100 U). Elle aurait donc fortement diminué dans la Manche et augmenté dans l'Orne. Mais d'après le Comité de pilotage, ces doses sont sans doute surestimées et devraient se plutôt situer autour de 150 U, ce qu'indiquent également les données SSP, rapportées ou non aux seules parcelles fertilisées (**Tableau 5**).

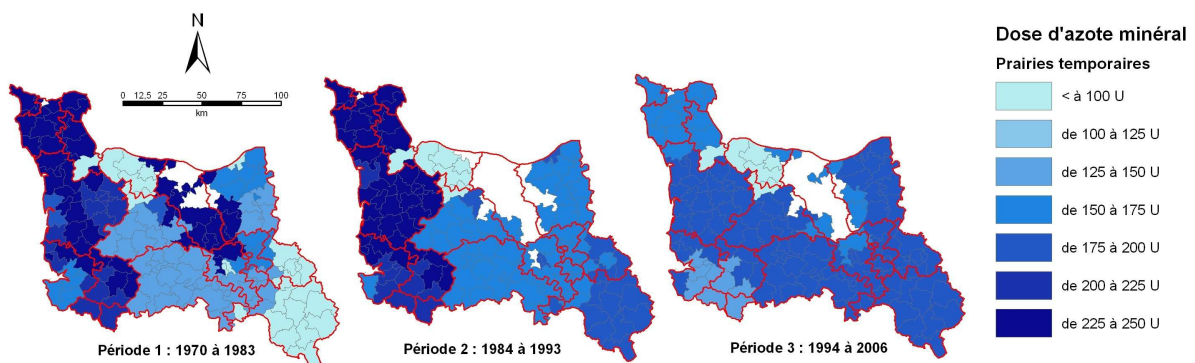


Figure 58 : Cartographie de l'évolution de la dose d'engrais minéral sur prairies temporaires (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)

Au niveau du nombre d'apport d'azote minéral, on retrouve les mêmes tendances sur les cartes (**Figure 60**), à savoir une uniformisation du nombre d'apports d'azote minéral autour de 4 apports. En réalité, ces valeurs semblent excessives, car d'après le Comité de Pilotage, on devrait plutôt se situer autour d'une moyenne de 3 apports (à nuancer comme pour la dose totale d'azote selon les objectifs de rendements attendus), voire même autour de 2 à 2.6 apports d'après les enquêtes SSP (1,4 à 2,1 pour l'ensemble des parcelles) (**Tableau 5**).

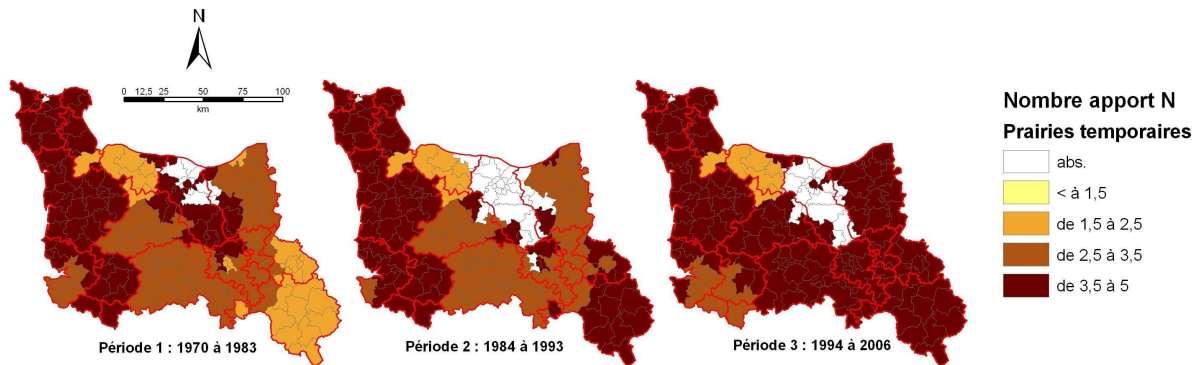


Figure 59 : Cartographie de l'évolution du fractionnement des apports d'azote sur prairies temporaires (Sources : base de données « pratiques agricoles »)

Les rendements semblent globalement en augmentation, car ils seraient passés de 7-8 t dans l'Orne, le Calvados et le sud de la Manche durant la 1^{ère} période, à plus de 10 t au cours de la 3^{ème} période (sauf dans l'Avranchin, mais il s'agit certainement d'un artefact car il n'y pas de raison objective, d'après le comité de pilotage pour que les rendements y soient plus faibles). Globalement, les rendements semblent surestimés et devraient plutôt avoisiner les 8-10 t.

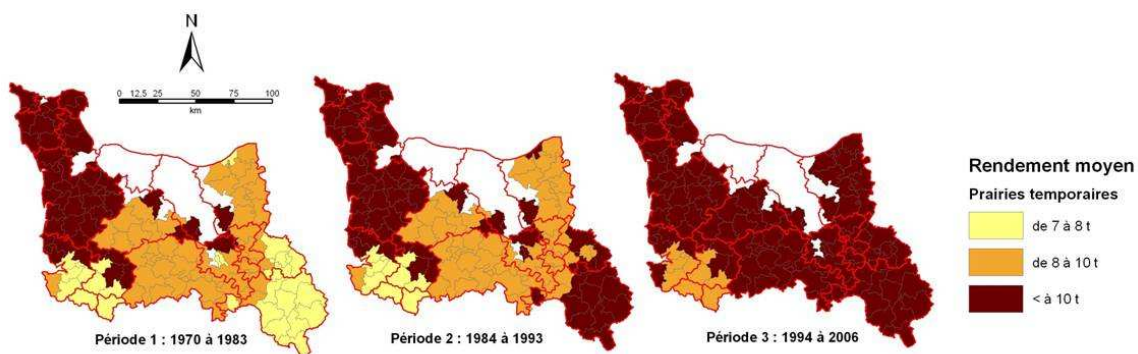


Figure 60 : Cartographie de l'évolution du fractionnement des apports d'azote sur prairies temporaires (Sources : base de données « pratiques agricoles »)

d. Les itinéraires techniques sur prairies permanentes

La dose totale d'azote minéral reçue par les prairies permanentes semble avoir été très variable durant la 1^{ère} période (**Figure 62**), d'inférieur à 50 U dans le Pays d'Auge à plus de 200 U dans le Mortanais-Avranchin. Il semblerait que ces doses se soient uniformisées au cours du temps autour d'une centaine d'unités. A noter que les moyennes départementales sont relativement cohérentes avec les données SS_p pour la dernière période, mais uniquement si on ne tient pas compte des 30 à 60% des parcelles qui n'ont pas reçu d'engrais minéral (**Figure 5**).

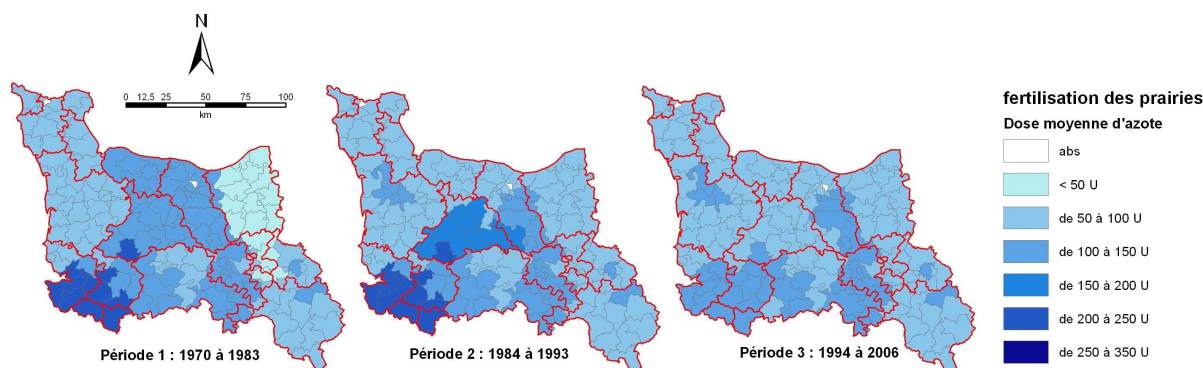


Figure 61 : Cartographie de l'évolution de la dose d'engrais minéral sur prairies permanentes (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)

Concernant le nombre d'apport d'azote (**Figure 63**), il semble lui aussi s'être uniformisé au cours du temps : à part dans le Pays d'Auge où il reste égal à 1, le reste des prairies de Basse-Normandie recevrait entre 2 et 3 apports. Les pratiques les plus intensives en terme de conduite des prairies se trouveraient également dans le sud-ouest de la Basse-Normandie (Avranchin / Mortanais). Ces valeurs sont largement sur-estimées car les moyennes départementales se situent lors de la dernière période entre 1 et 2 apports, quand les parcelles sont fertilisées (**Tableau 5**)

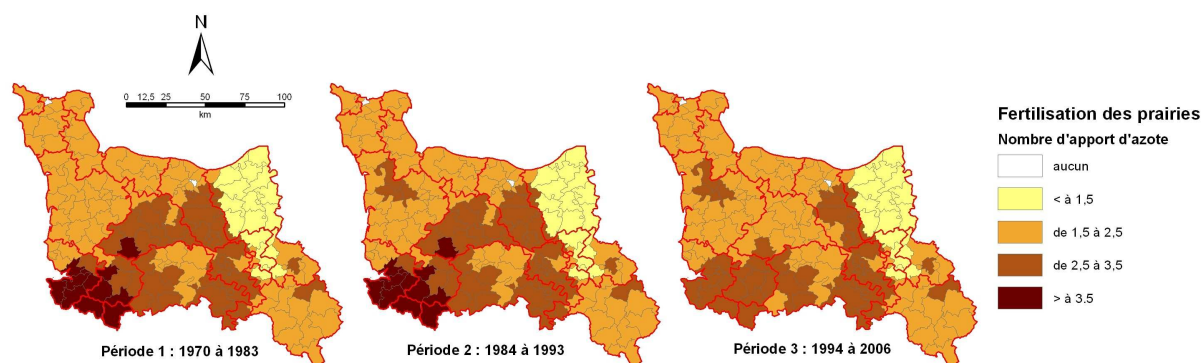


Figure 62 : Cartographie de l'évolution du fractionnement des apports d'azote sur prairies permanentes (Sources : base de données « pratiques agricoles »)

Concernant les usages faits de ces prairies permanentes, les cartes ci-dessous (**Figure 64**) montrent essentiellement la très forte dominance des prairies pâturées qui représenteraient entre 60 et 80% des prairies dans le quart nord-ouest de la région et entre 40 et 60% dans le reste du territoire. Les prairies exclusivement de fauche ne représentent que des surfaces très faibles, hormis dans les marais du Cotentin où elles représentent entre 20 et 40% de la STH (spécialisation dans la production de foin). Ailleurs, elles sont partout inférieures à 10% de la STH donc quasiment insignifiantes.

Les prairies mixtes seraient surtout présentes d'une part dans le Pays d'Auge, où elles se seraient maintenues, d'autre part dans le sud de la Manche (Avranchin), où elles auraient beaucoup reculé entre la 2^{ème} et la 3^{ème} période. D'après le comité de pilotage, les résultats semblent cohérents pour le Pays d'Auge où existent beaucoup de systèmes fourragers basé sur la conservation de l'herbe en hiver nécessitant donc des surfaces de fauche importantes. En revanche, dans le 2^{ème} cas de figure, il s'agirait plutôt d'une erreur dans la BDD.

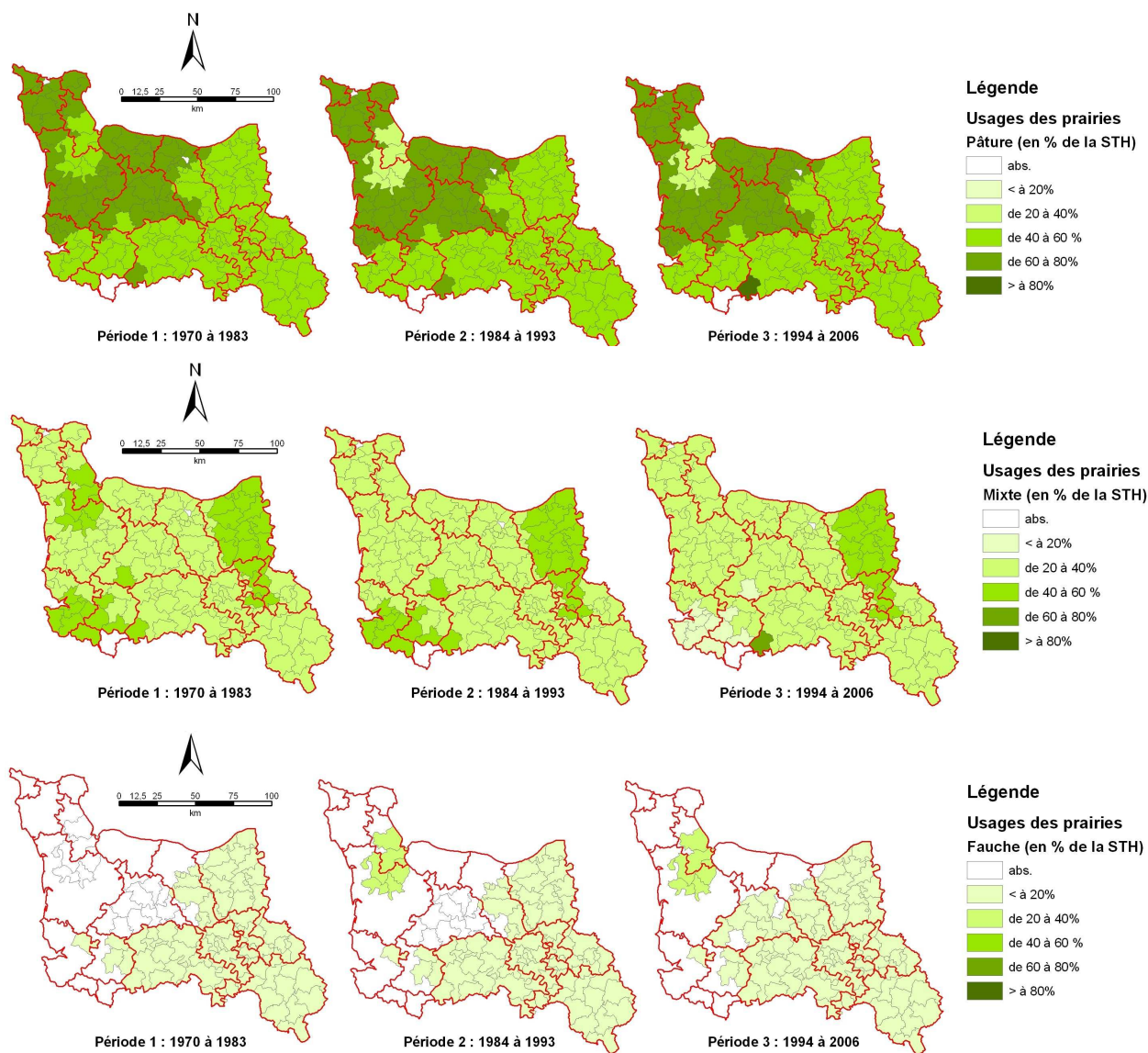


Figure 63 : Cartographie de l'évolution des types d'usage des prairies permanentes (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)

En conclusion de cette partie, on peut donc noter un nombre importants de biais concernant les itinéraires techniques, avec une nette tendance à la surestimation des doses d'engrais apportées aux cultures, du nombre d'apport, ainsi que des rendements. Cette tendance à la surestimation avait déjà été notée dans des études précédentes. Cependant, pour arriver à ces conclusions, il faudrait pouvoir se baser sur des sources d'informations fiables : or, même sur la dernière période où on dispose pourtant des enquêtes SSP, il est difficile d'accorder une confiance totale à ces données qui sont souvent très partielles et très espacées dans le temps. Ce pourquoi il est important de pouvoir également vérifier la cohérence de ces résultats auprès du comité de pilotage composé d'experts agricoles de la région. Cela nous a permis de voir que notre technique d'enquête avait certes permis de retranscrire correctement les grandes tendances d'évolution pour les principales cultures mais qu'il y avait des biais importants pour certaines régions agricoles (comme le Cotentin) ou certaines cultures. Les prairies temporaires et

permanentes par ex. ont été relativement mal décrites par les experts qui leur ont globalement attribué des itinéraires techniques beaucoup plus intensifs que dans la réalité. Il en ressort une fois de plus qu'il est beaucoup plus difficile de décrire les pratiques agricoles propre aux prairies qu'aux grandes cultures, ce que nous avons déjà remarqué lors des enquêtes sur le Bassin de la Seine. Si le temps l'avait permis, nous aurions souhaité pouvoir améliorer ces données en les soumettant à un comité d'experts avant qu'elles ne servent à la modélisation. Les délais prévus étaient malheureusement trop courts pour le permettre, il reste donc à tenir compte de ces biais dans l'interprétation des résultats du modèle STICS-MODCOU.

3.3 Résultat final : calcul de la pression azotée

3.3.1 La pression azotée à l'échelle cantonale

Les cartes présentées dans ce chapitre ont montré d'une part les dynamiques des occupations du sol et d'autre part, celles des principaux descripteurs de l'itinéraire technique. Pour faire une synthèse de tous ces résultats difficiles à interpréter sous forme de pression agricole sur l'environnement et particulièrement la ressource en eau, nous avons tenté de calculer à l'échelle cantonale des indicateurs de pression azotée faisant à la fois la synthèse des surfaces cultivées et celle des doses d'azote apportées par culture. Ces indicateurs permettent de regrouper par unité de surface l'ensemble des cultures, (pondérées par leur % de surface dans la SAU) et tous les types d'engrais apportés (fertilisation organique et minérale exprimées en unités d'azote grâce à la conversion des doses de fumier et lisier en fonction de leur teneur moyenne en azote). Les doses d'engrais apportées sont pondérées en fonction du pourcentage de l'ITK pour une culture donnée dans le canton. De plus, comme la BDD se décline en 3 périodes, il était possible de cartographier les dynamiques de ces pressions azotées à l'échelle cantonale.

a. La pression azotée rapportée à la SAU

Pour savoir comment se décompose cette pression azotée, nous avons tout d'abord calculé *i*) la pression azotée par rapport aux surfaces en terres labourables (TL), en distinguant d'une part la fertilisation organique et de l'autre, la minérale ; *ii*) la pression azotée propre à la STH (la BDD ne contient que des apports d'engrais minéraux) ; *iii*) la pression azotée par rapport à la SAU totale, en distinguant d'une part la fertilisation organique et d'autre part, la fertilisation minérale. Grâce à ces valeurs, on peut enfin calculer *iv*) la pression azotée totale par rapport à la SAU.

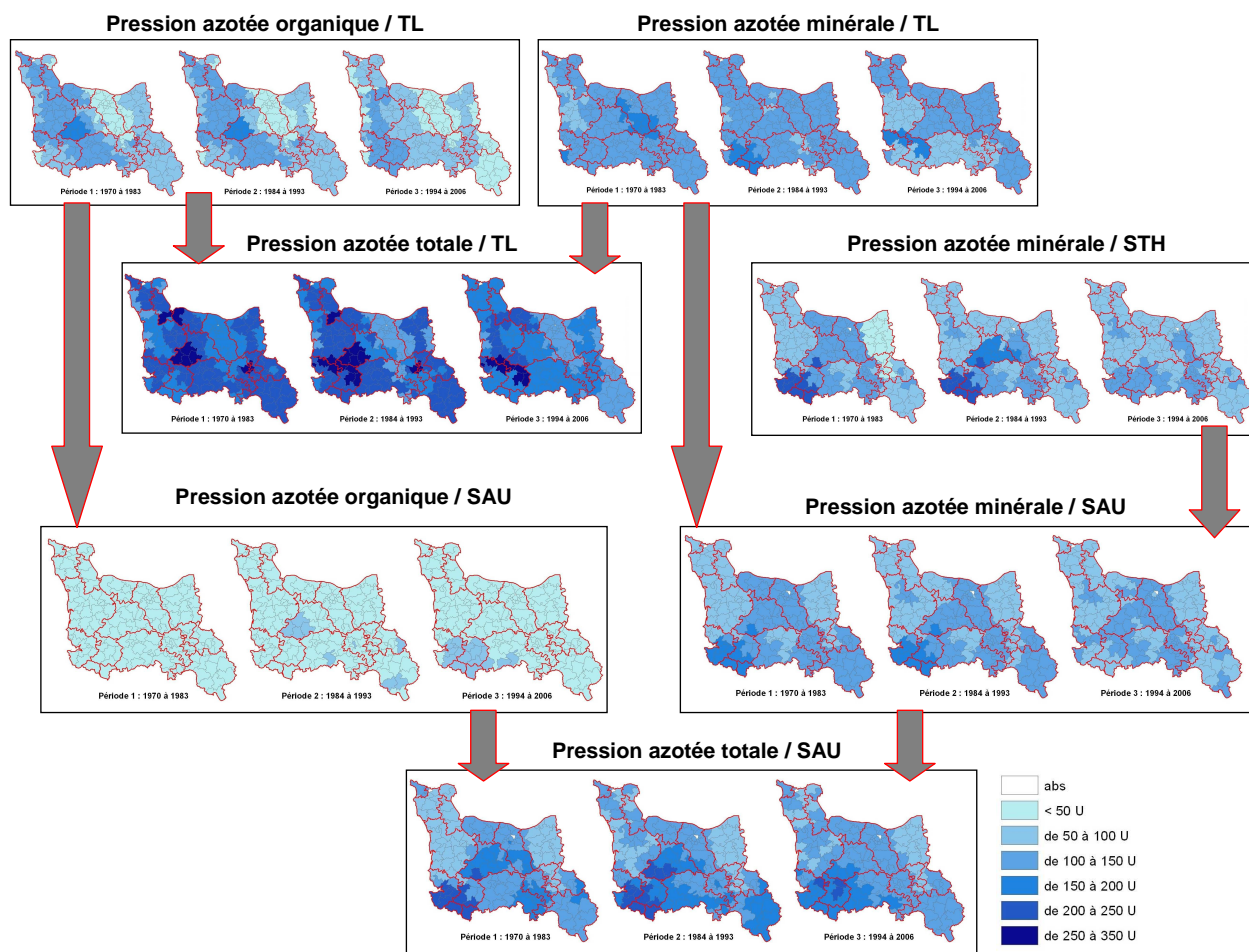


Figure 64 : Représentation de la pression azotée à l'échelle des cantons de Basse-Normandie entre 1970 et 2006, ramenée aux surfaces cultivées (Sources : BDD « Bocages Normands »)

Ces cartes (**Figure 65**) montrent tout d'abord quelles sont les zones les plus contributives en terme d'apport d'azote par rapport aux surfaces cultivées. Il semble en ressortir que le quart sud-ouest de la Basse-Normandie reçoit le plus d'azote par ha de SAU (de 150 à 200 U environ sur la dernière période) et que globalement le reste de la Manche, ainsi que le Pays d'Auge soient les moins fertilisés. Ce résultat peut sembler cohérent avec le développement d'une agriculture intensive sur le modèle « armoricain » à partir du sud-ouest de la région. Par ailleurs, d'après les cartes, la pression azotée a augmenté entre la 1^{ère} et la 2^{ème} période et a beaucoup chuté entre le 2^{ème} et la 3^{ème}, ce qui peut s'expliquer par le développement dans un 1^{er} temps d'une agriculture plus intensive (retournement de prairies, apports d'intrants accrus, etc.) et dans un 2^{ème} temps, d'une prise de conscience des problèmes environnementaux avec la mise en place de la Directive Nitrates et différents programmes d'action pour le développement d'une agriculture durable. Les organismes de gestion de l'eau pourront éventuellement confirmer ou non que les analyses d'eau vont également dans le sens de cette tendance globalement positive sur la dernière décennie.

b. La pression azotée absolue

Un autre type de résultat consiste à représenter cette pression azotée rapportée non plus à la SAU, mais en à la surface totale du canton. On peut ainsi prendre en compte d'éventuels effets de

« dilution » liés à la présence de surfaces non agricoles.

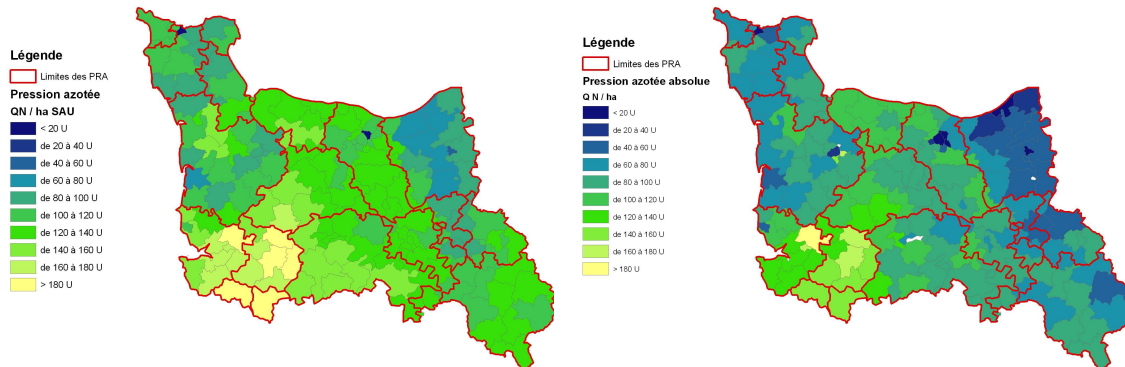


Figure 65 : Représentation de la pression azotée sur les cantons de Basse-Normandie entre 1994 et 2006, rapportée à la SAU et à la surface totale (Sources : BDD « Bocages Normands »)

La carte ci-dessus (**Figure 66**) montre entre les deux cartes un effet de dilution assez marqué notamment dans le Pays d’Auge et dans l’Orne, mais également dans les cantons urbains, ce qui peut s’expliquer par une proportion plus faible de la SAU par rapport à la surface totale. Pour valider ces cartes, nous avons cherché à les comparer avec les cartes obtenues par l’IFEN dans le cadre du programme NOPOLU - Volet agricole, dont l’objectif est de caractériser les pressions agricoles à l’échelle de la France entière, sous la forme cette fois de bilan ou de surplus d’azote, tels que défini par le CORPEN.

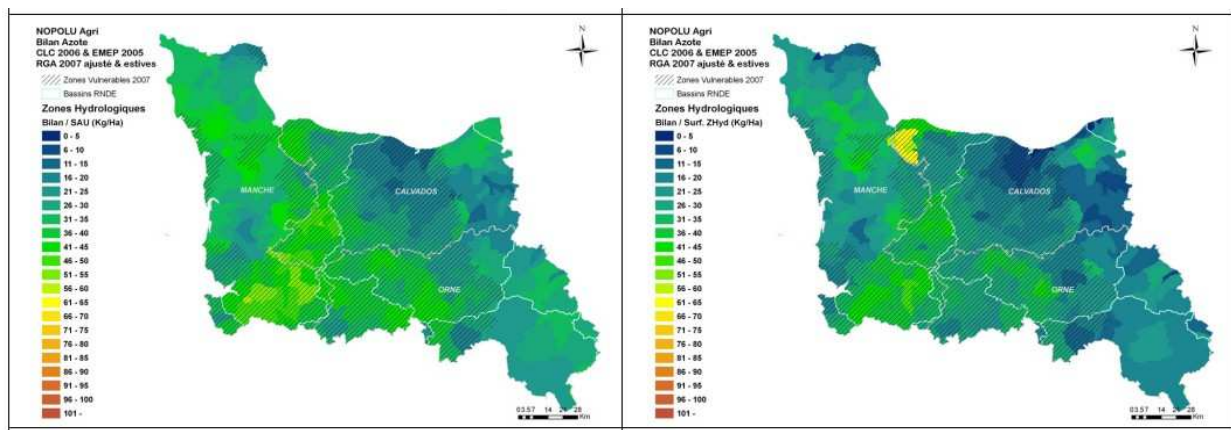


Figure 66 : Représentation du bilan azoté calculé à l’échelle cantonale dans le programme NOPOLU pour la Basse Normandie en 2006-2007

Les cartes présentées ci-dessus (**Figure 67**) ne représentent donc pas strictement le même type d’information que les cartes de pression azotée issues de la BDD présentées plus haut (**Figure 66**) et ne sont donc pas strictement comparables.

- Tout d’abord, dans le cas des données issues de la BDD, il s’agit de valeurs moyennées pour la période 1994-2006, tandis que dans le cas du programme NOPOLU, il s’agit de données calculées pour 2006-2007.
- Deuxièmement, dans le premier cas, les pressions agricoles sont exprimées en quantité d’azote totale apportée en cumulant la fertilisation minérale et organique, tandis que dans le second cas, il s’agit du calcul du bilan d’azote version CORPEN incluant les

entrées (effluents d'élevage y.c restitution directe par les animaux lors du pâturage, fertilisation azotée minérale et organique, fixation symbiotique par les légumineuses) et les sorties (exportation par les cultures et les prairies). Il s'agit donc d'un calcul beaucoup plus complexe exprimant la quantité d'azote susceptible d'être lessivée et non la quantité d'azote apportée à la parcelle, sachant qu'une grande partie de celle-ci est mobilisée pour la croissance de la culture. Les valeurs estimées sur la figure 66 sont donc beaucoup plus élevées que dans la figure 67, car elles ne prennent pas en compte les sorties.

L'objectif de cette comparaison est surtout de voir si on voit ressortir les mêmes zones les plus contributives en terme de pression azotée et de tenter d'expliquer d'éventuelles différences. Les cartes ci-dessus (**Figure 67**) montrent également un phénomène de dilution entre la carte de gauche (bilan d'azote rapporté à la SAU) et celle de droite (bilan d'azote rapporté à la surface totale). Cependant, les zones sur lesquelles la pression azotée est la plus forte sont, à l'ouest, le centre du Cotentin et le Bessin, ainsi qu'une vaste zone située sur les PRA du sud-ouest de la région (Avranchin, Mortanais) et se prolongeant en partie sur le Bocage du Calvados et le Bocage Ornaïs. La moitié ouest semble moins excédentaire en azote, notamment une bonne partie de la Plaine de Caen et du Pays d'Auge. On retrouve donc entre les deux types d'informations certaines grandes tendances, comme une pression azotée plus forte sur le quart sud-ouest et plus faible dans le nord-est de la Basse-Normandie. Cependant, la Plaine de Caen montre des écarts importants qui peuvent éventuellement s'expliquer par le fait qu'il s'agisse d'une région à fort potentiel dans laquelle les doses d'engrais sont élevées mais les rendements également. Avec la méthode des bilans, ceci aboutit à des valeurs très faibles comme le montre la Figure 67.

Cette zone étant principalement concernée par la modélisation MODCOU, il est intéressant de constater qu'il s'agit d'une zone sur laquelle les pressions azotées sont plutôt faibles à moyennes, quelles que soient le type de sources, du moins sur la période récente. Le Bessin, en revanche, est selon l'étude NOPOLU, une zone fortement excédentaire en azote tandis qu'elle semble plutôt moyenne selon la BDD « Bocages Normands ».

3.3.2 La pression azotée à l'échelle départementale

Une autre méthode de validation consistait à calculer les valeurs de pression azotée (comprises ici comme le cumul des doses d'azote organique et minéral apportées) par culture et par département en utilisant d'une part les valeurs figurant dans la BDD et d'autre part, les valeurs figurant dans l'enquête SSP (**Tableau 5**), l'objectif étant d'évaluer les écarts entre les deux sources d'information. En raison de la nature de l'échantillonnage des enquêtes SSP, cette comparaison n'était possible que pour la période récente (1994-2006), à l'échelle départementale et pour les cultures communes.

Du côté de l'enquête SSP, nous n'avons conservé, pour la suite du calcul, que les cultures présentant un nombre suffisant de parcelles enquêtées par département (soit >20) pour être représentatives (**Tableau 13**). Ceci restreint donc fortement le nombre de cultures enquêtées pour certains départements (l'escourgeon et le colza ne sont présents que dans l'Orne, le pois que dans le Calvados, la betterave dans aucun département, les seules cultures communes aux trois départements sont le blé, le maïs fourrage, les prairies permanentes).

Pour chacune des années de l'enquête SSP et chacune des cultures retenues, nous avons cherché les surfaces correspondantes issues des données SAA (**Tableau 13**), comparées à la SAU totale des exploitations. Ce tableau montre que malgré le faible nombre de cultures retenues, en surface, on atteint cependant environ 75% de la SAU du Calvados, 90% de celle de la Manche et 80% de celle de l'Orne, sauf pour l'enquête de 1994 qui ne concernait pas les prairies. On peut donc estimer que ces surfaces sont relativement représentatives à l'échelle départementale.

Tableau 13 : Surfaces des cultures retenues pour la comparaison entre enquêtes SSP et enquêtes à dire d'expert à l'échelle départementale

Périodes	Dep	1994	2001	2006
Blé tendre	14	65621	70300	78500
Mais ensilage		32620	41300	37000
Pois		29000		
Prairies permanentes			183378	174600
Total		127241	294978	290100
SAU		411679	395933	390900
%	<i>Calvados</i>	31	75	74
Blé tendre	50		31600	36200
Mais ensilage			96700	84700
Prairies permanentes			239281	231400
Prairies temporaires			53500	53600
Total		0	421081	405900
SAU		469527	451794	445800
%	<i>Manche</i>	0	93	91
Blé tendre	61	76900	72500	80500
Colza		7658		
Escourgeon		15128		
Mais ensilage		50860	51800	46900
Prairies permanentes			186996	178300
Prairies temporaires			23200	19700
Total		150546	334496	325400
SAU		427622	411600	407400
%	<i>Orne</i>	35	81	80

Pour chacune des cultures, nous avons extrait ou calculé les indicateurs suivants (**Tableau 14**):

- le pourcentage de parcelles ayant reçu un engrais organique (% N org), issu de l'enquête SSP ;
- la quantité pondérée d'azote organique apportée (Q N Org pond), estimée à partir de la quantité moyenne de fumier de bovin apportée (cf **Tableau 5**) à laquelle on a appliqué le coefficient de 5.5 kg N/tonne de fumier. Cette quantité d'azote a ensuite été pondérée par le % de parcelles ayant reçu une fertilisation organique (% N org) ;
- la quantité pondérée d'azote minéral apportée (Q N Min pond), calculée à partir de la dose moyenne d'azote pondérée par le pourcentage de parcelles ayant reçu un apport d'azote minéral (**Tableau 5**) ;
- La dose totale d'azote organique et minérale reçue par la culture (Dose N tot), résultat de la somme des deux indicateurs précédents.
- Enfin, la pression azotée calculée pour les trois années d'enquête en faisant le produit des surfaces cultivées et de la dose totale d'azote apportée.

Tableau 14 : Calcul de la pression azotée calculée par culture et par département pour la période récente à partir de l'enquête SSP

Cultures	Dép	Surfaces cultivées (en ha)			Nb Parcelles enquêtées			% N org			Q N Org pond (en U N)			Q N Min pond (en U N)			Dose Ntot (miné + orga)			Pression azotée		
		1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006	1994	2001	2006
Blé tendre	14	65621	70300	78500	37	85	87	0	4	2	0	6	3	148	169	165	148	175	168	9711908	12292162	13176108
	50	31600	36200		45	52		13	12		25	20		123	125		148	145		4663458	5243431	
	61	76900	72500	80500	36	60	98	6	7	7	11	10	11	138	159	151	149	169	162	11458100	12238000	13063318
Colza	61	7658			27			4			7			123			130			998093		
Escourgeon	61	15128			30			7			14			121			135			2040162		
Mais ensilage	14	32620	41300	37000	32	61	41	91	80	80	179	128	115	85	71	73	264	199	188	8625951	8230548	6948780
	50	96700	84700		65	98		86	87		161	153		78	60		239	213		23081546	18031593	
	61	50860	51800	46900	49	47	73	80	85	85	158	131	135	72	59	46	230	190	182	11677041	9844204	8515241
Pois	14	29000			31			3			6			0			6			185226		
Prairies temporaires	50	53500	53600		50	93		18	34		34	61		98	73		131	133		7025620	7150125	
	61	23200	19700		62	48		18	27		27	43		81	58		109	101		2521316	1990316	
Prairies permanentes	14	183378	174600		68	66		12	24		19	35		33	32		51	67		9433180	11637355	
	50	239281	231400		77	106		13	15		24	27		59	41		83	67		19882076	15580206	
	61	186996	178300		60	65		10	15		15	25		43	39		58	64		10917450	11413943	

Du côté de la base de données à dire d'experts, nous avons constitué un tableau contenant les mêmes cultures pour les mêmes départements et ce, uniquement pour la troisième période (**Tableau 15**). Nous y avons indiqué les mêmes descripteurs que dans le tableau précédent, à savoir : les surfaces moyennes cultivées pour chacune des cultures, le pourcentage de parcelles ayant reçu un amendement organique, la quantité pondérée d'azote organique, la quantité pondérée d'azote minérale, la dose totale d'azote, et enfin le calcul de la pression azotée par culture et par département.

Tableau 15 : Calcul de la pression azotée calculée par culture et par département pour la période récente à partir de la BDD « Bocages Normands »

Cultures	Dép	Surfaces cultivées (en ha)	% N org	Q N Org pond (en U N)	Q N Min Pond (en U N)	Dose N Tot	Pression azotée totale
Périodes	BDD	3	3	3	3	3	3
Blé tendre	14	75668	0	0	170	170	12888320
	50	37954	0	0	124	124	4692577
	61	74389	0	0	161	161	11978660
Colza	61	9483	2	4	159	163	1545348
Escourgeon	61	16319	0	0	139	139	2274897
Maïs ensilage	14	40025	87	182	104	286	11461769
	50	79822	98	218	73	291	23240138
	61	55453	98	214	23	237	13145855
Pois	14	19247	0	0	0	0	0
Prairies temporaires	50	51342	0	0	167	167	8576997
	61	25224	0	0	180	180	4528397
Prairies permanentes	14	190111	0	0	81	81	15473312
	50	258342	0	0	77	77	19981536
	61	197426	0	0	91	91	18014727

L'étape suivante consistait à confronter les résultats obtenus de part et d'autre : une seule colonne dans le cas de la BDD « bocages Normands » que nous avons comparées à trois colonnes dans le cas de l'enquête SSP. Les valeurs des trois années d'enquêtes ont été transformées en trois fourchettes de valeurs : minimum, maximum et moyenne, afin de pouvoir comparer les données à dire d'experts à ces différentes grandeurs (**Tableau 16**).

Tableau 16 : Quantité totale d'azote appliquée en Basse-Normandie entre 1992 et 2007 par culture et par département selon les enquêtes SSP et les enquêtes à dire d'experts

Cultures	Dép	Pression azotée totale			Coeff enquêtes SSP/BDD			
		BDD	Enquêtes SSP		Min	Max	Moy	
		Période 1993-2007	Min	Max				moyenne
Blé tendre	14	12888320	9711908	13176108	11726726	0.75	1.02	0.91
	50	4692577	4663458	5243431	4953444	0.99	1.12	1.06
	61	11978660	11458100	13063318	12253139	0.96	1.09	1.02
Colza	61	1545348	998093	998093	998093	0.65	0.65	0.65
Escourgeon	61	2274897	2040162	2040162	2040162	0.90	0.90	0.90
Maïs ensilage	14	11461769	6948780	8625951	7935093	0.61	0.75	0.69
	50	23240138	18031593	23081546	20556570	0.78	0.99	0.88
	61	13145855	8515241	11677041	10012162	0.65	0.89	0.76
Pois	14	0	185226	185226	185226			
Prairies temporaires	50	8576997	7025620	7150125	7087872	0.82	0.83	0.83
	61	4528397	1990316	2521316	2255816	0.44	0.56	0.50
Prairies permanentes	14	15473312	9433180	11637355	10535267	0.61	0.75	0.68
	50	19981536	15580206	19882076	17731141	0.78	1.00	0.89
	61	18014727	10917450	11413943	11165696	0.61	0.63	0.62

Les résultats ci-dessus montrent que les données à dire d'expert, telles qu'elles figurent dans la base de données, surestiment généralement les données du SSP, ce que nous avons déjà constaté dans ce même chapitre. Les cultures pour lesquelles le niveau de concordance est le meilleur sont le blé, suivi de l'orge (mais une seule valeur). Pour les prairies, ainsi que le maïs fourrage, on a une estimation relativement bonne pour la Manche (> à 80%) mais très largement surestimée pour l'Orne et le Calvados.

Si on synthétise à présent les résultats par départements (**Tableau 17**), on s'aperçoit que ce sont effectivement le Calvados, suivi de l'Orne qui sont les départements dans lesquels les biais semblent les plus importants (surestimation d'environ 25%), mais il s'agit également des départements dans lesquelles les surfaces cultivées sont les moins bien couvertes par l'enquête SSP.

Tableau 17 : Quantité totale d'azote appliquée en Basse-Normandie entre 1992 et 2007 par département selon l'enquête SSP et des enquêtes à dires d'experts

Cultures	Dép	Pression azotée totale			Coeff enquêtes SSP/BDD			
		BDD	Enquêtes SSP		Min	Max	Moy	
		Période 1993-2007	Min	Max				moyenne
Blé tendre	14	12888320	9711908	13176108	11726726	0.75	1.02	0.91
Maïs ensilage	14	11461769	6948780	8625951	7935093	0.61	0.75	0.69
Pois	14	0	185226	185226	185226			
Prairies permanentes	14	15473312	9433180	11637355	10535267	0.61	0.75	0.68
		39823401	26279094	33624639	30382312	0.66	0.84	0.76
Blé tendre	50	4692577	4663458	5243431	4953444	0.99	1.12	1.06
Maïs ensilage	50	23240138	18031593	23081546	20556570	0.78	0.99	0.88
Prairies permanentes	50	19981536	15580206	19882076	17731141	0.78	1.00	0.89
Prairies temporaires	50	8576997	7025620	7150125	7087872	0.82	0.83	0.83
		56491248	45300876	55357177	50329027	0.80	0.98	0.89
Blé tendre	61	11978660	11458100	13063318	12253139	0.96	1.09	1.02
Colza	61	1545348	998093	998093	998093	0.65	0.65	0.65
Escourgeon	61	2274897	2040162	2040162	2040162	0.90	0.90	0.90
Maïs ensilage	61	13145855	8515241	11677041	10012162	0.65	0.89	0.76
Prairies permanentes	61	18014727	10917450	11413943	11165696	0.61	0.63	0.62
Prairies temporaires	61	4528397	1990316	2521316	2255816	0.44	0.56	0.50
		51487885	35919361	41713873	38725069	0.70	0.81	0.75

Conclusion

Le travail réalisé au cours de ces 7 mois a permis d'approfondir les méthodes développées à l'INRA de Mirecourt dans le cadre du PIREN-Seine sur la récolte de données concernant les pratiques agricoles. Un travail a été mené pour adapter ces méthodes à des échelles plus fines, en prenant en compte les différences spatiales pouvant apparaître entre des répartitions de pratiques agricoles et des répartitions d'occupation des sols, à travers un double-zonage représenté dans la base de données des « Bocages Normands ». L'approfondissement de la méthodologie concernant les pratiques agricoles sur prairies permanentes a également constitué une proportion importante de ce travail. Cependant, au vu des résultats obtenus sur les comparaisons entre sources d'information montrant que les prairies (temporaires et permanentes) sont souvent les cultures dont les pratiques sont les moins bien estimées par les experts, il reste encore à affiner les techniques d'enquêtes...

En amont, un important travail de traitement des données issues des statistiques agricoles a permis de retracer l'historique des pratiques agricoles en Basse-Normandie. Celui-ci a notamment mis en évidence une importante conversion des logiques d'utilisation des terres à partir du début des années 70, qui justifie *a posteriori* le recul historique choisi pour cette étude, avec un phénomène de retournement des prairies permanentes au profit des terres labourables. On a mis en évidence le fait que la proportion des terres labourables atteinte en 2006 était similaire à celle qu'on avait au début du siècle dernier, sauf qu'entre temps, les cultures implantées et les pratiques de fertilisation azotée ont beaucoup changé et sont certainement à l'origine de la pollution enregistrée actuellement. Mais c'est justement le rôle de cette étude de pouvoir mettre en lien les pratiques agricoles et la qualité des eaux souterraines à travers la modélisation.

En conclusion de ce document, il est également important de souligner les réserves liées aux types d'informations collectées, afin de formuler des recommandations quant à la diffusion des résultats, et plus généralement à l'utilisation de la base de données Pratiques Agricoles des « Bocages Normands ».

Comme nous l'avons expliqué, le fait d'avoir enquêté des personnes spécialistes d'un territoire pour nous parler de l'ensemble de la période étudiée privilégie la qualité de la comparaison temporelle par rapport à la celle de la comparaison spatiale. Ce choix a été contraint par le faible nombre d'experts disponibles possédant l'expérience nécessaire, par le temps qui aurait été nécessaire pour faire suffisamment d'enquêtes en exploitation pour avoir une validité statistique concernant les pratiques (travail impossible à réaliser). L'autre piste envisagée, qui aurait été de convoquer sur un à deux jours plusieurs experts d'un même département pour leur permettre de discuter et de confronter leurs points de vue, a été écartée pour des raisons d'investissement en temps de ces experts. Il ressort, après ce travail, que cette solution aurait sûrement été une bonne alternative qui aurait permis de consolider les données, d'autant plus que les experts ont eux-mêmes formulé l'idée.

Cette piste est toutefois à garder en tête pour la réalisation d'un travail du même genre. Les chambres d'agriculture, notamment, gagneraient à organiser ce genre de réunion pour recueillir les connaissances de leurs experts de manière systématique, ce qui épargnerait des entretiens répétés de leurs conseillers avec des chercheurs, et permettrait en plus d'obtenir des données plus fiables. Les problématiques environnementales et sociales actuelles laissent présager que des demandes d'informations concernant l'agriculture et plus spécialement les pratiques agricoles risquent de fortement se développer au cours des prochaines années, avec la nécessité de prendre en compte l'aspect historique pour mieux appréhender l'évolution de certaines ressources (eau, biodiversité, paysage). Il est ainsi important de penser à développer des moyens efficaces pour récolter ces données historiques, tant que les acteurs pouvant en parler sont encore là. Ces connaissances pourraient être enregistrées dans des sortes

d'« observatoires » territoriaux, dont l'intérêt commence à être largement connu et partagé, même si la plupart d'entre eux se focalisent pour le moment sur le recueil des données actuelles.

La validation des données obtenues auprès des experts, et particulièrement dans la Plaine de Caen (qui est en zone vulnérable et au-dessus des couches Bathonien-Bajocien), aurait du constituer une part de ce travail. Malheureusement, le temps imparti n'a pas permis d'aller jusque là. Il aurait par exemple été possible d'organiser une réunion d'expert (comme décrit précédemment), ou de faire quelques enquêtes supplémentaires auprès d'anciens agriculteurs connaissant bien leur territoire.

A titre d'exemple, une validation rapide de la base de données « Bocages Normands » a confirmé une nette tendance à la surestimation de certains paramètres par les experts, tels que la proportion de CIPAN implantée, le rendement moyen, mais plus important, la fertilisation azotée minérale. Comme ils ont par ailleurs tendance à sous-estimer la proportion de parcelles ayant reçu un engrais organique, il se peut que certains biais se compensent entre eux, notamment pour les prairies. Nous avons essayé de le vérifier à l'échelle d'un calcul de la pression azotée totale (quantité d'azote apportée) à l'échelle des trois départements selon les deux types d'information dont nous disposions (BDD à dire d'experts et enquêtes SSP). En prenant en compte les surfaces cultivées, les quantités d'azote organique et minéral, on obtient une surestimation de l'ordre de 25% en moyenne pour l'Orne et le Calvados, de 11% pour la Manche. Mais il s'agit là uniquement d'ordre de grandeur, car comme nous l'avons vu, les enquêtes SSP sont très lacunaires : il manque pour certains départements de nombreuses cultures et il n'est pas sûr que l'échantillon utilisé soit représentatif à l'échelle départementale...

Cependant, cette tendance à la surestimation des apports d'azote est une tendance que nous avons déjà constatée, même s'il est difficile de la quantifier exactement. Il convient donc d'interpréter les résultats issus de la modélisation et donc basés sur ces données sur les pratiques agricoles en gardant cette information à l'esprit.

Liste des figures

Tableau 1 : Données mobilisées pour l'étude des évolutions temporelles de l'assolement en Basse-Normandie.....	11
Tableau 2 : Nombre d'enquêtes réalisées en Basse-Normandie pour l'enquête « pratiques culturales sur grandes cultures » entre 1994 et 2006 (Sources : SSP).....	13
Tableau 3 : Extraction et regroupement des triplets de cultures sur la région Basse-Normandie entre 1992 et 2002	21
Tableau 4 : Extraction et regroupement des triplets de cultures sur le département de l'Orne entre 1977 et 2003.....	22
Tableau 5 : Fertilisation azotée minérale et organique moyenne par culture et par département (Sources : Enquêtes « Pratiques culturales sur grandes cultures » 1994, 2001 et 2006, SSP).....	23
Tableau 6 : Autres descripteurs de l'itinéraire technique : pourcentage de labour, dates de semis et de récolte et rendements moyens par culture et par département (Sources : Enquêtes « Pratiques culturales sur grandes cultures » 1994, 2001 et 2006, SSP).....	26
Tableau 7 : Utilisation d'effluents organiques par département en Basse-Normandie (Sources : Enquêtes « Pratiques culturales sur grandes cultures » 1994, 2001 et 2006, SSP).....	28
Tableau 8 : Correspondance entre PRA et classes de cantons identifiées à l'échelle du département de l'Orne.....	53
Tableau 9 : Méthode de calcul des successions majoritaires à partir de données sur l'assolement...	54
Tableau 10 : Synthèse par département et par période des principaux descripteurs de l'ITK présents dans la base de données Basse-Normandie (% de la culture dans la SAU, % d'implantation de CIPAN, % enfouissement des résidus, % de labour avant implantation), comparés aux résultats issus de l'enquête SSP « Pratiques culturales sur grandes cultures » de 1994, 2001 et 2006 (en gris).....	71
Tableau 11 : Synthèse par département et par période des principaux descripteurs de l'ITK présents dans la base de données Basse-Normandie (date de semis, date de récolte, rendement), comparés aux résultats issus de l'enquête SSP « Pratiques culturales sur grandes cultures » de 1994, 2001 et 2006 (en gris).....	72
Tableau 12 : Synthèse par département et par période des principaux descripteurs de l'ITK présents dans la base de données Basse-Normandie (fertilisation azotée organique et minérale), comparés aux résultats issus de l'enquête SSP « Pratiques culturales sur grandes cultures » de 1994, 2001 et 2006 (en gris).....	74
Tableau 13 : Surfaces des cultures retenues pour la comparaison entre enquêtes SSP et enquêtes à dire d'expert à l'échelle départementale.....	89
Tableau 14 : Calcul de la pression azotée calculée par culture et par département pour la période récente à partir de l'enquête SSP.....	89
Tableau 15 : Calcul de la pression azotée calculée par culture et par département pour la période récente à partir de la BDD « Bocages Normands »	90
Tableau 16 : Quantité totale d'azote appliquée en Basse-Normandie entre 1992 et 2007 par culture et par département selon les enquêtes SSP et les enquêtes à dire d'experts	90
Tableau 17 : Quantité totale d'azote appliquée en Basse-Normandie entre 1992 et 2007 par département selon l'enquête SSP et des enquêtes à dire d'experts.....	91
Figure 3 : Présentation de la zone d'étude et des différents maillages utilisés.....	6
Figure 5: Importance des principaux types d'occupation du sol en Basse-Normandie (sources : Corine Land Cover 2000).....	7
Figure 6 : Cartographie cantonale des principales occupations du sol (Sources : Corine Land Cover 2000).....	8
Figure 7 : Typologie des cantons en fonction des grands types d'occupation du sol en Basse-Normandie (sources : Corine Land Cover 2000).....	9

Figure 8 : Interprétation d'un diagramme de Markov (Transitions entre cultures).....	12
Figure 9 : Evolution des surfaces cultivées dans les départements de Basse-Normandie entre 1970 et 2007 (Sources : SAA, RGA, Agreste).....	14
Figure 10 : Evolution des surfaces de Terres labourables dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste).....	15
Figure 11 : Evolution de l'assolement en Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste).....	16
Figure 12 : Diagramme de Markov présentant les transitions entre cultures dans le département de l'Orne entre 1977 et 2003 (Probabilité minimum pour l'affichage : 1% (Sources : DDAF Orne).....	17
Figure 13 : Diagramme de Markov présentant les transitions entre cultures dans la région Basse-Normandie entre 1992 et 2002 (Probabilité minimum pour l'affichage : 1%) (Sources : Teruti, Agreste).....	18
Figure 14 : Diagrammes de Markov présentant les transitions entre cultures à l'échelle de chaque PRA de la région Basse-Normandie entre 1992 et 2002 (Probabilité minimum pour l'affichage : 2%) (Sources : Teruti, Agreste).....	19
Figure 15 : Représentation graphique (« boîtes à moustaches ») de la dispersion de la variable « fertilisation azotée » par culture et par année (Sources : Enquêtes « Pratiques culturales sur grandes cultures » 1994, 2001 et 2006, SSP).....	25
Figure 16 : Niveaux de dégradation des masses d'eau souterraine par les nitrates en 2006 (Sources : AESN).....	29
Figure 17 : Masses d'eau souterraines du secteur Bocages Normands et état vis-à-vis des polluants (Sources : commission géographique Bocages Normands, 2005).....	30
Figure 18 : Les zones vulnérables aux nitrates d'origine agricole.....	30
Figure 19 : Représentation schématique des différents modèles intervenant dans le couplage STICS-MODCOU.....	33
Figure 20 : Organisation spatiale des données météorologiques, pédologiques et agricoles au sein du modèle STICS spatialisé.....	34
Figure 21 : Schéma des principaux descripteurs des activités agricoles et de leurs relations.....	35
Figure 22 : Représentation synthétique et simplifiée de la base de données Pratiques Agricoles Bocages Normands.....	37
Figure 23 : Structure détaillée de la table PRAIRIE-ITK.....	38
Figure 24 : Structure détaillée de la table CULT_SUCC_ITK.....	40
Figure 25 : Le recueil des données sur les pratiques agricoles : les enquêtes à dire d'expert.....	41
Figure 26 : Classes de cantons considérés comme homogènes du point de vue des pratiques agricoles (dires d'experts). Les classes correspondent aux différents groupes d'itinéraires techniques définis dans la base de données.....	42
Figure 27 : Evolution des surfaces cultivées dans la région Basse-Normandie entre 1970 et 2007 (Sources : SAA, Agreste).....	44
Figure 28 : Comparaison des surfaces annuelles obtenues par culture entre données SAA (en courbes continues) et données RGA reconstituées (en courbes discontinues).....	45
Figure 29 : Caractéristiques des classes obtenues par PTA sur l'assolement cantonal entre 1970 et 2006.....	48
Figure 30 : Classification spatiale et temporelle des cantons en fonction de l'assolement entre 1970 et 2006.....	49
Figure 31 : Caractéristiques des classes de cantons selon leur système d'élevage (évolution temporelle des surfaces des différents fourrages et types d'animaux ramenés à la SAU des cantons).....	51
Figure 32 : Classification spatiale et temporelle des cantons selon leur système d'élevage (surfaces en productions fourragères et nombres d'animaux ramenés à la SAU totale des cantons).....	52
Figure 33 : Comparaison par période et par département des surfaces cultivées (SAU, STH et TL) issues de la base de données « Bocages normands » et des statistiques agricoles disponibles.....	57

Figure 34 : Comparaison par période et par département des surfaces en cultures issues de la base de données « Bocages normands » et des statistiques agricoles disponibles (à gauche, données SAA, au milieu, données RGA extrapolées, à droite, données issues de la BDD).....	58
Figure 35 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en prairies permanentes de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	60
Figure 36 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en blé tendre de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	61
Figure 37 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en maïs fourrage de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	61
Figure 38 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en prairies temporaires de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	62
Figure 39 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en orge de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	63
Figure 40 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en colza de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	64
Figure 41 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en protéagineux de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	65
Figure 42 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en maïs grain de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	65
Figure 43 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en autres céréales de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	66
Figure 44 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en betteraves de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	67
Figure 45 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en lin textile de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	67
Figure 46 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en légumes de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	68
Figure 47 : Comparaison des pourcentages de surfaces cantonales en pomme de terre de la Basse-Normandie entre données RGA des années 1979, 1988 et 2000 (en haut) et données extraites par périodes de la BDD « Bocages normands » (en bas).....	69
Figure 48 : Cartographie de l'évolution de la fertilisation totale sur blé (Sources : Base de données « pratiques agricoles »).....	76
Figure 49 : Cartographie de l'évolution du fractionnement des apports d'azote sur blé (Sources : base de données « pratiques agricoles »).....	77
Figure 50 : Cartographie de l'évolution du non-labour sur blé (Sources : base de données « pratiques agricoles »).....	77
Figure 51 : Cartographie de l'évolution du rendement sur blé (Sources : base de données « pratiques agricoles »).....	78
Figure 52 : Cartographie de l'évolution de la fertilisation minérale sur maïs fourrage (Sources : Base de données « pratiques agricoles »).....	78
Figure 53 : Cartographie de l'évolution du fractionnement des apports d'azote sur maïs fourrage (Sources : base de données « pratiques agricoles »).....	79

<i>Figure 54 : Cartographie de l'évolution de la part de maïs fourrage ayant reçu un engrais organique (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)</i>	79
<i>Figure 55 : Cartographie de l'évolution de la dose d'engrais organique sur maïs fourrage (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)</i>	79
<i>Figure 56 : Cartographie de l'évolution du non-labour sur maïs fourrage (Sources : base de données « pratiques agricoles »)</i>	80
<i>Figure 57 : Cartographie de l'évolution du rendement sur maïs fourrage (Sources : base de données « pratiques agricoles »)</i>	80
<i>Figure 58 : Cartographie de l'évolution du rendement sur maïs fourrage (Sources : base de données « pratiques agricoles »)</i>	81
<i>Figure 59 : Cartographie de l'évolution de la dose d'engrais minéral sur prairies temporaires (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)</i>	81
<i>Figure 60 : Cartographie de l'évolution du fractionnement des apports d'azote sur prairies temporaires (Sources : base de données « pratiques agricoles »)</i>	82
<i>Figure 61 : Cartographie de l'évolution du fractionnement des apports d'azote sur prairies temporaires (Sources : base de données « pratiques agricoles »)</i>	82
<i>Figure 62 : Cartographie de l'évolution de la dose d'engrais minéral sur prairies permanentes (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)</i>	83
<i>Figure 63 : Cartographie de l'évolution du fractionnement des apports d'azote sur prairies permanentes (Sources : base de données « pratiques agricoles »)</i>	83
<i>Figure 64 : Cartographie de l'évolution des types d'usage des prairies permanentes (Sources : Base de données « pratiques agricoles »)</i>	84
<i>Figure 65 : Représentation de la pression azotée à l'échelle des cantons de Basse-Normandie entre 1970 et 2006, ramenée aux surfaces cultivées (Sources : BDD « Bocages Normands »)</i>	86
<i>Figure 66 : Représentation de la pression azotée sur les cantons de Basse-Normandie entre 1994 et 2006, rapportée à la SAU et à la surface totale (Sources : BDD « Bocages Normands »)</i>	87
<i>Figure 67 : Représentation du bilan azoté calculé à l'échelle cantonale dans le programme NOPOLU pour la Basse Normandie en 2006-2007</i>	87

Annexes

Annexes	98
<i>Annexe 1 : Typologie de l'occupation du sol à l'échelle cantonale en Basse-Normandie.....</i>	<i>1</i>
<i>Annexe 2 : Evolution des surfaces cultivées en Basse-Normandie.....</i>	<i>3</i>
1 Sources d'informations et traitements réalisés.....	3
2 Résultats par cultures	4
a. Les surfaces agricoles utilisées et les terres labourables	5
b. Les céréales	9
c. Les cultures industrielles	14
d. Les surfaces fourragères	23
3 Résultats par département	31
a. Evolution de l'assolement dans le Calvados (1970-2007).....	31
b. Evolution de l'assolement dans la Manche (1970-2007).....	32
c. Evolution de l'assolement dans l'Orne (1970-2007).....	33
Annexe 3 : Les successions de cultures dominantes en Basse-Normandie	34
1 Diagrammes de Markov (sources : Enquête Teruti, Agreste ; traitement : CarottAge)	34
1.1 Données Teruti Basse-Normandie 1992-2002	34
1.1.1 Données Teruti - Département du Calvados 1992-2002.....	35
1.1.2 Données Teruti - Département de la Manche 1992-2002.....	36
1.1.3 Données Teruti - Département de l'Orne 1992-2002	38
1.2 Données Teruti orne 1977-2003.....	40
2 Triplets de cultures (sources : Enquête Teruti, Agreste ; traitement : CarottAge).....	43
2.1 Extrait des principaux triplets de cultures par PRA à l'échelle de la Basse-Normandie entre 1992-2002 (> 0,05 %).....	43
2.2 Extrait des principaux triplets de cultures par PRA à l'échelle du département de l'Orne pour 3 périodes (comprises entre 1977 et 2003)	44
2.3 Extrait des principaux triplets de cultures à l'échelle de la PRA du Perche Ornais (PRA 61351) pour 3 périodes (sources : Données Teruti Orne 1977-2003) : en couleur, les triplets mobilisés dans la base de données	45
Annexe 4 : Les enquêtes à dire d'experts	46
1 Fiche d'entretien pour les itinéraires techniques sur prairies permanentes	46
2 Fiche d'entretien pour les itinéraires techniques sur cultures	49
3 Liste des experts enquêtés.....	54
Annexe 5 : Les extractions de la Base de données « pratiques agricoles des Bocages Normands » (compléments).....	55
1 Les itinéraires techniques sur blé tendre	55
2 Les itinéraires techniques sur prairies temporaires	56
3 Les itinéraires techniques sur maïs fourrage.....	57

Annexe 1 : Typologie de l'occupation du sol à l'échelle cantonale en Basse-Normandie

Présentation de la démarche :

Comme les variables choisies (les 6 grands types d'occupation du sol identifiés) étaient toutes des variables quantitatives, nous avons réalisé une ACP (Analyse en Composante Principale)¹⁸. Cette méthode statistique permet de synthétiser sous forme graphique simple les informations contenues dans un tableau de données. Les six variables retenues peuvent donc être représentées sur les deux premiers plans factoriels extraits par l'ACP¹⁹ (**Figure 1**).

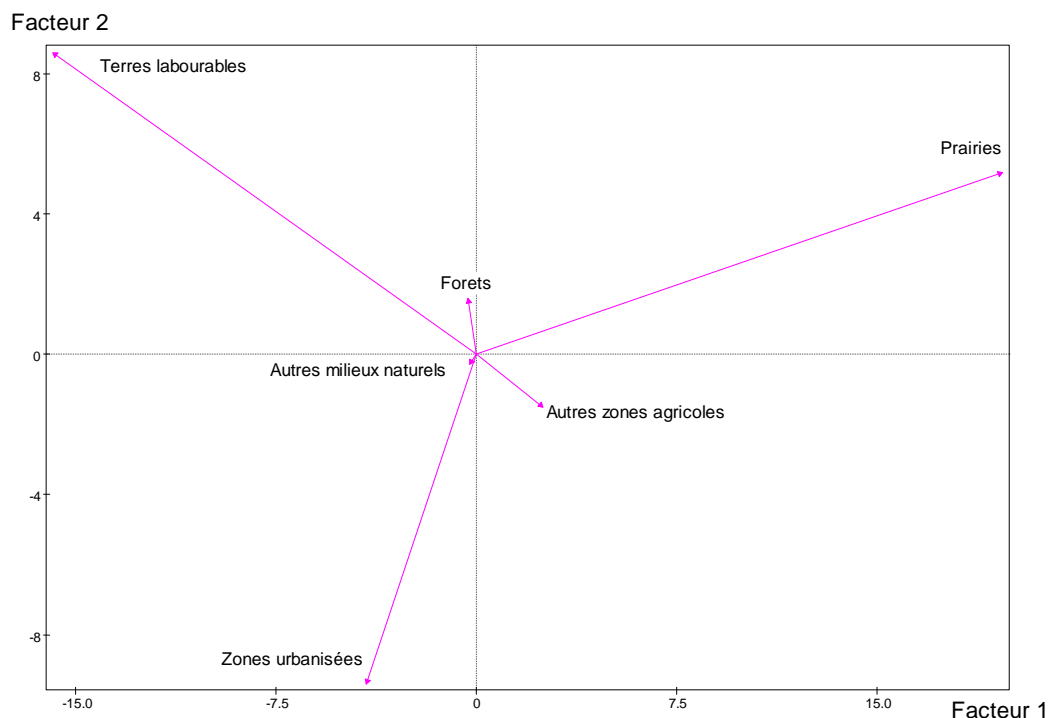


Figure 67 : Représentation des 6 variables initiales sur le premier plan factoriel

Ce graphique montre que les variables ayant le plus de poids dans l'analyse sont les terres labourables, les prairies et les zones urbanisées, car ce sont celles qui présentent le plus de dispersion. Les trois autres sont peu ou pas discriminantes. Le premier facteur discrimine les cantons ayant une proportion croissante de prairies au détriment des terres labourables, tandis que le 2^{ème} facteur représente ceux qui ont un gradient croissant de surfaces agricoles au détriment des surfaces urbanisées. Les autres zones agricoles ne sont bien représentées que sur le 3^{ème} facteur, et les forêts sur le 4^{ème}. Les autres milieux naturels ne sont donc pas discriminants dans le cas d'une analyse non normée.

Nous avons ensuite conduit une CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) qui permet de regrouper les individus (148 cantons) en classes les moins nombreuses et les plus homogènes possibles. Cette étape a porté sur leurs coordonnées des individus sur les 4 premiers facteurs de l'ACP, afin de conserver de l'information sur les 5 principaux types d'occupation du sol dans

¹⁸ Nous avons choisi de réaliser une analyse non normée car les variables étant toutes exprimées dans la même unité (% de surface), elles n'avaient pas besoin d'être centrées-réduites pour devenir comparables.

¹⁹ D'après la matrice des valeurs propres, ces deux axes sont très représentatifs car ils représentent à eux seuls 87% de la variance expliquée.

l'analyse. La typologie choisie au final comporte 6 classes que nous avons représentées à la fois sous forme graphique (**Figure 1**) et sous forme cartographique (**v. rapport Figure 7**).

Facteur 2

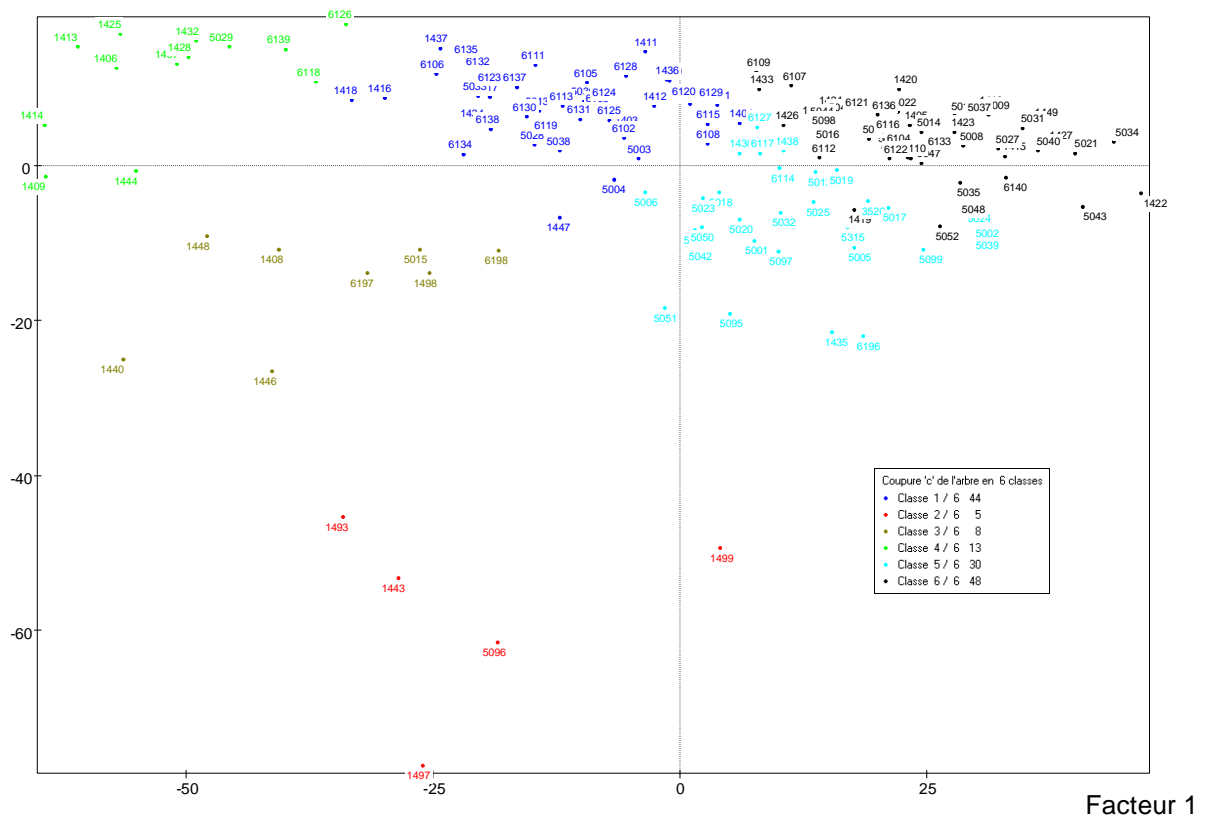


Figure 68 : Représentation des 148 cantons sur le premier plan factoriel et mise en évidence des 6 classes retenue par la Classification Ascendante Hiérarchique

Annexe 2 : Evolution des surfaces cultivées en Basse-Normandie

1 Sources d'informations et traitements réalisés

Dans les pages qui suivent, nous avons cherché à représenter l'évolution de l'agriculture en Basse-Normandie au travers des différentes sources de données dont nous disposons sur les surfaces cultivées.

- les données des Statistiques Agricoles Annuelles (SAA) à l'échelle départementale entre 1913 et 2007 (début des données disponibles variable selon les cultures) en ha ou en % de SAU ;
- les données issues des Recensements Généraux de l'Agriculture (RGA) de 1970, 1979, 1988 et 2000 agrégées à l'échelle cantonale ou départementale, en ha ou en % de SAU ;
- les données issues des déclarations de surfaces PAC 2006 - Système d'information de sources administratives (SISA), obtenues à l'échelle communale et agrégées à l'échelle cantonale (estimation des données manquantes en raison de la confidentialité de certaines données à l'échelle communale).

Ces données nous ont été fournies par le SRISE de Basse-normandie (DRAF) et nous ont permis d'obtenir 3 types de documents :

- 1) **Un tableau synthétique présentant l'évolution des principales surfaces cultivées par département en Basse-Normandie entre 1970 et 2006 (Tableau 1).**

Il indique les surfaces brutes cultivées (en ha), leur pourcentage par rapport à la SAU ainsi que leur pourcentage de variation sur l'ensemble de la période étudiée et entre chaque recensement. Il est basé sur les données RGA pour les années 1970, 1979, 1988 et 2000 et sur les données SAA pour l'année 2006. Les deux cantons annexes inclus dans la zone d'étude (hors Basse-Normandie) n'ont pas été intégrés dans ce tableau pour pouvoir comparer les différentes sources d'information entre elles sur des surfaces identiques. En raison des origines différentes des données entre 2000 et 2006, il convient donc d'interpréter avec prudence les évolutions constatées entre ces deux années. En effet, les nomenclatures ne sont pas forcément identiques entre les deux sources d'informations, notamment concernant la distinction entre les différents types de prairies (STH, prairies temporaires et artificielles). Ce tableau servira pour l'interprétation des cartes d'évolution des cultures à l'échelle cantonale.

- 2) **Des graphiques présentant l'évolution annuelle des surfaces cultivées (en ha) par département pour les principales cultures sur le temps long ;**

Ils ont été obtenus à partir des données SAA et permettent non seulement d'interpréter l'évolution de l'agriculture de la Basse-Normandie avec un recul historique important, au-delà de notre période d'étude (1970-2007), mais également de connaître la variabilité des surfaces entre deux recensements agricoles. Les données issues des RGA ont donc été superposées aux courbes SAA pour estimer d'éventuels biais entre sources d'informations.

- 3) **Des cartes présentant l'évolution des surfaces cultivées à l'échelle cantonale en % de SAU entre 1970 et 2006.**

Pour observer l'évolution des surfaces cultivées à une échelle plus fine (ici le canton), nous avons utilisé d'une part les données cantonales issues des RGA 1970, 1979, 1988 et 2000, et d'autre part, les données issues du fichier SISA 2006. Pour ce dernier, il convient de souligner qu'il s'agit pour certaines catégories de données estimées à partir de données communales souvent lacunaires (car confidentielles). D'autre part, la nomenclature n'est pas toujours identique selon le type de sources de données. Il a par exemple fallu additionner les classes « colza » et « gel industriel » des données SISA pour obtenir des données comparables à la classe « colza » du RGA. Dans le cas des différents types de prairies, le même problème se pose que pour les données SAA.

a. Les surfaces agricoles utilisées et les terres labourables

1) La SAU totale des départements et la SAU totale des exploitations des départements

Les données SAA indiquent deux types de SAU : la SAU totale du département et à partir de 1989, la SAU totale des exploitations du département. C'est la 1^{ère} qui est représentée sur le graphique annuel (**Figure 1**) montrant son évolution entre 1913 et 2007, tandis que la 2^{ème}, comparable aux données RGA, a été utilisée dans le tableau synthétique (**Tableau 1**). Ces dernières ont été superposées sur le graphique pour montrer les différences entre ces deux SAU estimées.

L'évolution de la SAU totale par département (**Figure 1**) sur une période longue (1913-2007) montre qu'elle a légèrement augmenté jusque dans les années 70, avec de fortes fluctuations dans le cas du Calvados, alors qu'elle est restée très stable dans le cas de l'Orne. Cette SAU totale a ensuite commencé à décroître de manière continue jusqu'en 2007, particulièrement dans le département de la Manche.

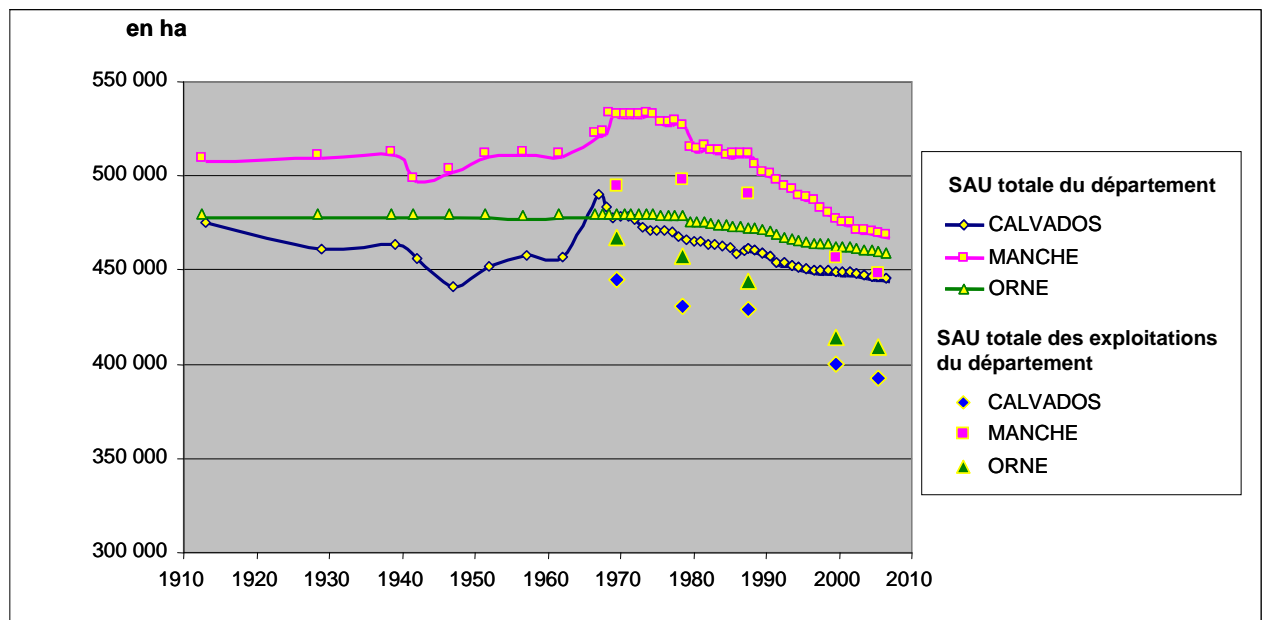


Figure 1 : Evolution de la surface agricole utilisée dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Ces valeurs ont été comparées graphiquement avec les valeurs de la SAU totale des exploitations des départements figurant dans les données RGA et SAA 1989-2007, montrant un important décalage entre ces valeurs (**Figure 2**). En effet, il s'avère que la SAU totale des exploitations du département sous-estime fortement la SAU totale du département et que ce décalage tend à augmenter avec le temps. En effet, la part de SAU hors exploitations agricoles représenterait environ 7,5% à 12% de la SAU totale pour le Calvados (de 7 à 10% jusqu'en 1997 puis entre 10 et 12% jusqu'en 2007), de 4,1 à 4,7% pour la Manche entre 1988 et 2007. Dans l'Orne, l'augmentation est très forte car ces SAU hors exploitation passe de 2,6% en 1970 à 11% en 2002. Ce décalage peut s'expliquer par le fait que certaines statistiques agricoles comme le RGA n'enquêtent que les exploitations agricoles professionnelles et ne prennent donc pas en compte les surfaces des exploitations non professionnelles, ou des particuliers (essentiellement pâtures, vergers, etc.). Il serait intéressant de comprendre pourquoi cette proportion de SAU hors exploitation tend à augmenter avec le temps dans la SAU totale.

A l'échelle de la Basse-Normandie, la SAU agricole a diminué de 8% entre 1989 et 2007, mais pendant ce temps, la SAU non agricole a augmenté de 47% (soit 125 910 ha en 2007). Il en ressort que sur cette période, la SAU totale de la région n'a diminué que de 4,6%, qui correspondent certainement

aux surfaces gagnées par l'urbanisation. En revanche, 3.4% de la SAU agricole est devenue non agricole mais reste cultivable, car est devenue la propriété d'exploitants non professionnels (agriculteurs retraités, etc)...

Par ailleurs, la SAU hors exploitation de Basse-Normandie est essentiellement constituée de prairies (à 88%) et cette valeur est très stable dans le temps. Nous verrons dans le paragraphe consacré aux Surfaces Toujours en Herbe (STH) qu'une partie non négligeable de celles-ci (jusqu'à 23% de la STH totale du département) « sortent » en fait de la plupart des statistiques agricoles car n'appartiennent plus à des agriculteurs en activité.

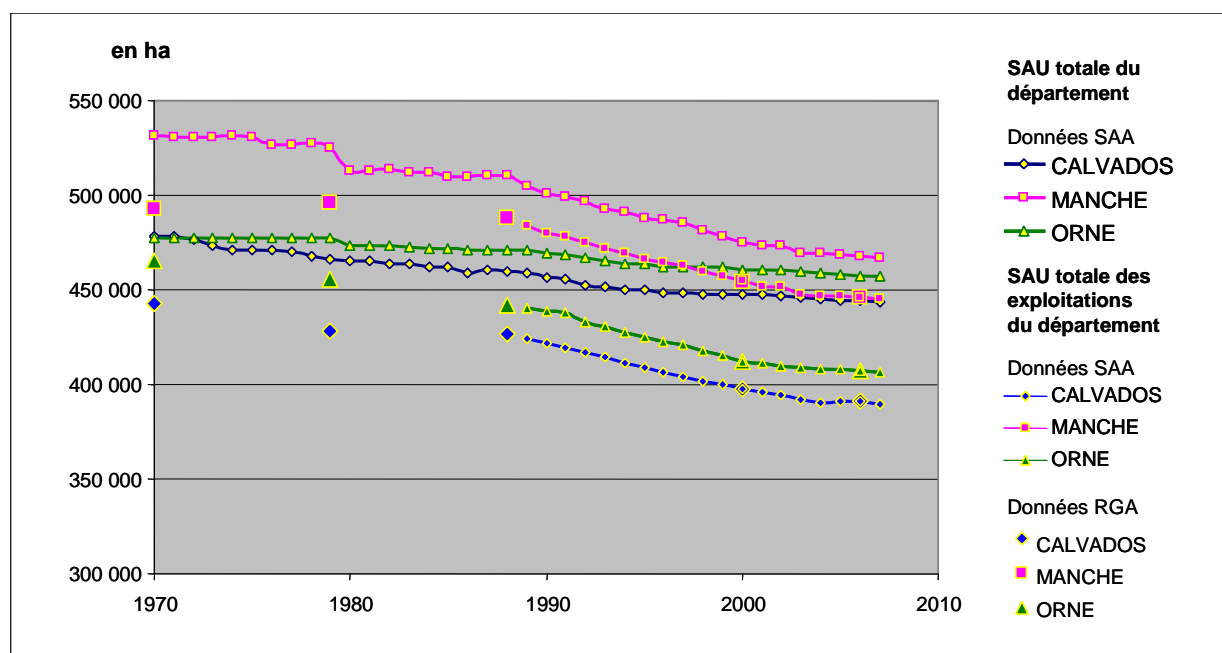


Figure 2 : Différence entre SAU agricoles et non agricoles dans les départements de Basse-Normandie entre 1970 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Quant à la SAU totale des exploitations de la région (**Tableau 1**), elle subit également une forte érosion qui est de l'ordre de 11% entre 1970 et 2006. Elle semble avoir été particulièrement importante entre 1988 et 2000 dans tous les départements, période durant laquelle la région a perdu 7% de sa SAU (contre 1,6% en moyenne aux autres périodes). Contrairement à ce que montrait le graphique sur la SAU totale par département, cette érosion est légèrement moindre dans le département de la Manche (9%) que dans les autres (12%).

On peut également représenter la proportion de la SAU des exploitations à l'échelle cantonale pour identifier les zones les plus agricoles de la Région Basse-Normandie (**Figure 2**).

Les cartes montrent que les cantons les plus faiblement agricoles (< 60% de la surface du canton) sont surtout situés à l'est de la région et gagnent progressivement le littoral de la Manche. Les cantons les plus agricoles (> 75% de SAU) sont localisés dans la partie centrale de la Basse-Normandie, mais la régression de la SAU est là aussi visible.

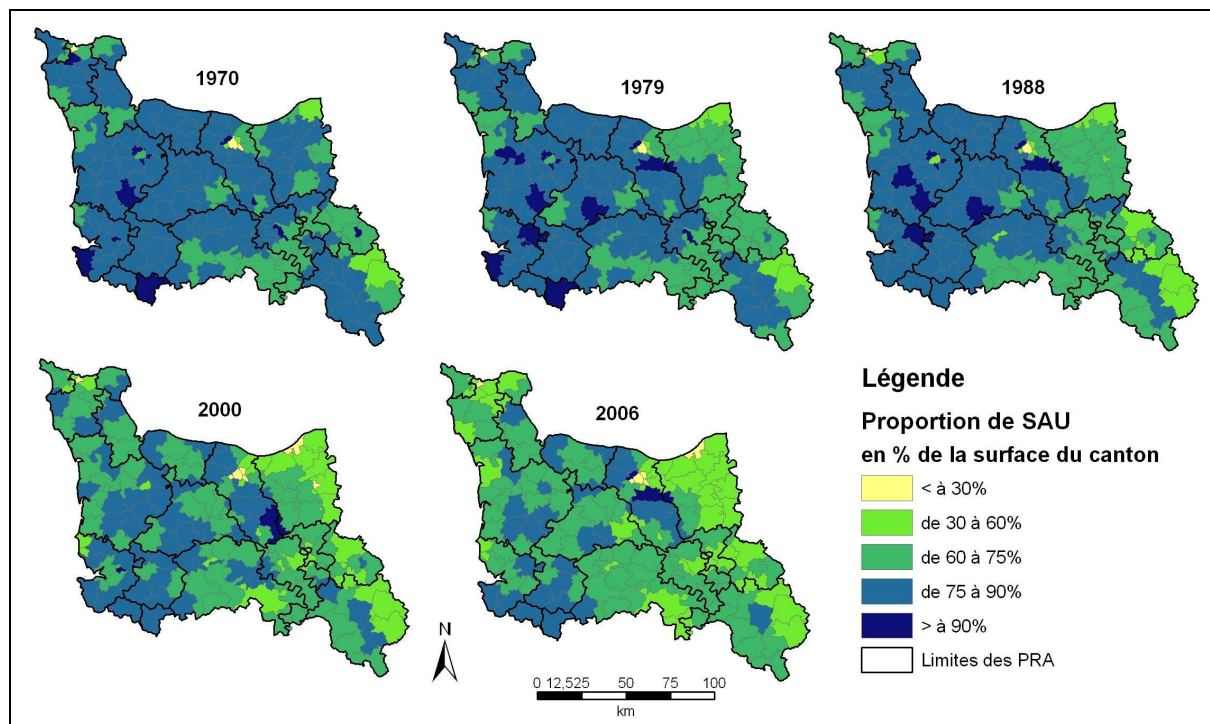


Figure 2 : Evolution de la surface agricole utilisée en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006
(Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

2) Les terres labourables

Le graphique suivant (**Figure 3**) montre que la Basse-Normandie atteint en 2006 le niveau de terres labourables qu'elle avait atteint en 1913. En effet, avant d'être une région spécialisée dans l'élevage laitier et couverte à 80% de prairies, la Basse-Normandie a été il y a un siècle, comme beaucoup de régions d'élevage telles qu'on les connaît actuellement, une région céréalière soumise à l'assolement triennal où les terres labourables représentaient plus de 50% de la SAU. Cela était lié à la nécessité de produire localement les aliments nécessaires à la population et au bétail, avant le développement des marchés tels qu'on les connaît aujourd'hui. La spécialisation vers l'élevage laitier n'est apparue qu'au cours du XX^e siècle, entraînant le développement des surfaces en herbe au détriment des terres labourables jusque dans les années 70 où elles ont atteint leur minimum (19,6% de la SAU en 1970).

Puis, avec l'avènement du maïs fourrage et des incitations de la PAC sur les productions céréalières, les surfaces en terres Labourables ont commencé à croître de manière très rapide à partir des années 70 et ont atteint un plateau avec la réforme de la PAC de 1992. La part occupée par les Terres Labourables est ainsi passée en 36 ans de 19,6% à 52,7%, soit une progression de 140% en moyenne. Les taux de progression étaient d'environ 4,7% par an entre 1970 et 1979, 1,7% entre 1980 et 1988, 1,4% entre 1989 et 2000, et seulement de 0,5% entre 2000 et 2006. Le mouvement de retournement des prairies semble donc se ralentir au cours du temps. Seule la Manche garde encore en 2006 une faible minorité de terres labourables (48%), tandis que le Calvados et l'Orne sont devenus majoritairement des surfaces en terres labourables entre 1988 et 2000.

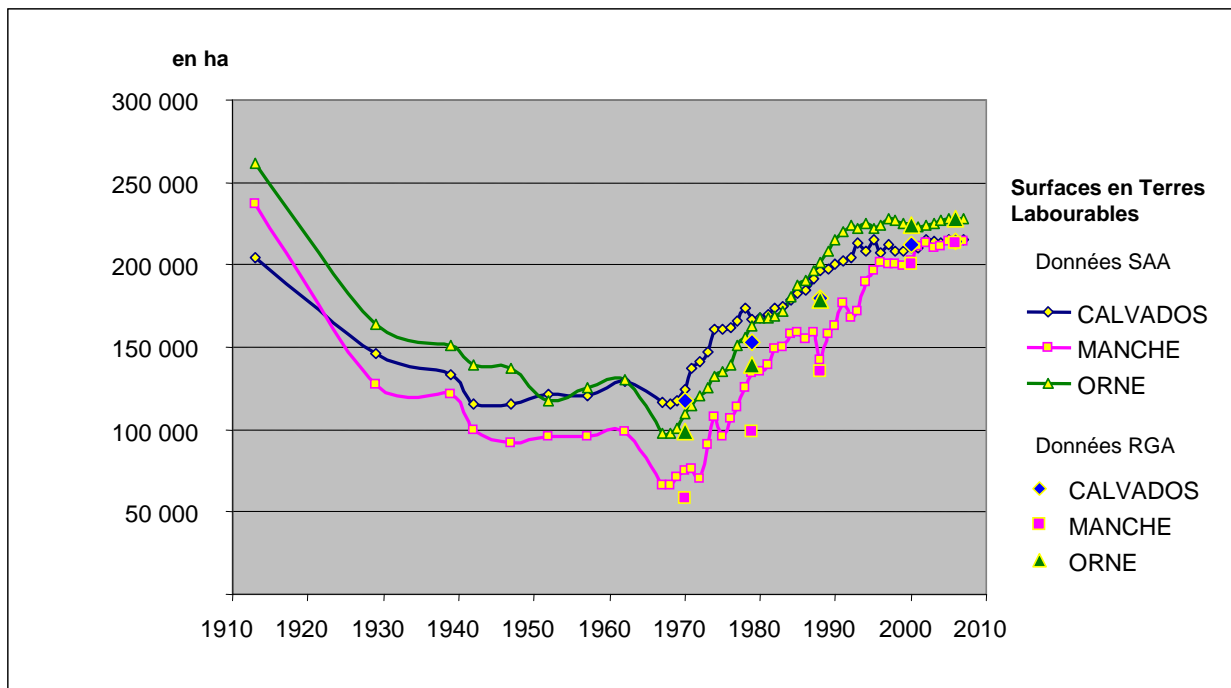


Figure 3 : Evolution des surfaces de Terres labourables dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Cependant ces évolutions sont plus contrastées à l'échelle cantonale, comme le montrent les cartes ci-dessous (**Figure 4**).

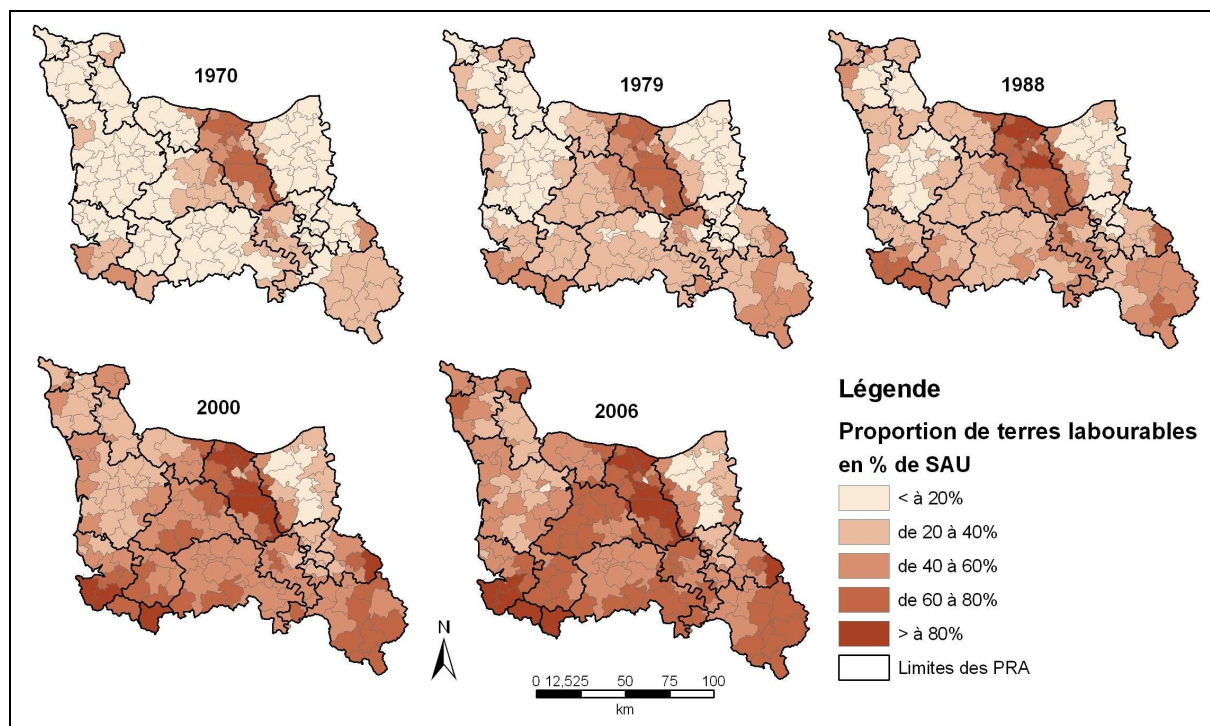


Figure 4 : Evolution des surfaces en Terres Labourables en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

En 1970, la majorité des cantons de Basse-Normandie comportent moins de 20% de terres labourables. Les seules cantons fortement cultivés se trouvent dans la Plaine de Caen qui dépassait déjà 60% de terres labourables dans la SAU, et plus faiblement les cantons du sud de la Manche (PRA de

l'Avranchin et du Mortanais), les PRA de la Plaine d'Alençon et du Perche Ornais dans l'Orne, ainsi que la PRA du Bocage du Calvados. C'est à partir de ces zones que les terres labourables se sont étendues au reste de la Basse-Normandie. En 2006, seuls certains cantons du Pays d'Auge et de la Manche gardent des proportions de TL inférieures à 40% de la SAU.

b. Les céréales

1. Le blé tendre

Si on analyse l'historique des surfaces en blé tendre sur une période longue (1913-2007) (**Figure 5**), on s'aperçoit que les trois départements avaient des surfaces en blé quasiment identique en 1913. Ces surfaces ont été divisées par 2 ou par 3 jusque dans la période d'après guerre, puis ont augmenté à nouveau jusqu'au début des années 60 (hormis dans la Manche, où elles sont restées stables). Elles ont ensuite fortement chuté au cours des années 60 pour reprendre un accroissement quasiment linéaire dans la Calvados et l'Orne à partir des années 70. Cette ascension n'a débuté qu'au milieu des années 80 dans la Manche.

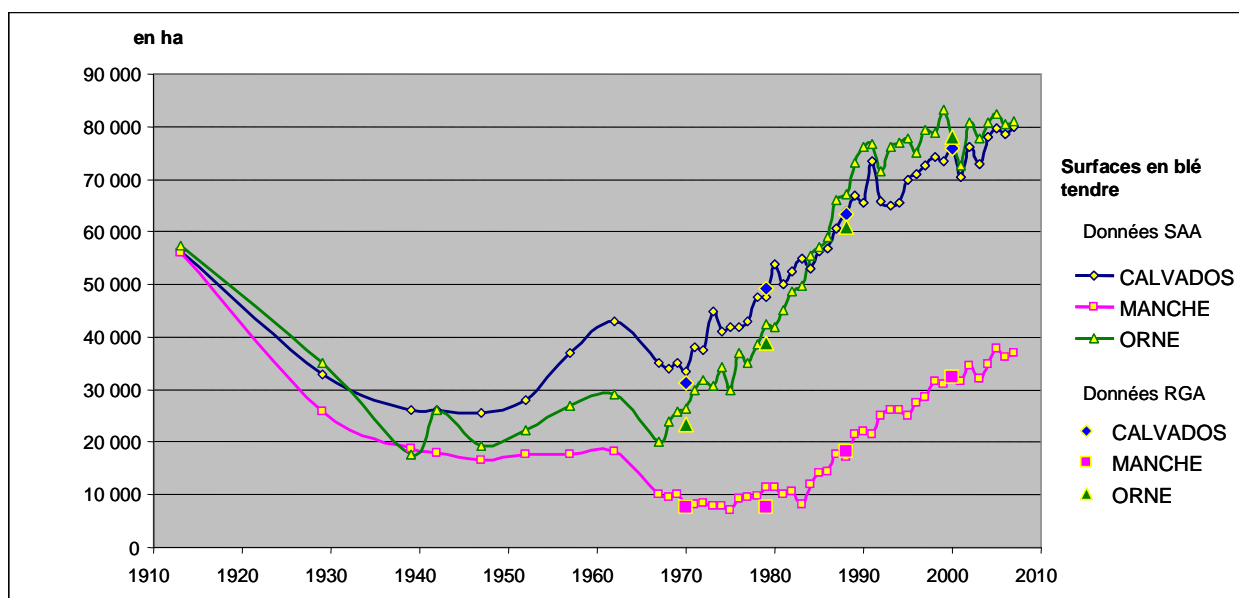


Figure 5 : Evolution de la surface en blé tendre dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Sur la période 1970-2006 (**Tableau 1**), le blé tendre a donc connu une forte et constante expansion en Basse-Normandie puisqu'il est passé de 4,4% à 15,7% de la SAU, soit une augmentation de 213%. Les progressions les plus fortes ont eu lieu entre 1970 et 1979 dans l'Orne et le Calvados (+60% en moyenne) et plus tardivement dans la Manche (+137% entre 1979 et 1988). Elles semblent s'être ralenties au cours de la dernière période 2000-2006 (+3,3% dans l'Orne et le Calvados). En 2006, le blé tendre représente environ 20% de la SAU dans ces deux départements alors qu'il reste encore peu développé dans la Manche où il ne représente que 8%. Mais ce département qui a débuté sa transition vers les grandes cultures plus tardivement que les autres semble encore en pleine mutation puisque l'augmentation des surfaces en blé entre 2000 et 2006 était encore de 12%.

Les cartes (**Figure 6**) montrent que la culture du blé, initialement concentrée dans la plaine de Caen, s'est diffusée vers la Plaine d'Alençon puis le Perche Ornais où il dépasse 20% de la SAU à partir de 1988. En 2000-2006, il est présent (> 10%) dans tout le département de l'Orne et du Calvados, sauf dans quelques cantons du Pays d'Auge. En revanche, il dépasse rarement 10% de la SAU dans les cantons du département de la Manche.

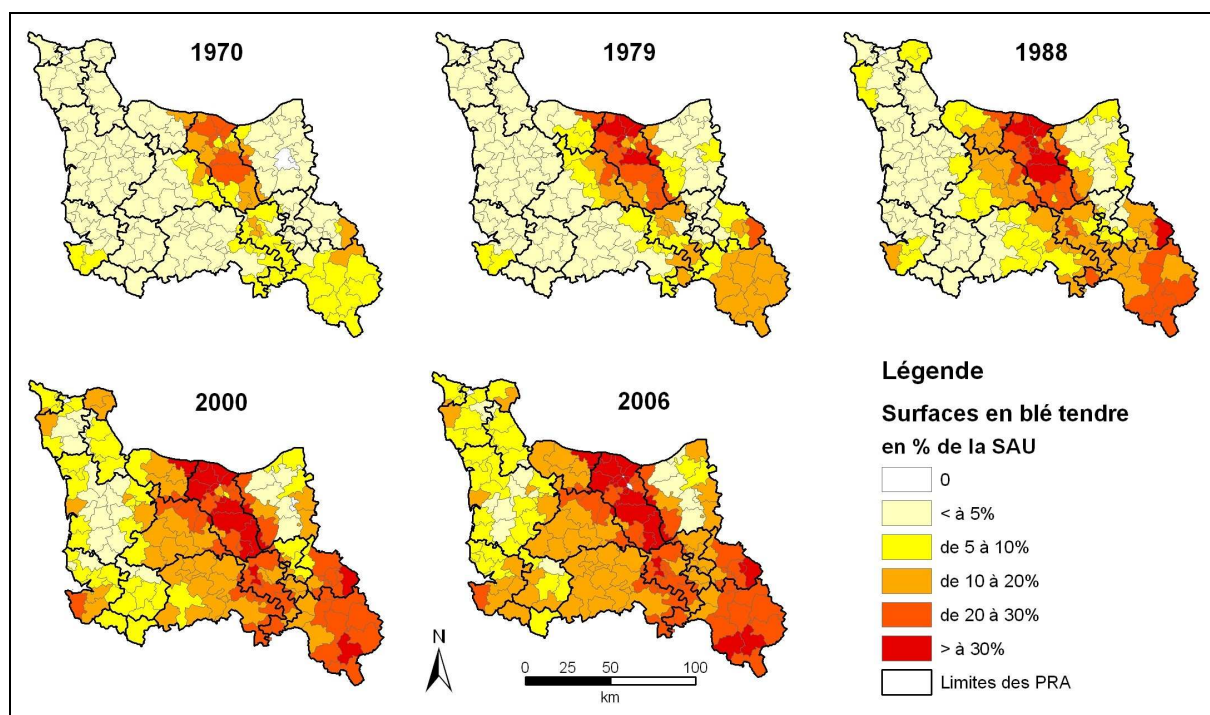


Figure 6 : Evolution des surfaces en blé tendre en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

2. L'orge et l'escourgeon

L'évolution des surfaces d'orge au cours du siècle écoulé est plus complexe à analyser que celle du blé car ces surfaces ont subi plus de fluctuations (**Figure 7**).

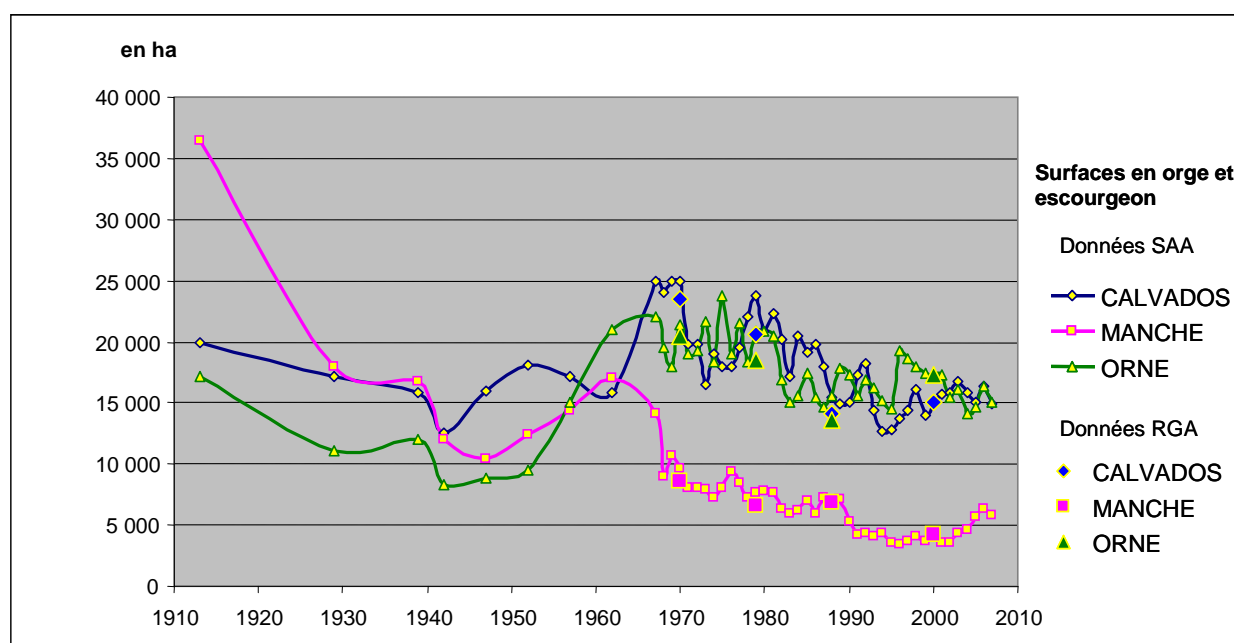


Figure 7 : Evolution de la surface en orge et escourgeon dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Les surfaces étaient particulièrement importantes dans la Manche où elles ont été divisées par 3,5 entre 1913 et 1947. Elles ont ensuite légèrement augmenté jusque dans les années 60 pour chuter ensuite de manière très rapide jusqu'en 1970, plus lentement ensuite. Dans les autres départements, les surfaces

en orge ont également décliné jusque dans les années 40-50 pour augmenter ensuite fortement jusqu'en 1970. Sur la dernière période (1970-2007), elles connaissent beaucoup de fluctuations, mais une tendance générale à la baisse. C'est également ce que montre le tableau synthétique : les orges ont connu une évolution plus complexe que celle du blé entre 1970 et 2006. Si les surfaces ont globalement légèrement baissé durant cette période (-25%), il n'en est pas de même pour tous les départements ni toutes les périodes. Dans le Calvados, il est passé de 5,3% de la SAU en 1970 à 3,3% en 1988 puis a à nouveau augmenté jusqu'à 4,2% en 2006. Dans la Manche, il n'a jamais occupé plus de 2% de la SAU et remonte en 2006 après avoir plutôt subi une baisse progressive. Dans l'Orne, les surfaces se maintiennent globalement autour de 4%.

Les cartes (**Figure 8**) montrent que les surfaces en orges sont très inégalement réparties et que leur localisation n'a pas beaucoup évolué dans le temps. Elles sont principalement localisées dans les Plaines de Caen et d'Alençon, ainsi que dans le Perche Ornais et le Pays d'Ouche, où elles dépassent 7,5% de la SAU, sauf en 1988 où ces surfaces ont beaucoup diminué. Elles sont également présentes mais de manière très diffuse dans tout le reste de la région et cette tendance n'a pas beaucoup changé depuis 1970.

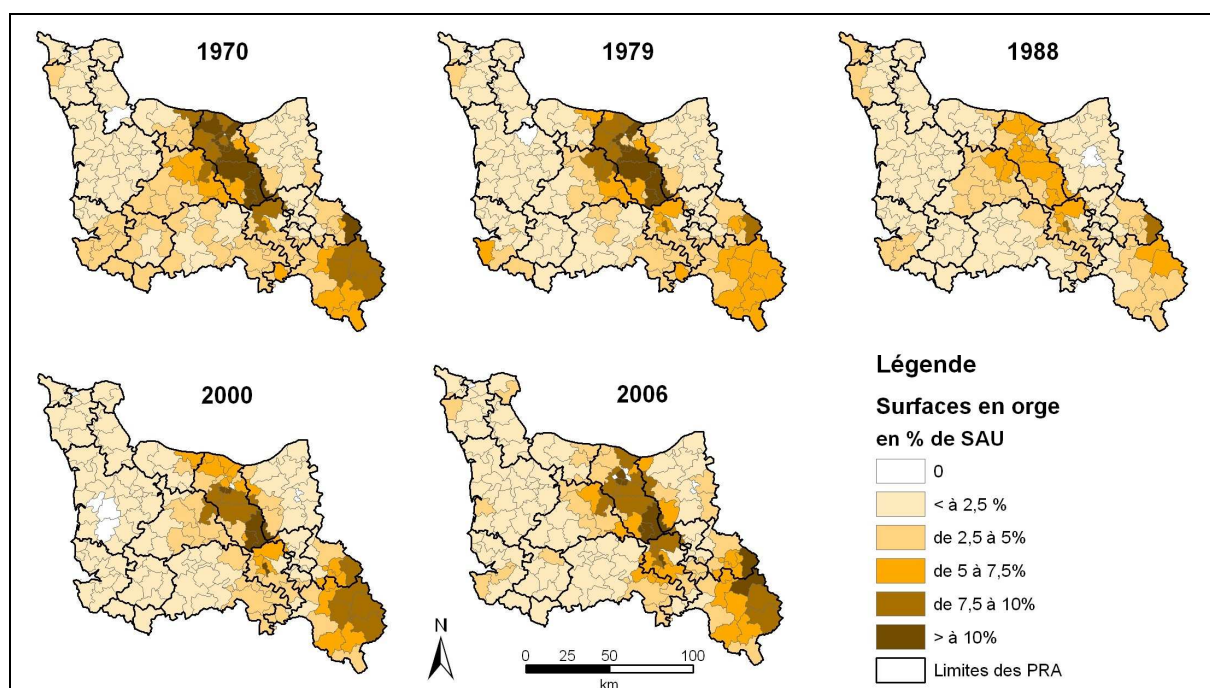


Figure 8 : Evolution des surfaces en orges en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

Les cartes suivantes (**Figure 9**) montre qu'il s'agit, en 2006, essentiellement d'orge d'hiver et d'escourgeon.

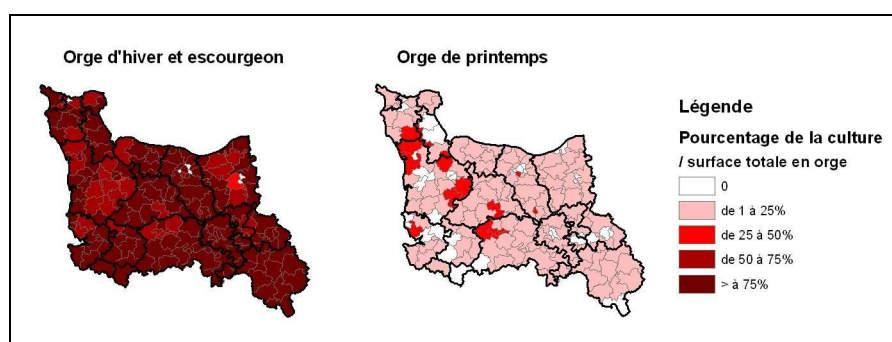


Figure 9 : Proportion d'orge de printemps et d'orge d'hiver en Basse-Normandie à l'échelle cantonale en 2006 (Sources : SISA 2006, Agreste)

L'orge de printemps est très minoritaire dans tous les cantons, même s'il est présent sur l'ensemble du territoire. Il ne dépasse le quart des surfaces totales en orge que dans quelques cantons de l'ouest de la basse-Normandie.

3. Le maïs grain

Le graphique montrant l'évolution des surfaces en maïs grain entre 1970 et 2007 par département (**Figure 10**) indique qu'elles ont connu de fortes fluctuations au cours des 37 dernières années. Il a atteint les surfaces maximales dans le Calvados en 1986, dans l'Orne en 1992 et dans la Manche en 2007. Il semble en effet être en expansion dans ce dernier département alors qu'il semble plutôt en déclin dans les autres.

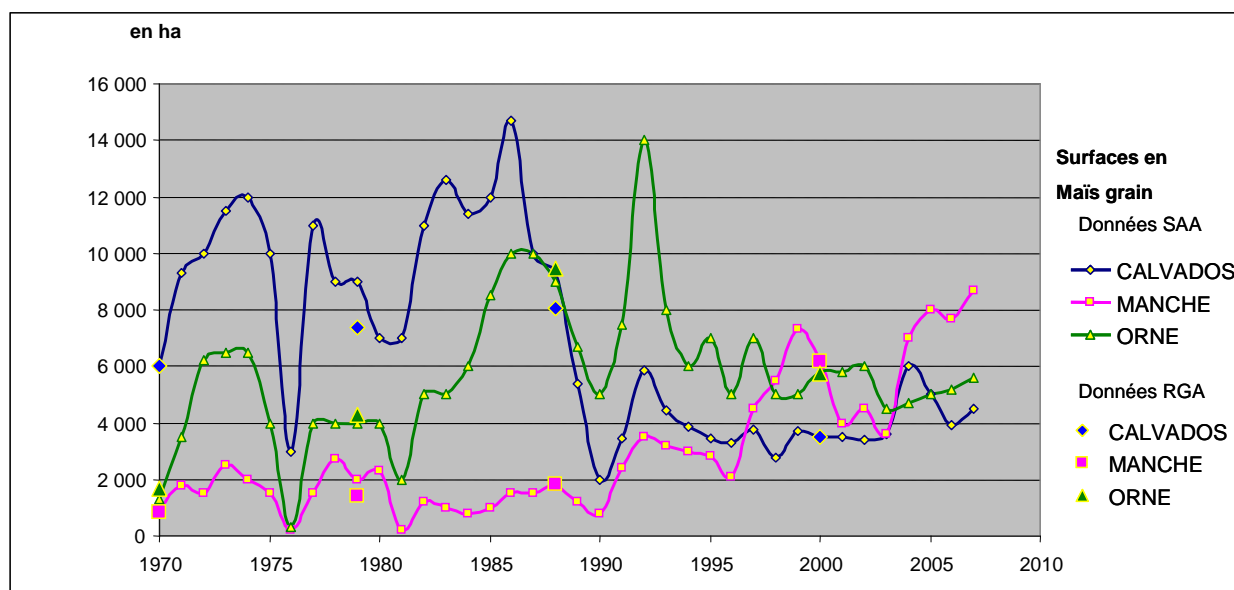


Figure 10 : Evolution de la surface en maïs grain dans les départements de Basse-Normandie entre 1970 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Le graphique précédent montre l'intérêt d'avoir des données annuelles comme les données SAA à comparer avec des données RGA très espacées dans le temps pour se rendre compte des importantes variations qui peuvent avoir lieu entre deux recensements. Cependant, les données RGA nous donnent une tendance globale qui est plus facile à analyser (**Tableau 1**). Il indique notamment que le maïs grain représente des surfaces faibles à l'échelle des départements puisqu'il ne dépasse qu'une fois 2% de la SAU (en 1988 dans l'Orne). A l'échelle de la Basse-Normandie, il passe de 0,6% en 1970 à 1,4%. Il a donc connu une augmentation globale de près de 100% mais celle-ci est très différenciée selon les départements : dans le Calvados, il diminue légèrement (notamment entre 1988 et 2000), dans la Manche, il augmente de manière continue (+800%) et dans l'Orne, les surfaces triplent globalement sur la période, mais diminuent à partir de 1988.

La répartition cantonale (**Figure 11**) montre que le maïs grain n'est présent de manière significative (> à 2,5%) en 1970 que dans la Plaine de Caen, et de manière plus diffuse dans les PRA limitrophes, ainsi que dans le Perche Ornais et l'Avranchin. Jusqu'en 1988, il se développe dans ces mêmes PRA et, dans le Calvados, le bassin de production se déplace vers l'est dans le Pays d'Auge. En 2000, les surfaces se concentrent dans le sud de la zone d'étude (PRA Avranchin et Mortanais dans la Manche et cantons limitrophes, PRA Perche Ornais) et régressent dans les bassins de production de la Plaine de Caen.

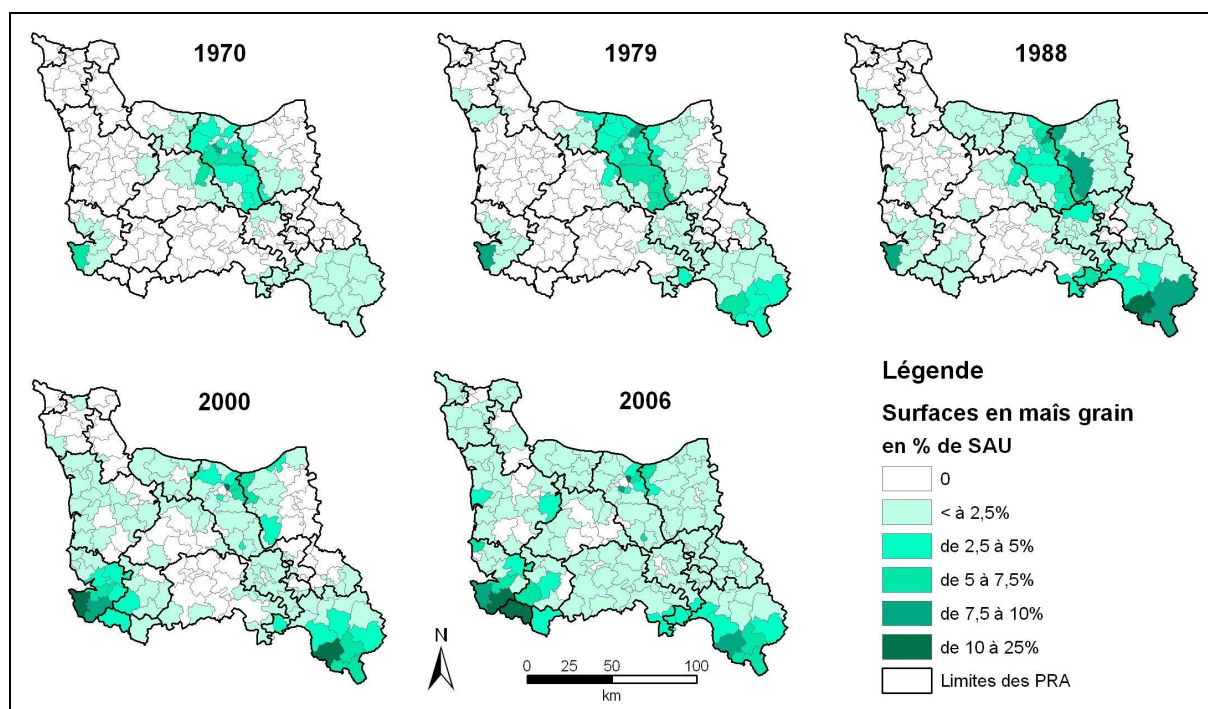


Figure 11 : Evolution des surfaces en maïs grain en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

4. Les autres céréales

Les autres céréales (avoine, seigle, triticale, blé dur, etc.) ont connu globalement un long déclin jusque dans les années 90-2000, puis elles ont commencé à regagner des surfaces (**Figure 12**). Dans l'Orne et la Manche, elles ont atteint en 2007 le niveau qu'elles avaient au début des années 70. Leur véritable essor semble avoir débuté en 2000, et il est particulièrement marqué dans l'Orne.

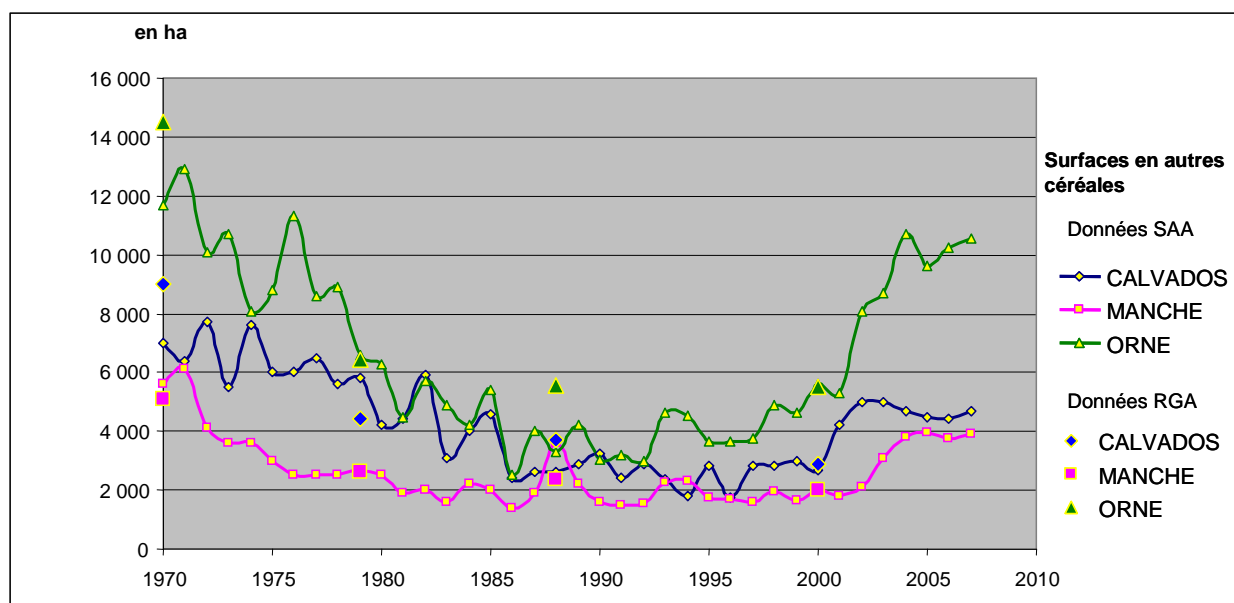


Figure 12 : Evolution de la surface en autres céréales dans les départements de Basse-Normandie entre 1970 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Le tableau synthétique montre qu'elles sont passées en 30 ans (1970-2000) de 2% de la SAU à 0,8%. Leur déclin a été fort dans les années 70 (-50%) puis s'est stabilisé, voire inversé. Elles semblent connaître une nouvelle progression (+77%) à l'échelle régionale entre 2000 et 2006. A l'origine, en

1970, ces céréales étaient surtout cultivées dans le département de l'Orne (3,1% de la SAU), puis dans le Calvados (2%) et dans la Manche (1%). Cette répartition reste à peu près identique aujourd'hui puisqu'elles représentent 2,5% de la SAU dans l'Orne, 1,1% dans le Calvados et 0,8% dans la Manche.

Les cartes (**Figure 13**) montrent que ce sont les cantons de l'est du Pays d'Ouche et du Perche Ornaïis qui en étaient les principaux producteurs dans les années 70 (> 5% de la SAU), mais les surfaces étaient globalement assez importantes dans tout le département de l'Orne, ainsi que dans les PRA de la Plaine de Caen et du Bocage du Calvados. Ces bassins de production sont restés les mêmes au cours des décennies suivantes.

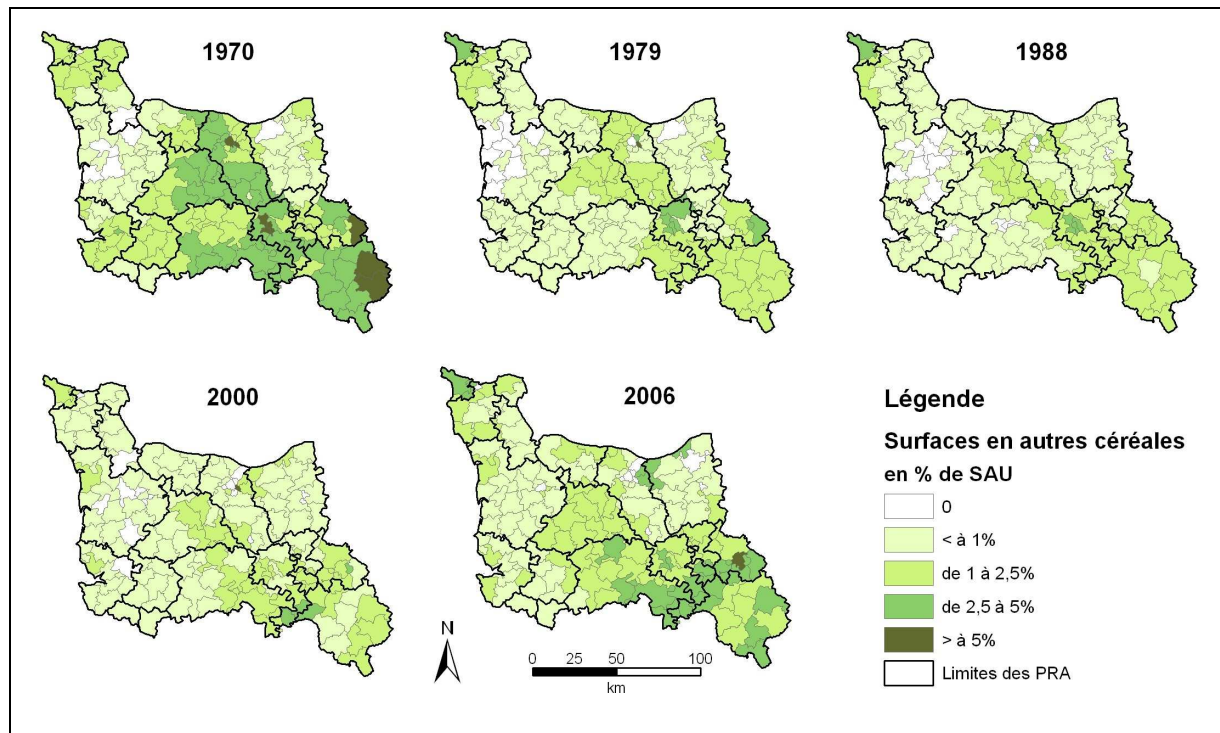


Figure 13 : Evolution des surfaces en autres céréales en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

c. Les cultures industrielles

1. Le colza

Le colza est une culture qui connaît globalement une importante croissance de ses surfaces depuis le milieu des années 80 (**Figure 14**). Auparavant, il couvrait quelques milliers d'hectares dans le Calvados, mais il a régressé entre 1980 et 1985 pour augmenter ensuite par étapes. Il était en revanche quasiment absent des autres départements. Depuis 1985, il a connu une ascension spectaculaire dans l'Orne et le Calvados, mais très limitée dans la Manche.

Le tableau synthétique nous confirme que le colza est passé à l'échelle de la région de 0,1% de la SAU en 1970 à 1,8% en 2000 à 3,3% en 2006. Les surfaces ont commencé à se développer dans l'Orne à partir des années 80, suivies par le Calvados en 90. Elles ne se sont jamais vraiment développées dans la Manche où elles restent inférieures à 1% de la SAU, même en 2006, alors qu'elles avoisinent les 4,7% dans les autres départements à la même date.

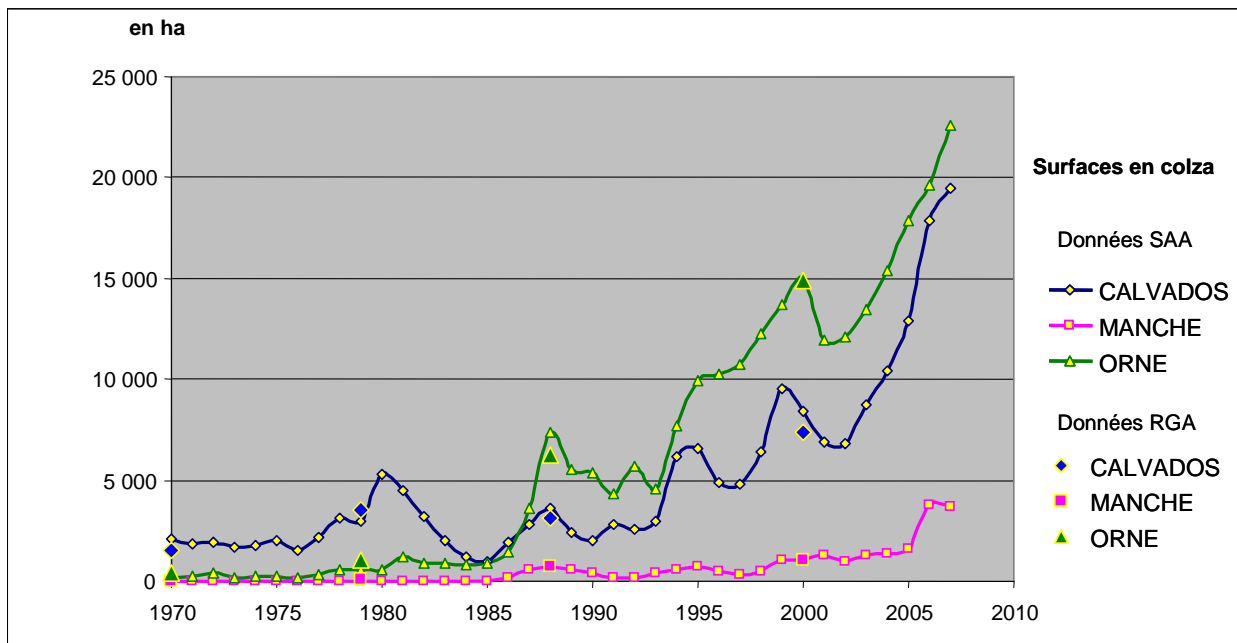


Figure 14 : Evolution de la surface en colza dans les départements de Basse-Normandie entre 1970 et 2007
(Sources : SAA, Agreste)

Les cartes (**Figure 15**) montrent que le bassin de production était surtout localisé en 1979 sur la Plaine de Caen et le Bocage du Calvados et qu'il s'est ensuite déplacé vers le Perche Ornaï et le Pays d'Ouche. En 2000, les surfaces ont augmenté dans les zones citées précédemment (> à 5% de la SAU) et sont apparues dans la Plaine d'Alençon et les cantons voisins. En 2006, les surfaces de colza se développent surtout dans la Plaine de Caen et les cantons limitrophes, où elles dépassent souvent 10% de la SAU.

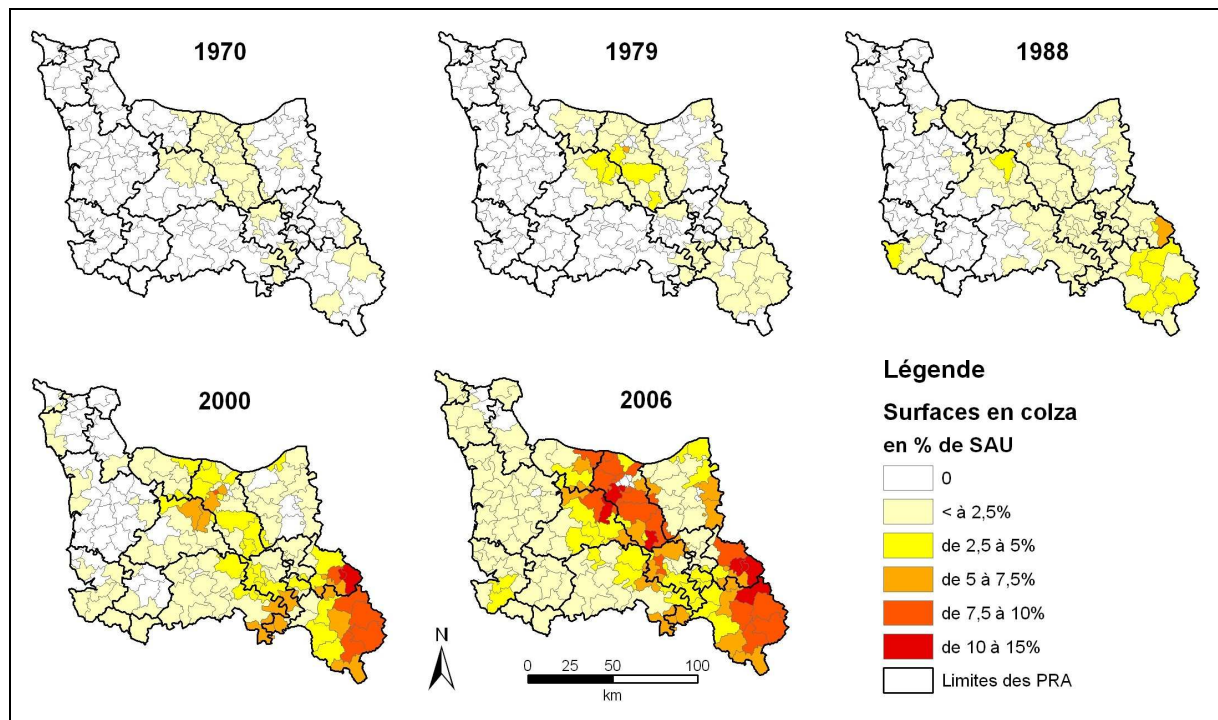
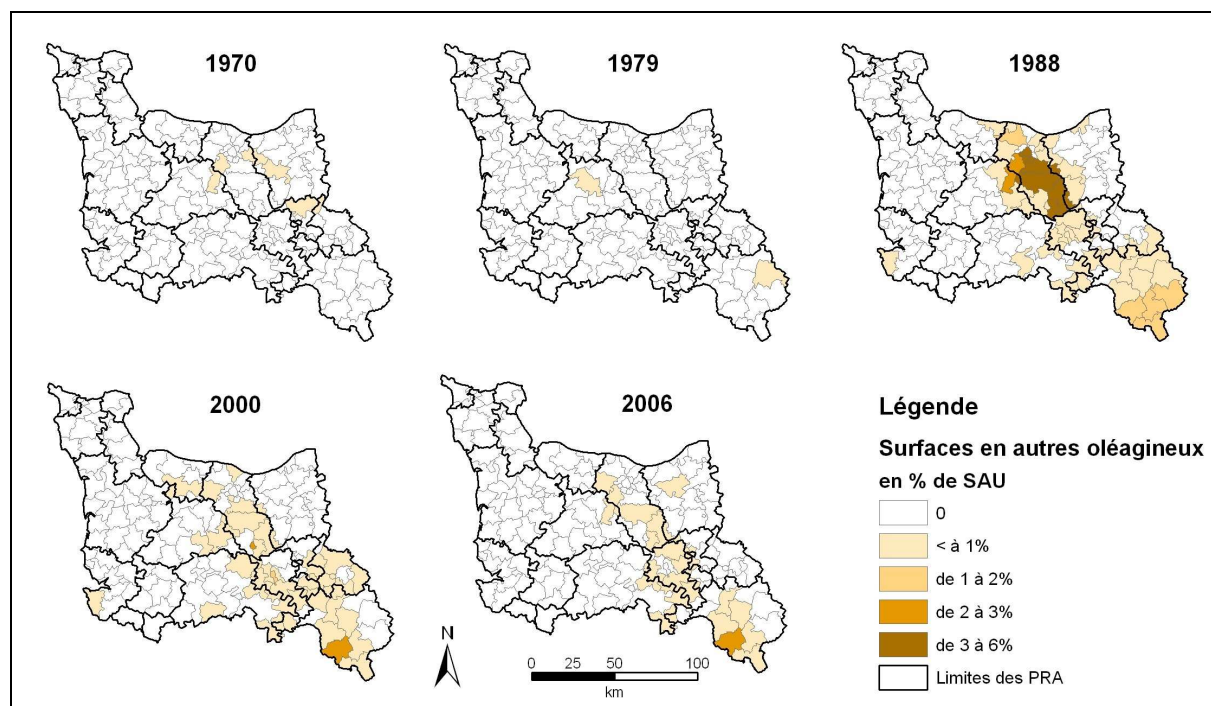


Figure 15 : Evolution des surfaces en colza en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006
(Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

2. Le tournesol et autres oléagineux

Le tournesol n'apparaît vraiment qu'en 1988 en Basse-Normandie où il atteint alors 0,3% de la SAU (ce qui reste très anecdotique) et disparaît presque complètement ensuite. Il a atteint 0,7% de la SAU dans le Calvados et 0,3% dans l'Orne mais ne s'est jamais vraiment implanté dans la Manche. Les cartes (**Figure 16**) montrent en effet qu'en 1988, l'essentiel de la production était situé dans la Plaine de Caen (entre 3 et 6% de la SAU) et secondairement dans le Perche Ornais où cette production s'est légèrement maintenue, notamment dans un canton.



3. Le lin textile

Le lin textile est une culture caractéristique de la Basse-Normandie, ou plus exactement du Calvados, car elle y était déjà présente en 1970 et s'est maintenue depuis (**Figure 17**). Dans le Calvados, elle a fortement augmenté dans les années 80 (+ 43%), puis a connu une série d'années difficiles dans les années 90 (- 13%) et semble à nouveau en expansion au cours des années 2000 (+ 25%). Dans l'Orne, elle est au contraire très stable (autour d'un millier d'hectare) depuis le milieu des années 80.

A l'échelle de la Basse-Normandie, la culture du lin textile est donc en augmentation (+77%) entre 1970 et 2006. Les surfaces sont néanmoins faibles car il ne représente que 0,6% de la SAU à l'échelle de la région, mais 1,7% à l'échelle du Calvados en 2006. Il est complètement absent du département de la Manche et peu cultivé dans l'Orne (autour de 0,2%).

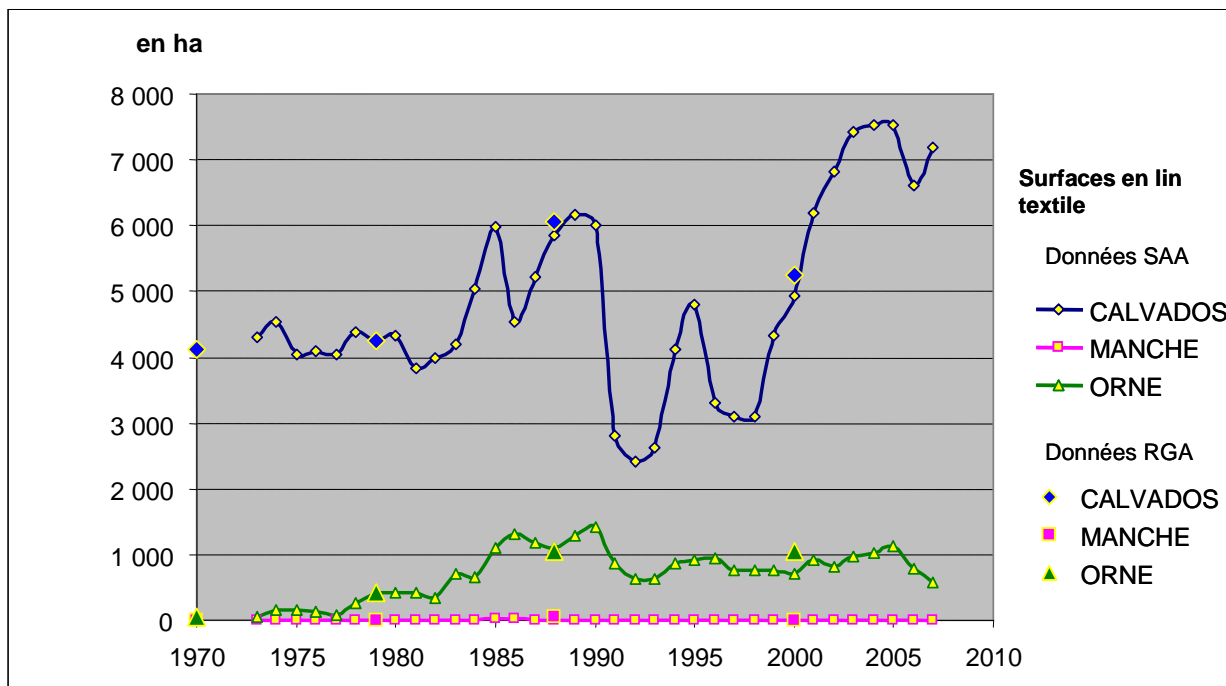


Figure 17 : Evolution de la surface en lin textile dans les départements de Basse-Normandie entre 1970 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Les cartes (**Figure 18**) montrent qu'il est essentiellement cultivé dans la Plaine de Caen, où il dépasse 5% de la SAU dans plusieurs cantons. Le reste des surfaces cultivées sont très diffuses (< 2,5%) et relativement stables dans le temps et se trouvent surtout à l'est d'une ligne Bayeux-Argentan.

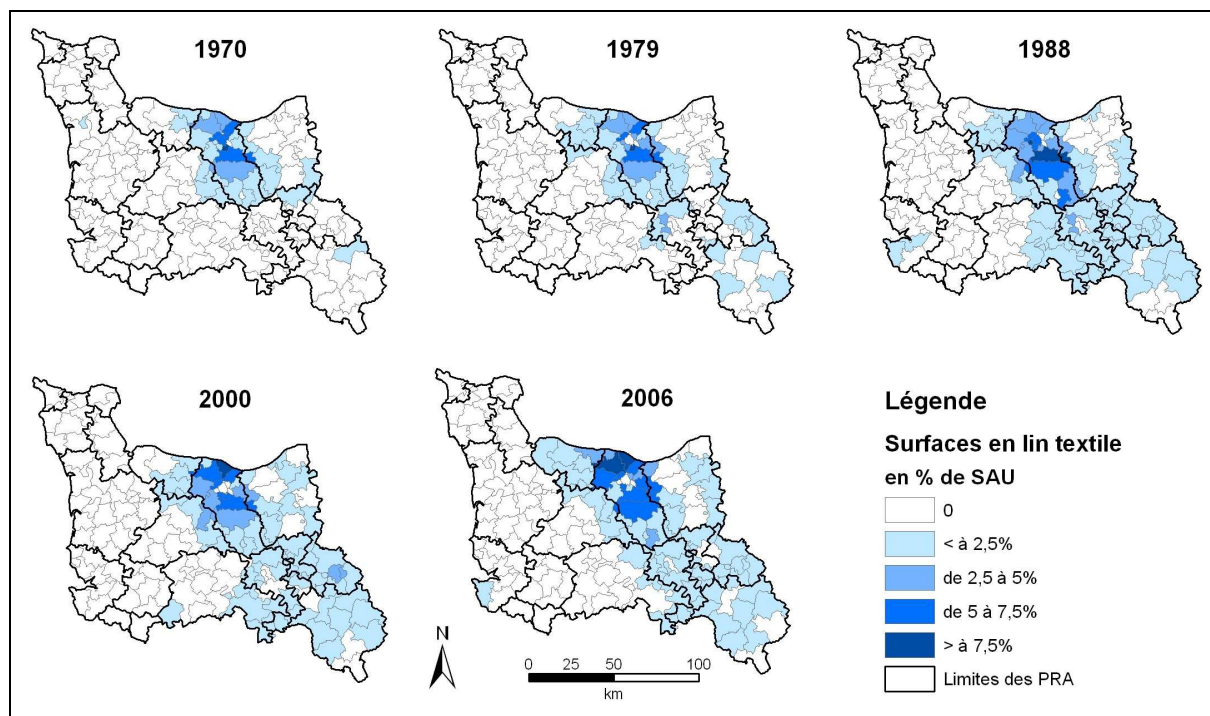


Figure 18 : Evolution des surfaces en lin textile en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

4. Les protéagineux

Les protéagineux (pois, féverole, soja etc.) ne sont apparus de manière significative en Basse-Normandie qu'à partir des années 80 (**Figure 19**), pour augmenter de manière spectaculaire (notamment dans le cas du Calvados) jusqu'au milieu des années 90, pour décliner ensuite avec une pente presque aussi rapide que celle de leur ascension. En 2007, ils sont revenus aux surfaces qu'ils occupaient au milieu des années 80.

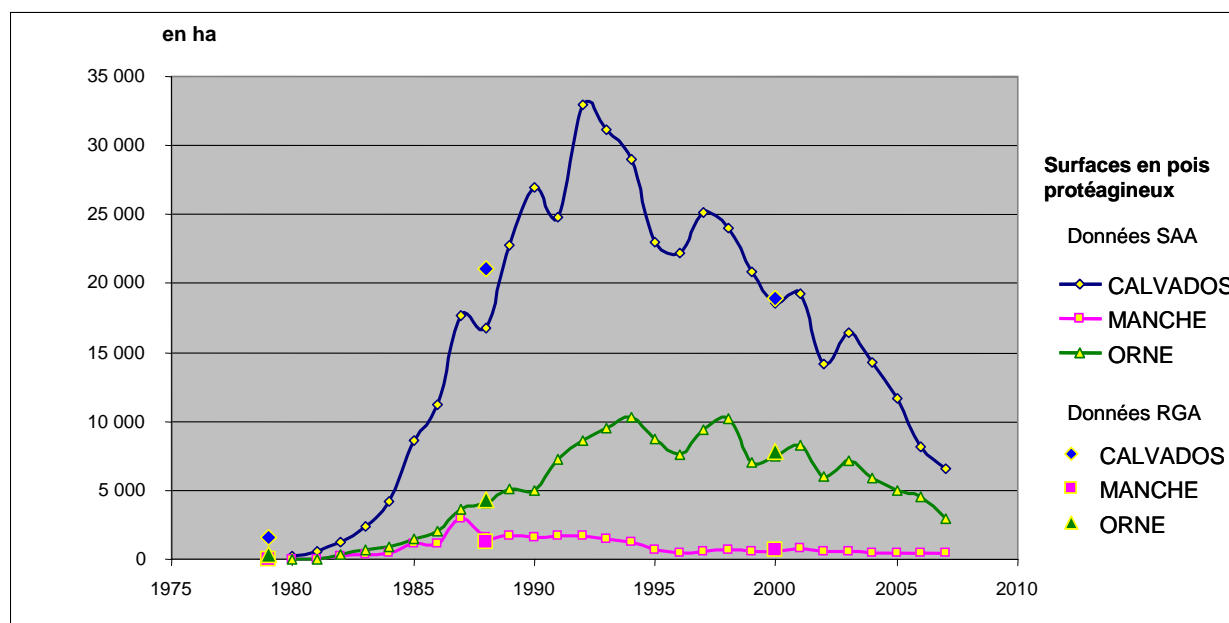


Figure 19 : Evolution de la surface en pois protéagineux dans les départements de Basse-Normandie entre 1970 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Le tableau synthétique montre qu'ils ont atteint au maximum de leur extension (d'après le RGA) 2,2 % de la SAU en 2000 à l'échelle régionale. Leur culture est essentiellement concentrée dans le département du Calvados où ils représentaient jusqu'à 5% de la SAU en 1988 (mais d'après le graphique, on peut penser que ce pourcentage est monté beaucoup plus haut en 1992), suivi de l'Orne (1,9% de la SAU en 2000). En revanche, ils sont quasiment absents du département de la Manche. La culture des protéagineux a beaucoup décliné au cours des années 90 et 2000 (-42% entre 2000 et 2006) pour atteindre 2,5% des surfaces dans le Calvados et 1,4% dans l'Orne en 2006.

Leur répartition à l'échelle cantonale (**Figure 20**) indique qu'ils sont principalement cultivés dans la Plaine de Caen et dans les cantons limitrophes, où ils dépassaient 6% de la SAU entre 1988 et 2000. Ils sont également présents, mais de manière très diffuse (< à 2% de la SAU) dans tous les cantons des départements de l'Orne et du Calvados.

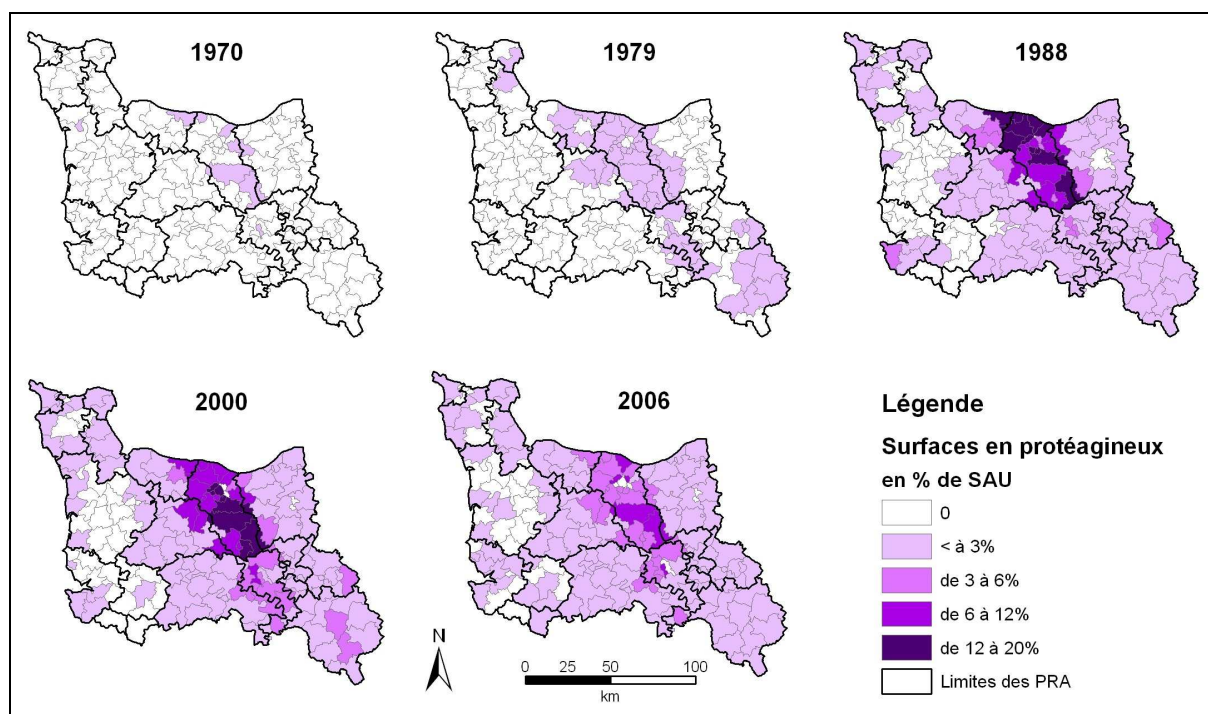


Figure 20 : Evolution des surfaces en protéagineux en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

Les cartes suivantes (**Figure 21**) montrent la proportion du pois protéagineux dans le total des protéagineux. La féverole ne domine sur le pois que dans quelques cantons dispersés, principalement dans la Manche et dans le Pays d'Auge, mais ceci concerne des surfaces très faibles en protéagineux

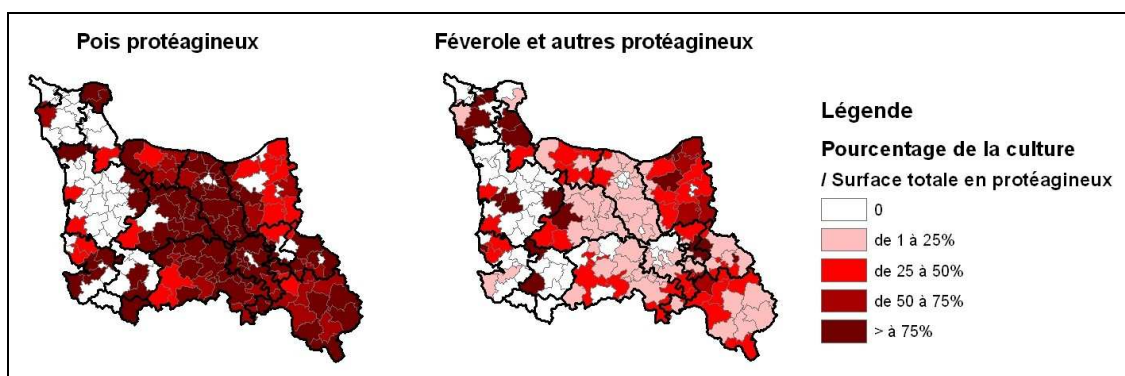


Figure 21 : Proportion de pois et de féverole par rapport au total des protéagineux en Basse-Normandie à l'échelle cantonale en 2006 (Sources : SISA 2006, Agreste)

5. La pomme de terre

La pomme de terre est une culture qui était largement cultivée à l'échelle de toute la Basse-Normandie au cours du siècle passé (**Figure 22**), puisque les surface qu'elle couvrait en 1913 était de l'ordre de 4 à 8 fois supérieures à celles qu'on observe au cours des trente dernière années. A part durant le 2^{ème} guerre mondiale, elles sont restées très élevées dans les trois départements jusqu'au début des années 60 puis ont chuté brutalement entre 1962 et 1967. Les surfaces ont continué à décroître ensuite par palier dans l'Orne, jusqu'à leur quasi-disparition dans les années 80. Dans la Manche, elles se sont

maintenues globalement au même niveau jusqu'en 2000 et ont chuté ensuite, et elles se sont maintenues globalement dans le Calvados.

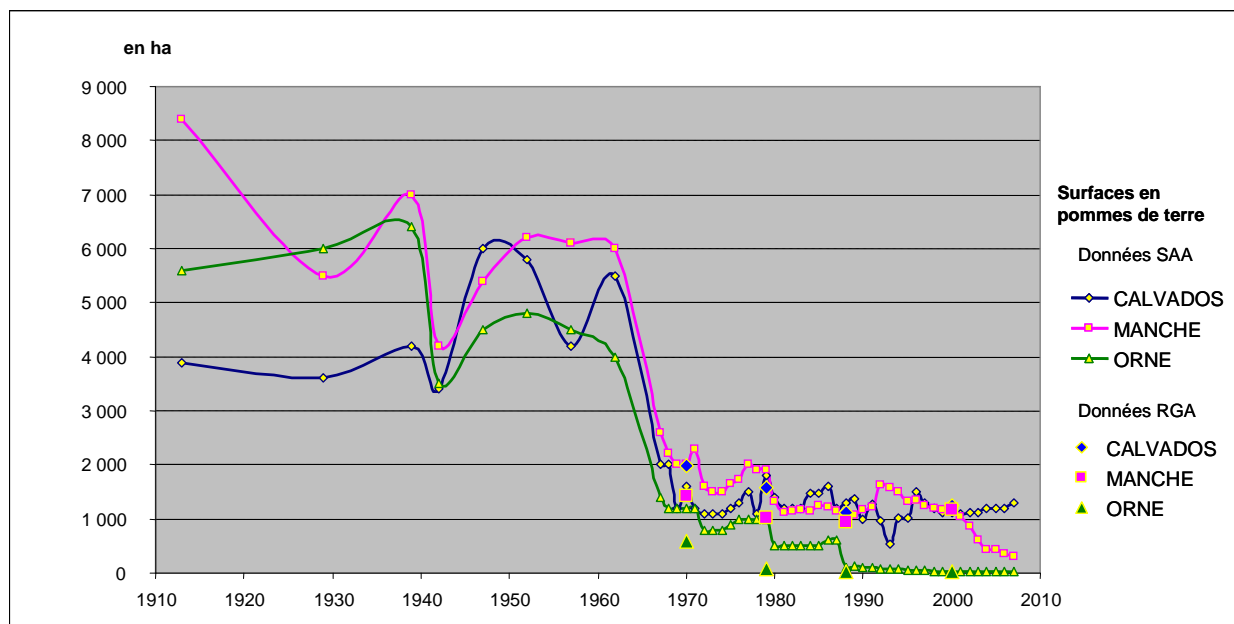


Figure 22 : Evolution de la surface en pomme de terre dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Si on analyse plus finement leur évolution sur la période récente, le tableau synthétique montre que la pomme de terre représente des surfaces très faibles à l'échelle de la région Basse-Normandie et qu'elles ont globalement régressé de 60% puisqu'elles sont passées de 0,3% de la SAU en 1970, à 0,1% en 2006. Ce déclin a été continu sauf entre 1988 et 2000.

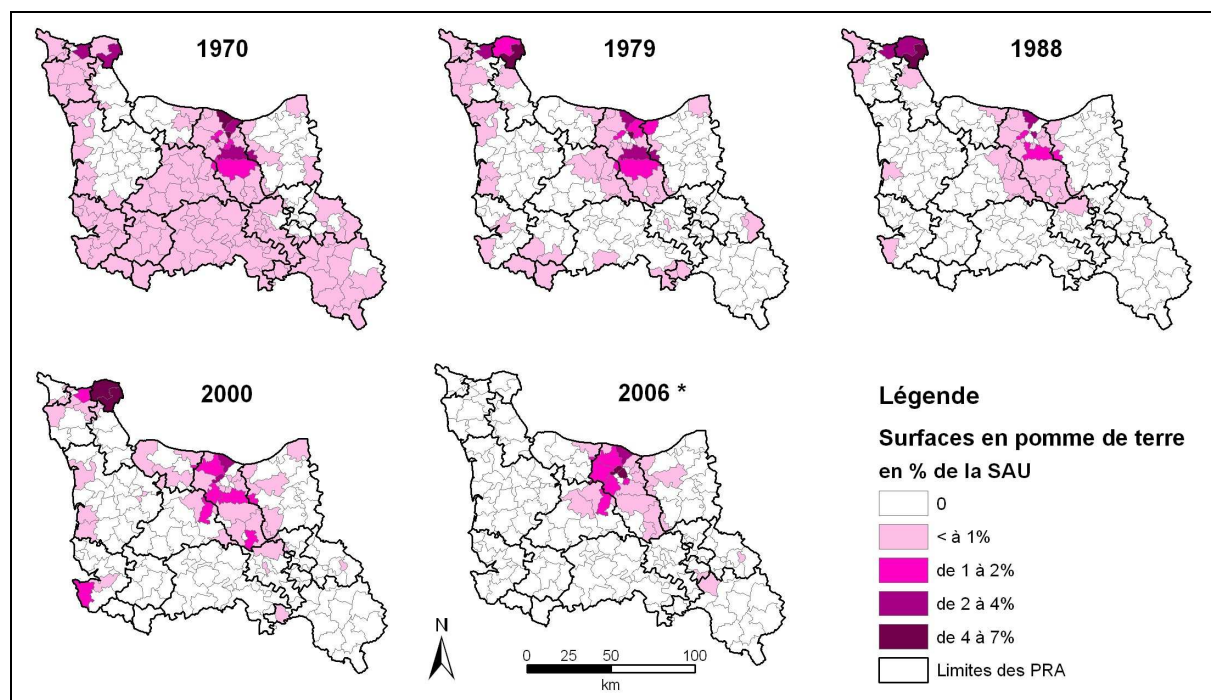


Figure 23 : Evolution des surfaces en pomme de terre en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

Les cartes (**Figure 23**) montrent que les bassins de production de la pomme de terre sont très localisés : dans les années 70, il s'agit de quelques cantons situés dans la Plaine de Caen et dans le Val de Saire (Manche).

Un nouveau bassin de production apparaît en 2000 dans l'Avranchin, pour disparaître en 2006 comme celui du Val de Saire. C'est la disparition de ces deux bassins de production qui explique la chute des surfaces en pomme de terre dans la Manche entre 2000 et 2006. On constate par ailleurs que la culture de la pomme de terre était, dans les années 70, répartie sur la majorité des cantons de Basse-Normandie, même si elle ne représentait que des surfaces très faibles. Il s'agit certainement de culture d'autoconsommation qui a progressivement disparu des terres labourables comme le montre le graphique précédent (**Figure 22**).

6. Les légumes frais et le maraîchage

Les cultures légumières présentent certaines caractéristiques communes avec la pomme de terre : surfaces faibles à l'échelle régionale, mais en revanche plutôt en augmentation (entre 0,3% en 1970 et 0,6% en 2006), absentes du département de l'Orne, faibles dans le département du Calvados de 0,1% à 0,3% de SAU entre 1970 et 2006) et bien présentes dans le département de la Manche (entre 0,8 et 1,4% de la SAU).

Les cartes (**Figure 24**) montrent qu'il s'agit d'une implantation essentiellement côtière de ces cultures. On retrouve, comme pour la pomme de terre, la PRA du Val de Saire, un canton dans l'Avranchin (qui contrairement à l'exemple de la pomme de terre, ne disparaissent pas en 2006) auxquels s'ajoutent certains cantons « littoraux » spécialisés en culture légumière situés sur la côte occidentale du département de la Manche. Dans ces cantons, les surfaces en légumes peuvent dépasser 5% de la SAU. La Plaine de Caen ne représente pas, en revanche, un bassin important de production, sauf à proximité immédiate de la ville de Caen.

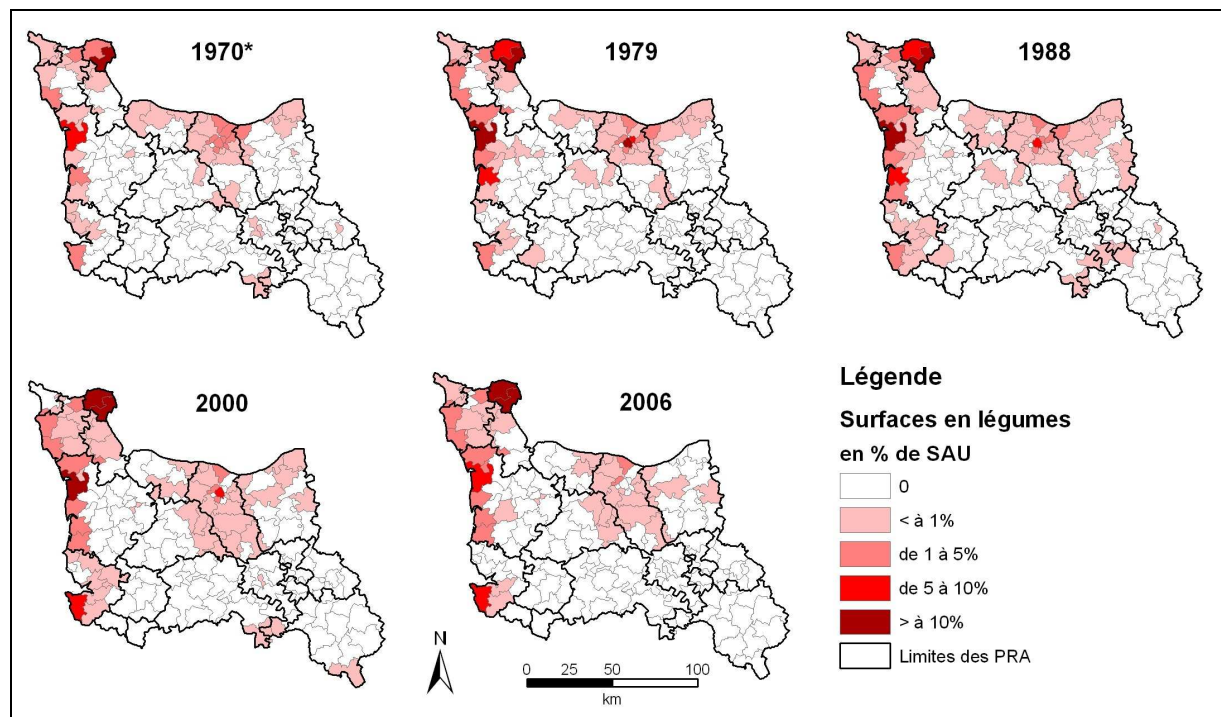


Figure 24 : Evolution des surfaces en cultures légumières en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

7. La betterave industrielle

Le graphique suivant (**Figure 25**) montre que la betterave industrielle est restée relativement stable au cours de la dernière période étudiée, même si les fluctuations ont été relativement importantes entre 1970 et 1990 dans le Calvados qui concentre la majorité des surfaces (jusqu'à 1,8% de SAU en 1979). En revanche, dans l'Orne, les surfaces sont restées extrêmement stables à un niveau peu élevé (0,3% de la SAU en moyenne), et dans la Manche, elles sont quasiment inexistantes.

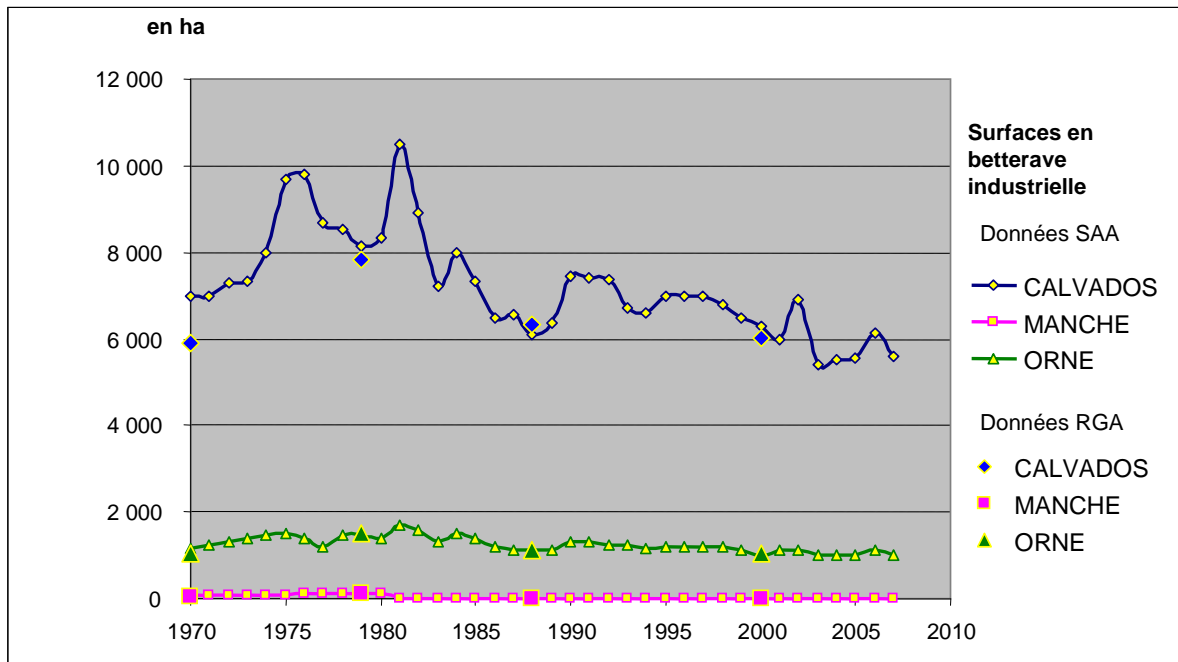


Figure 25 : Evolution de la surface en betterave industrielle dans les départements de Basse-Normandie entre 1970 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

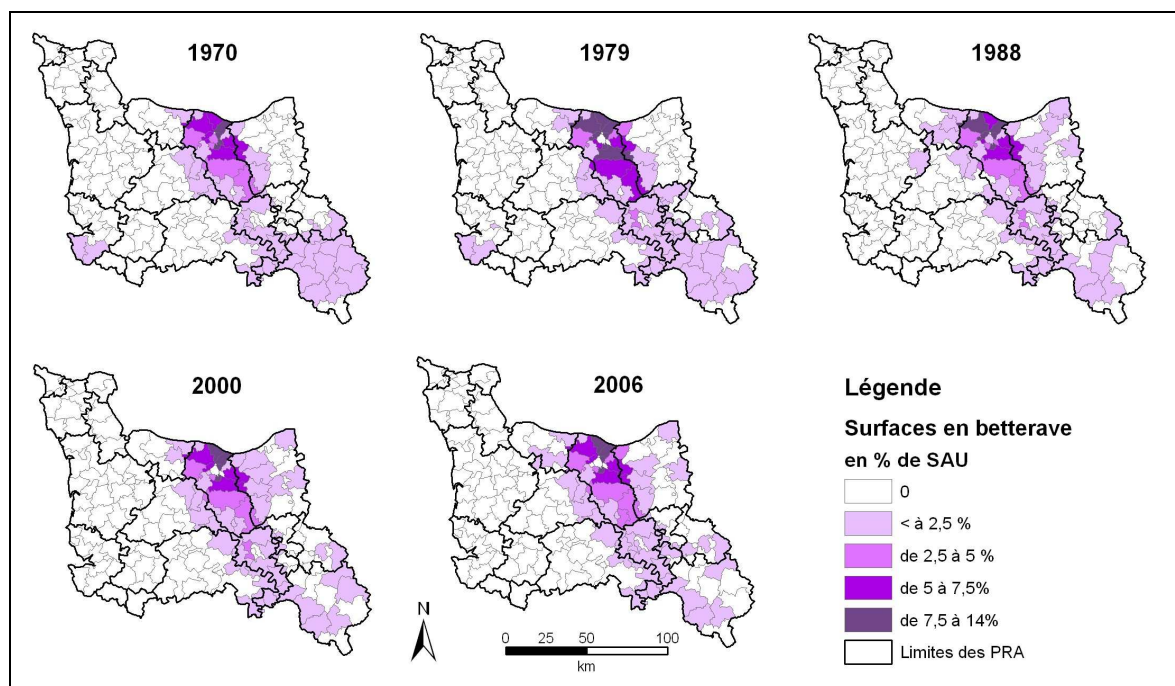


Figure 26 : Evolution des surfaces en betterave industrielle en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

En terme de pourcentage de SAU, la betterave industrielle ne représente pas des surfaces importantes à l'échelle de la région (entre 0,5 et 0,7% de la SAU), mais elle peut être localement une culture caractéristique. Les surfaces sont globalement très stables vu qu'on n'observe que 3% de variation des surfaces entre 1970 et 2006. Ces surfaces ont beaucoup augmenté dans les années 70 (+ 35%), pour diminuer (-21%) puis se stabiliser au cours des décennies suivantes.

Les cartes (**Figure 26**) montrent une implantation très localisée de cette culture, puisqu'elle ne dépasse 5 % de la SAU que dans quelques cantons de la Plaine de Caen. Elle est présente mais de manière très diffuse dans toute une moitié de la Basse-Normandie, à l'est d'une ligne Bayeux-Alençon.

d. Les surfaces fourragères

1. Les surfaces toujours en herbe (STH)

Les surfaces toujours en herbe (prairies permanentes productives ou peu productives, ex : landes et parcours) ont subi une évolution inverse à celle des terres labourables : elles ont fortement augmenté entre 1913 et 1970, puis ont subi un déclin continu jusqu'en 2007 (-48%). Il est à noter que les surfaces en herbe étaient approximativement les mêmes sur les trois départements en 1913 et que la Manche a très tôt entamé sa conversion à l'herbe. Ce département est donc resté globalement plus herbager que les autres même si l'érosion subie par ses surfaces en herbe semble aussi forte que dans les autres départements.

Par ailleurs, on note une différence non négligeable entre la STH totale du département et la STH totale des exploitations du département, notamment en 2000 dans les départements de l'Orne et du Calvados. On peut penser qu'il s'agit, comme pour la SAU, des surfaces appartenant à des particuliers (vergers, pâtures) non enregistrés comme agriculteurs. La STH totale de ces départements décroît globalement moins vite que celles des exploitations.

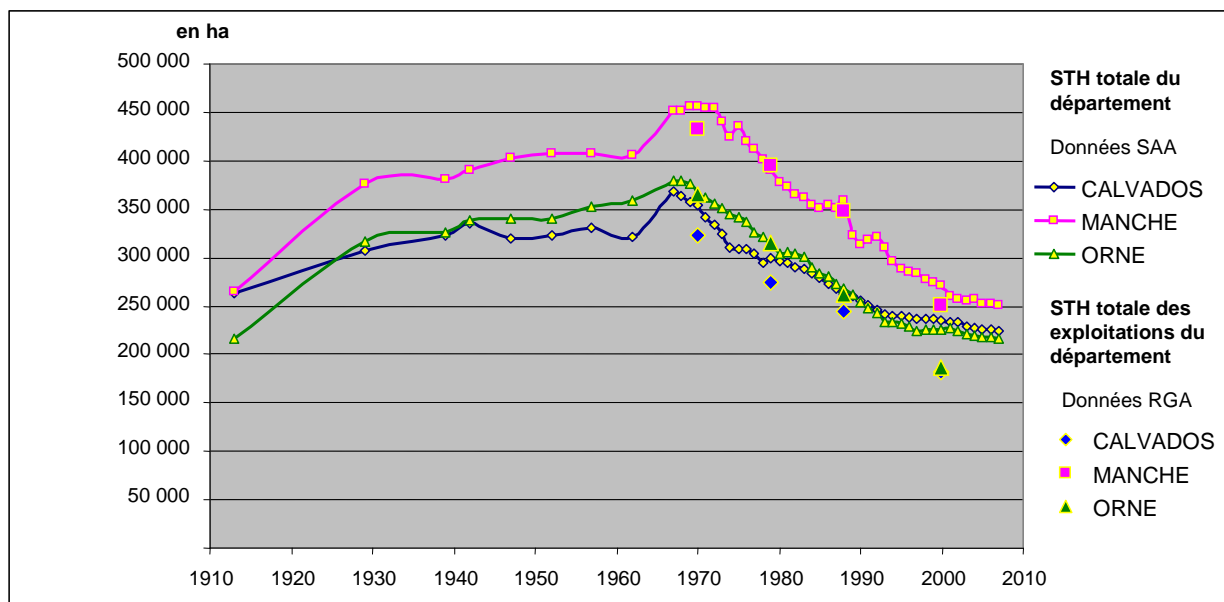


Figure 27 : Evolution des surfaces toujours en herbe dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Par ailleurs, on note une différence remarquable entre la STH totale du département et la STH totale des exploitations du département, notamment en 2000 dans les départements de l'Orne et du Calvados.

Ceci s'explique par le fait que, comme pour la SAU, des surfaces agricoles appartiennent à des particuliers (vergers, pâtures) non enregistrés comme professionnels agricoles. A partir de 1989, les données SAA indiquent à la fois la STH totale par département et celle des exploitations du département. Nous pouvons ainsi comparer les nouvelles courbes obtenues (**Figure 28**) et vérifier que ces dernières s'ajustent bien à celles des RGA. Cette STH « non agricole » est loin d'être négligeable et elle augmente avec le temps : dans le Calvados, elle était inférieure à 10% de la STH totale jusqu'en 1990, mais elle atteint 23% à partir de 2000. Dans l'Orne, elle était négligeable jusqu'en 1990, mais passe de 10% à 18% entre 1990 et 2007. Il n'y a que dans la Manche où celle-ci reste faible relativement aux autres départements, puisqu'elle ne monte que jusqu'à 8% en 2000. Cette réalité est importante à prendre en compte notamment pour la modélisation STICS car la STH totale des départements décroît globalement moins vite que celles des exploitations, ce qui laisserait penser qu'une part importante de la STH passe du milieu agricole au non agricole et n'est plus comptabilisée dans les sources statistiques que nous utilisons habituellement. Ceci risque d'entraîner une surestimation des surfaces cultivées au détriment des prairies et une exagération des surfaces en prairies retournées qui est vraie en relatif (par rapport à la SAU agricole), mais fausse en absolu (par rapport à la SAU totale des départements).

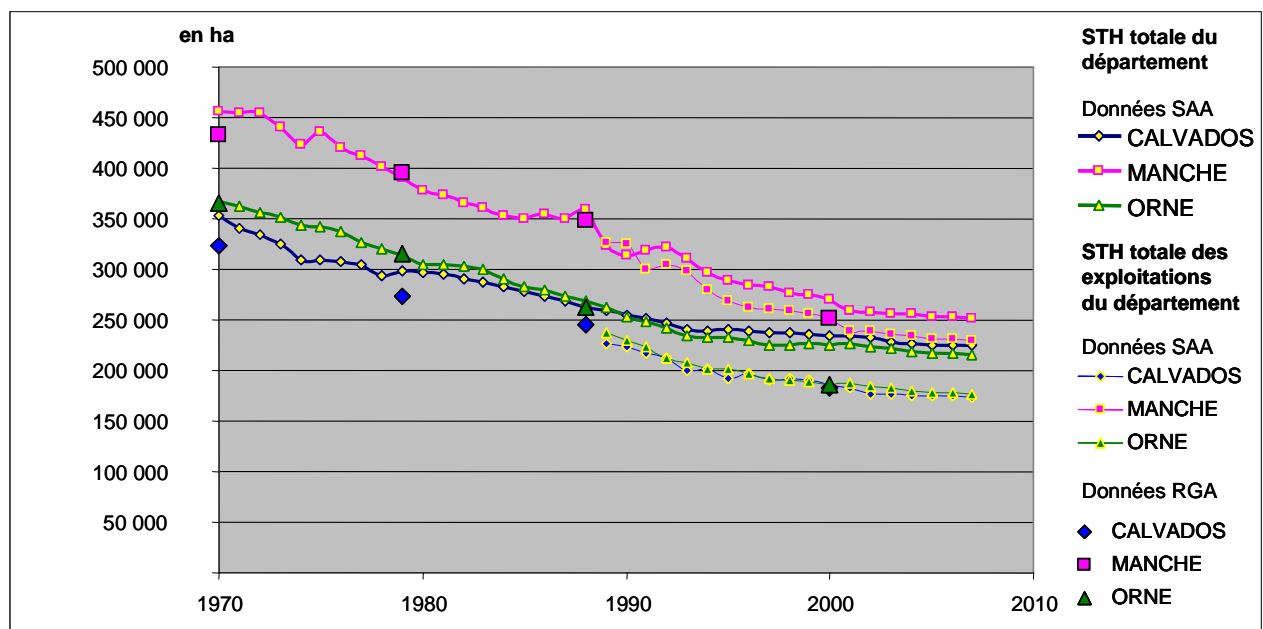


Figure 28 : Différence entre surfaces toujours en herbe agricoles et non agricoles dans les départements de Basse-Normandie entre 1970 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

En terme de pourcentage de surface, la STH représente la principale surface agricole en Basse-Normandie. En 1970, elles représentaient 80% de la SAU contre seulement 42,1% en 2006, soit une diminution de l'ordre de 50% en 36 ans. Si l'on calcule le taux annuel de retournement des prairies, on s'aperçoit qu'il a tendance à augmenter au cours du temps (il passe de 1,4% en 70-80 à 2,3% en 90-2000, à 2,7% en 2000-2006), en ce qui concerne la STH totale des exploitations des départements.

Les départements semblent tous touchés avec la même ampleur, à la nuance près que le département de la Manche, qui était légèrement plus herbager dans les années 70 (88%), reste plus herbager en 2006 (avec 48,7% de SAU). Les autres départements avaient une STH comprise entre 73 et 78% en 1970 qui avoisine les 40% en 2006.

La répartition cantonale des prairies (**Figure 28**) montre que dans les années 70, les plus faibles surfaces en prairies (< 40%) étaient situées uniquement dans la Plaine de Caen. Au cours des années suivantes, les retournements de prairies se sont produits surtout dans le sud de la Basse-Normandie (Avranchin et cantons voisins, Perche Ornais), puis à l'ensemble de la région. En 2006, les derniers

cantons encore très herbagers (STH > à 60%) se situent dans le Pays d'Auge, ainsi que dans le Cotentin et le Bocage de Coutances et de Saint-Lo.

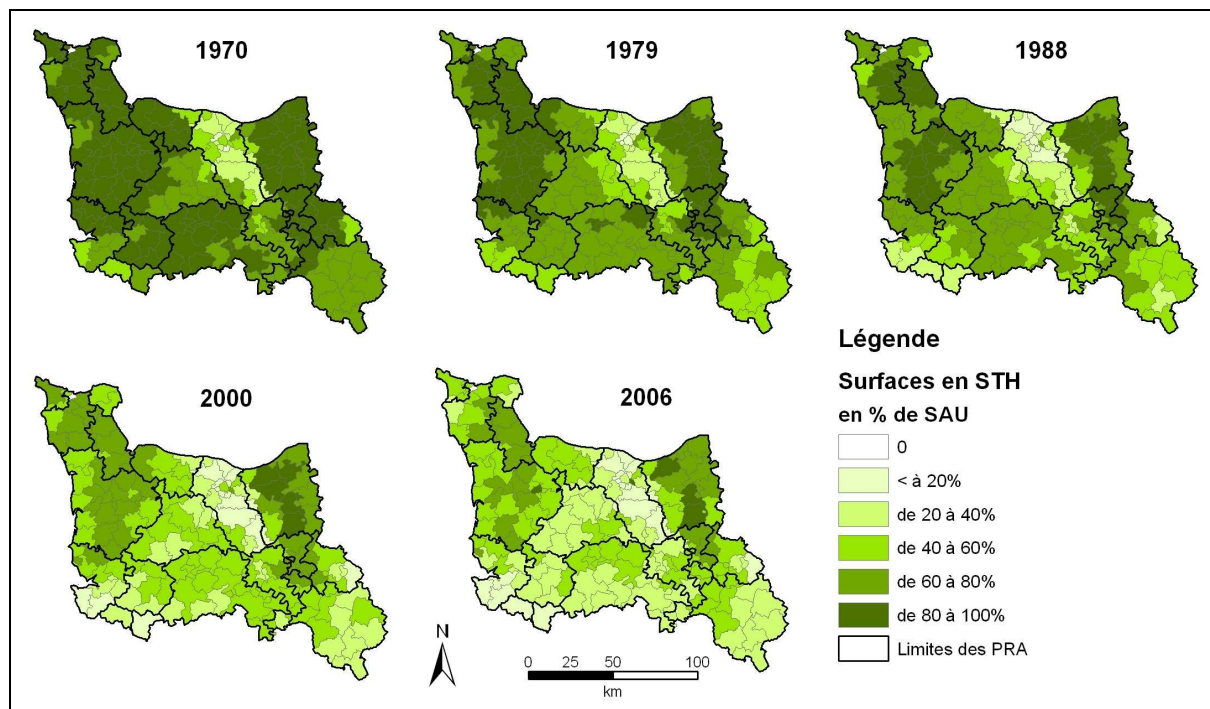


Figure 28 : Evolution des surfaces toujours en herbe (STH) en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

2. Les prairies temporaires

Les prairies temporaires ne se sont vraiment développées qu'à partir des années 70, comme le montre le graphique suivant (**Figure 29**), même si elles occupaient déjà environ 10 000 ha dans l'Orne entre 1913 et 1960.

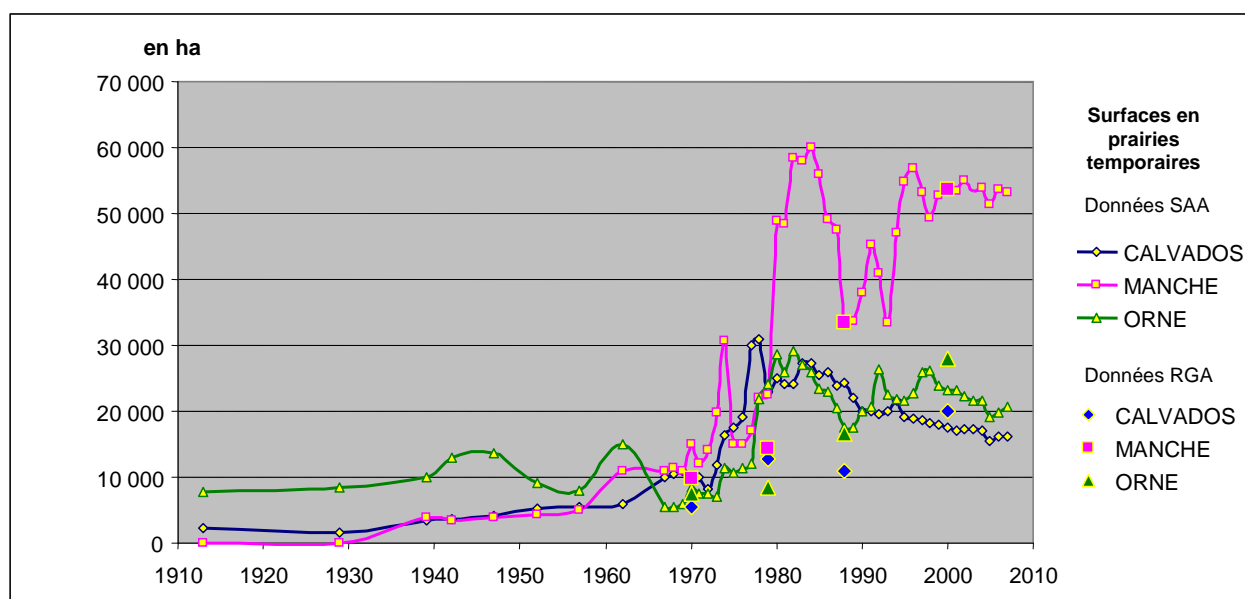


Figure 29 : Evolution des surfaces en prairies temporaires dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Elles ont ensuite connu au cours des décennies suivantes un développement important dans l'Orne (+ 210% entre 1970 et 2006), comme dans le Calvados (+ 194%), mais bien moins que dans la Manche (+ 444%) qui concentre à partir de 1980, et de loin, la majorité des surfaces en prairies temporaires.

En terme de pourcentage de surface, les prairies temporaires représentaient des surfaces presque anecdotiques en 1970 avec 1,6% de la SAU, à des surfaces très importantes en 2000, avec 8% de la SAU (soit une augmentation de 300%). Parmi les 3 départements, la Manche se distingue par ses surfaces qui passent de 2 à 12% en 36 ans, alors qu'elles ne passent que de 1,2-1,6% en 1970, contre 4,1-5,7% en 2006 dans les autres départements.

Ces données sont cependant à considérer avec prudence, car comme le montrent les données RGA superposées à ce graphique, il existe d'importantes différences de surfaces selon la source d'information, notamment en 1979 et 1988. Cela est lié à la difficulté de distinguer une « ancienne » prairie temporaire d'une prairie permanente, mais également aux déclarations faites par les agriculteurs, qui parfois, ont déclaré des prairies permanentes en temporaires afin de se garder la possibilité de les retourner ultérieurement (contraintes réglementaires vis-à-vis des déclarations en terres labourables de la PAC). La légère diminution (-8,7%) observée entre 2000 et 2006 à l'échelle régionale est donc à relativiser.

Les cartes (**Figure 30**) montrent que cette progression s'est diffusée à partir du sud-ouest de la région Basse-Normandie et des régions limitrophes (Ille-et-Vilaine et Mayenne) dans les années 70 dans toute la moitié ouest de la région. En 2006, la culture de prairies temporaires concerne donc surtout le département de la Manche et la moitié ouest de l'Orne et du Calvados, où elles dépassent partout 5% de la SAU, et plus de 15% de la SAU dans un quart sud-ouest de la région. Elles sont également présentes mais de manière très diffuse dans tout le reste de la Basse-Normandie.

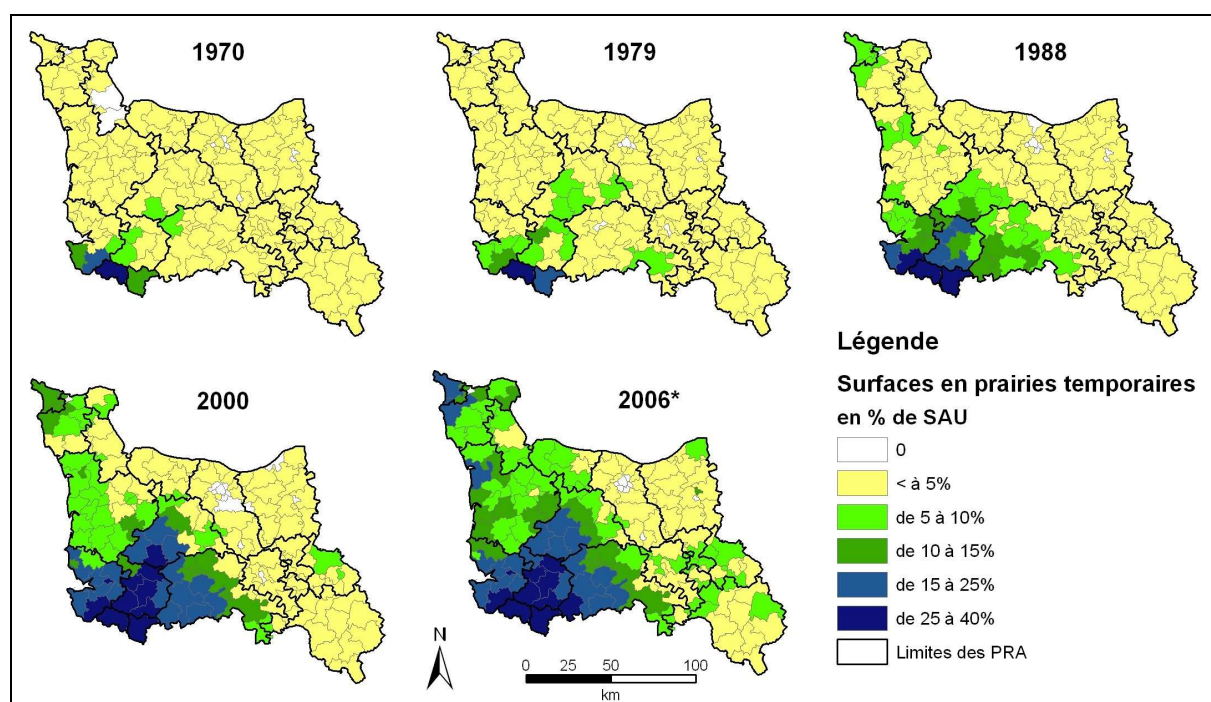


Figure 30: Evolution des surfaces en prairies temporaires en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

3. Les prairies artificielles

Les prairies artificielles (trèfle, luzerne) occupaient d'importantes surfaces dans l'assolement en Basse-Normandie (6% de la SAU en 1913) du début du siècle précédent jusqu'aux années 70 (**Figure 31**). Elles avaient une fonction essentielle dans l'assolement triennale à la fois pour nourrir le bétail et pour restaurer la fertilité des sols avant la généralisation des engrais chimiques. Leur présence était particulièrement marquée dans la Manche et dans l'Orne jusqu'en 1962. Le déclin a été ensuite très brutal, puis s'est prolongé jusqu'en 2006 (-76% entre 1970 et 2006 à l'échelle de la région) sur les faibles surfaces restantes. L'évolution a été très différente dans le Calvados, où elles étaient peu présentes entre 1913 et 1970 : elles auraient augmenté entre 1969 et 1971, seraient restées stables quelques années, pour décliner ensuite à leur tour (-90%).

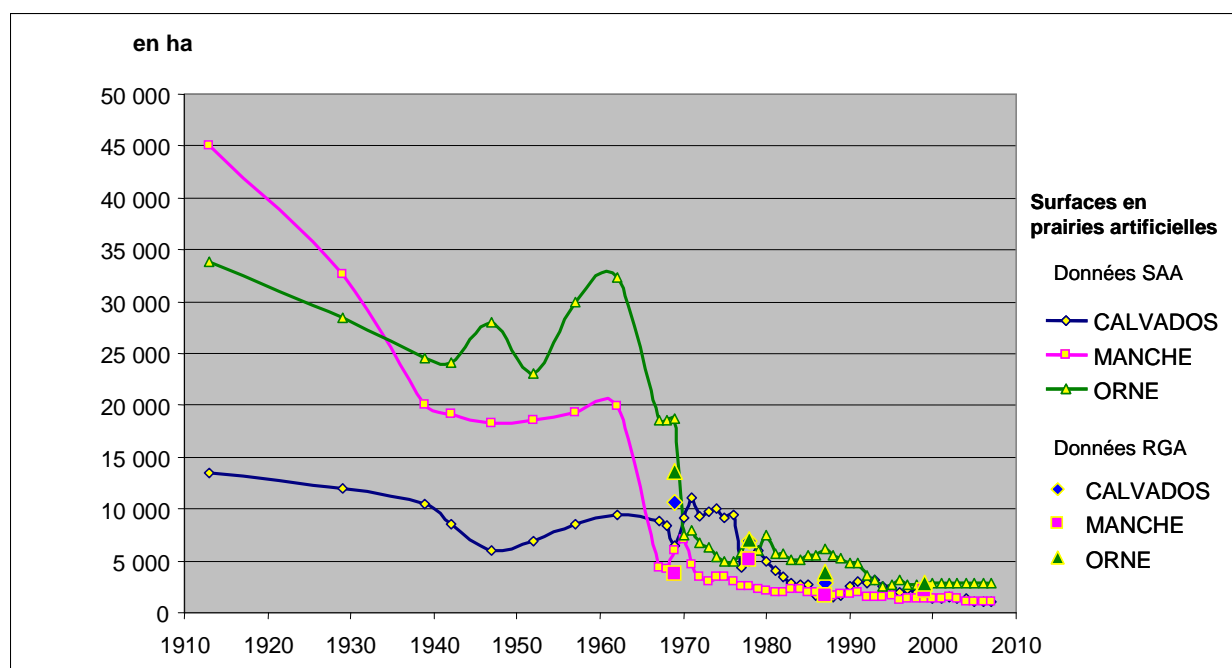


Figure 31 : Evolution des surfaces en prairies artificielles dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Les graphiques suivants (**Figure 32**) montrent que ces prairies artificielles sont essentiellement composées de trèfle violet jusque dans les années 60. Seule la Manche cultivait d'importantes surfaces en luzerne au début du siècle précédent jusqu'en 1940, puis c'est le département de l'Orne qui a développé cette culture dans les années 50-60. Cependant, à partir de 1962, la disparition du trèfle violet dans l'assolement a été plus rapide que celle de la luzerne, ce qui fait que depuis les années 70, elle est devenue majoritaire dans les surfaces en prairies artificielles de Basse-normandie.

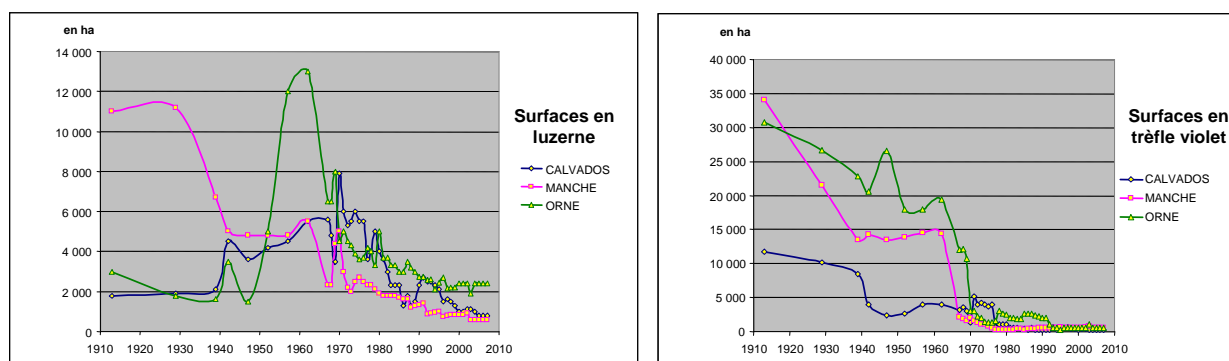


Figure 32 : Evolution des surfaces en luzerne et en trèfle violet dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

Les données sur la période récente (**Tableau 1**) indiquent que les prairies artificielles occupaient encore des surfaces relativement importantes en 1970 en Basse-Normandie (2% de la SAU) qui sont passées à 0,5% de la SAU en 2006. Cette baisse a été particulièrement importante entre 1970 et 1988 (- 89%) et semble s'être ralentie depuis (- 20%). En 1970, les surfaces étaient surtout importantes dans les départements du Calvados et de l'Orne (2,4 et 2,9%) et moindres dans la Manche (0,8%), mais elles y ont proportionnellement moins diminué (-28%).

Les cartes de 1970 à 2000 (données SISA 2006 non comparables avec les données RGA pour cette culture) montrent qu'en 1970, les prairies artificielles étaient présentes presque partout en Basse-Normandie (**Figure 33**), même si les surfaces étaient généralement très faibles (< à 1,5% de la SAU). Les régions où elles étaient les mieux implantées étaient surtout des régions de grandes cultures (Plaines de Caen et d'Alençon, Perche Ornais, Pays d'Ouche) ainsi que quelques cantons du littoral du département de la Manche. En 1979, elles se sont maintenues sur tout le territoire mais ont régressé en surface. Puis en 1988, elles ont commencé à disparaître de certains cantons de la Manche, ainsi que du Pays d'Auge. En 2000, la situation semble s'être stabilisée, mais on peut noter un déplacement géographique des principaux bassins de production de la Plaine de Caen vers le Bocage du Calvados.

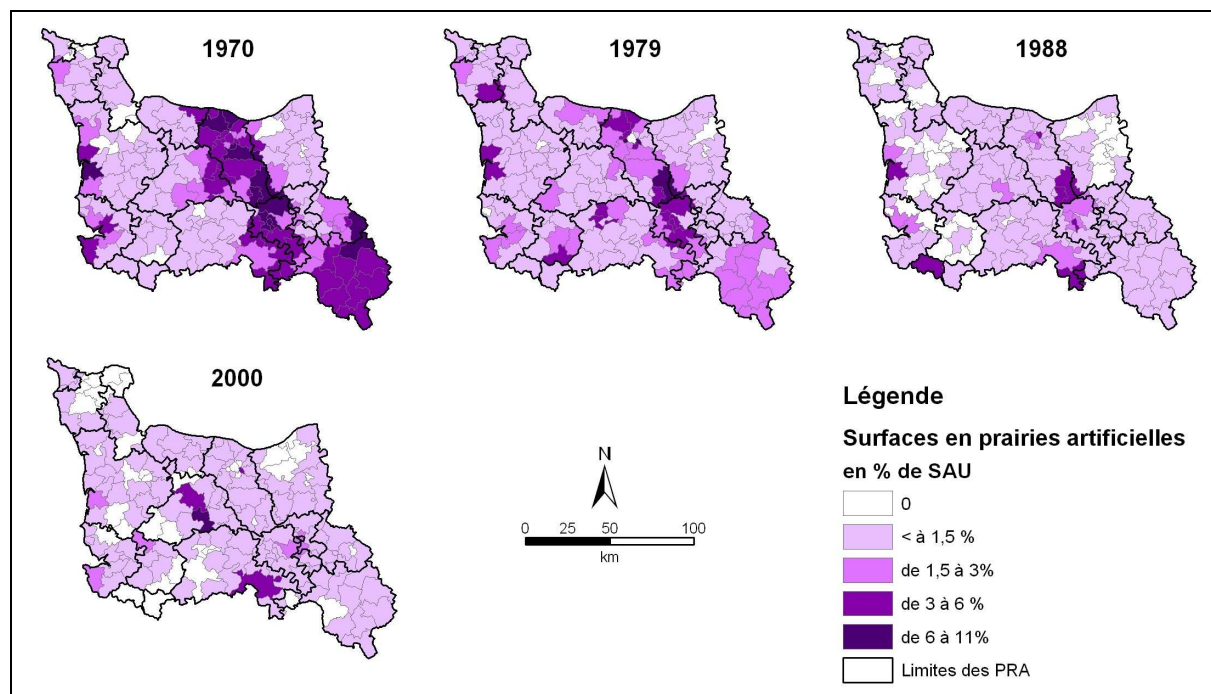


Figure 33 : Evolution des surfaces en prairies artificielles en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

4. Le maïs fourrage

Le maïs fourrage semble avoir connu un développement spectaculaire en Basse-Normandie si l'on se fie aux données statistiques (**Figure 34**). En effet, il était encore inexistant dans les années 60 et est devenu une des principales cultures de la région dès les années 70. Cette évolution est à mettre en lien avec la révolution fourragère qui a eu lieu à cette époque et qui a permis l'intensification de l'élevage laitier en se basant sur l'apport d'ensilage de maïs en complément de l'herbe. En 1970, il n'occupait encore que 2,2% de la SAU contre 13,6% en moyenne en 2006 en Basse-Normandie, ce qui correspond à une progression de 440%. La croissance la plus rapide a eu lieu entre 1970 et 1979 puis elle s'est ralentie jusqu'à s'arrêter sur la dernière période 2000-2006.

Il y a cependant des variations selon les départements : c'est dans la Manche que le maïs ensilage s'est le mieux développé (+ 850% en 36 ans) puisqu'il est passé de 1,8% de la SAU en 1970 à 19% en

2006, mais il semble se stabiliser depuis 2000. Dans l'Orne, il a fortement progressé jusqu'en 1990, puis semble stagner, voire régresser (-9.5% entre 1988 et 2000). Dans le Calvados, il a augmenté très fortement jusqu'en 1975, puis après une brutale diminution, il a recommencé à gagner des surfaces de manière très progressive, puis à stagner.

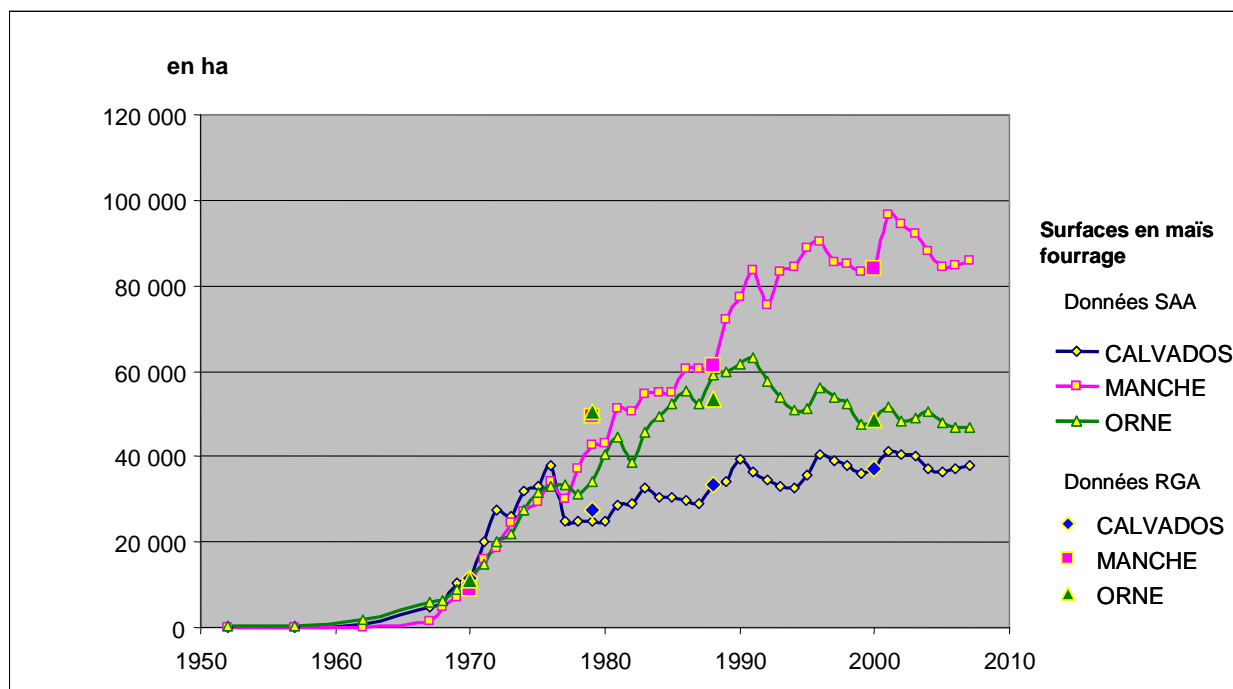


Figure 34 : Evolution des surfaces en maïs fourrage dans les départements de Basse-Normandie entre 1913 et 2007 (Sources : SAA, Agreste)

En terme de répartition spatiale au sein des départements, les cartes suivantes (**Figure 35**) montrent que le maïs fourrage était présent dans tous les cantons dès 1970, mais sur de très faibles surfaces (< 5% de la SAU).

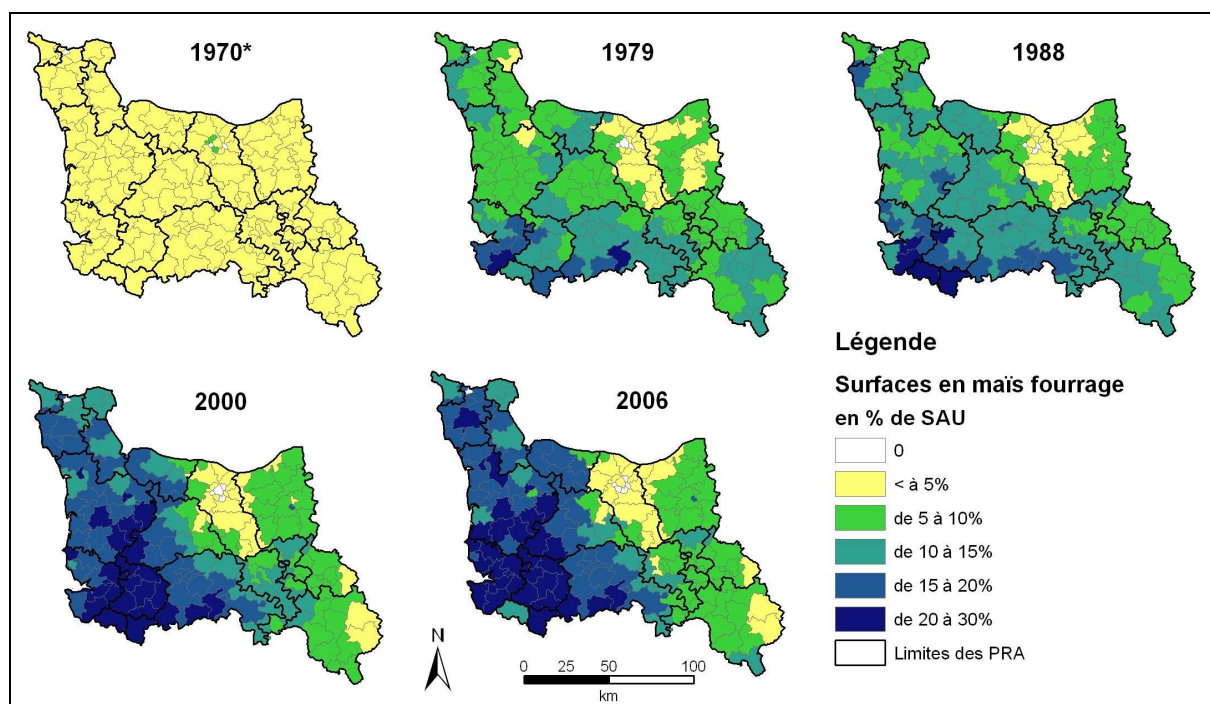


Figure 35 : Evolution des surfaces en maïs fourrage en Basse-Normandie à l'échelle cantonale entre 1970 et 2006 (Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

Dès 1979, il dépasse 5% de la SAU dans tous les cantons, mis à part certains cantons de la Plaine de Caen et du Pays d’Auge. Il est particulièrement bien implanté au sud de la région, dans les PRA de l’Avranchin, du Mortanais et du Bocage ornais, où il dépasse parfois 15% de la SAU. Au cours des années suivantes, il continue surtout à se développer dans la moitié ouest de la région, où il dépasse généralement dans tous les cantons 15% de la SAU (allant même jusqu’à 30% parfois), tandis qu’il stagne, voire régresse autour de 5-10% de la SAU dans la moitié est.

b) Les jachères

Les surfaces en jachères ne sont devenues significatives qu’à partir de la réforme de la PAC de 1992 qui a imposé un gel obligatoire sur une partie des terres labourables, avec un taux variable selon les années, basé sur les surfaces en COP (Céréales et oléoprotéagineux). Le gel que nous avons représenté ici correspond au « gel non productif » des données SISA, sachant que le « gel industriel » a quant à lui été additionné aux surfaces en colza. Les cartes ci-dessous (**Figure 36**) indique donc les surfaces où ces jachères ont été le plus répandues : il s’agit essentiellement des régions où les grandes cultures sont fortement développées, à savoir la Plaine de Caen, le Bessin et le Bocage du Calvados, ainsi que le Perche ornais, le Pays d’Ouche et les Plaines d’Alençon et d’Argentan.

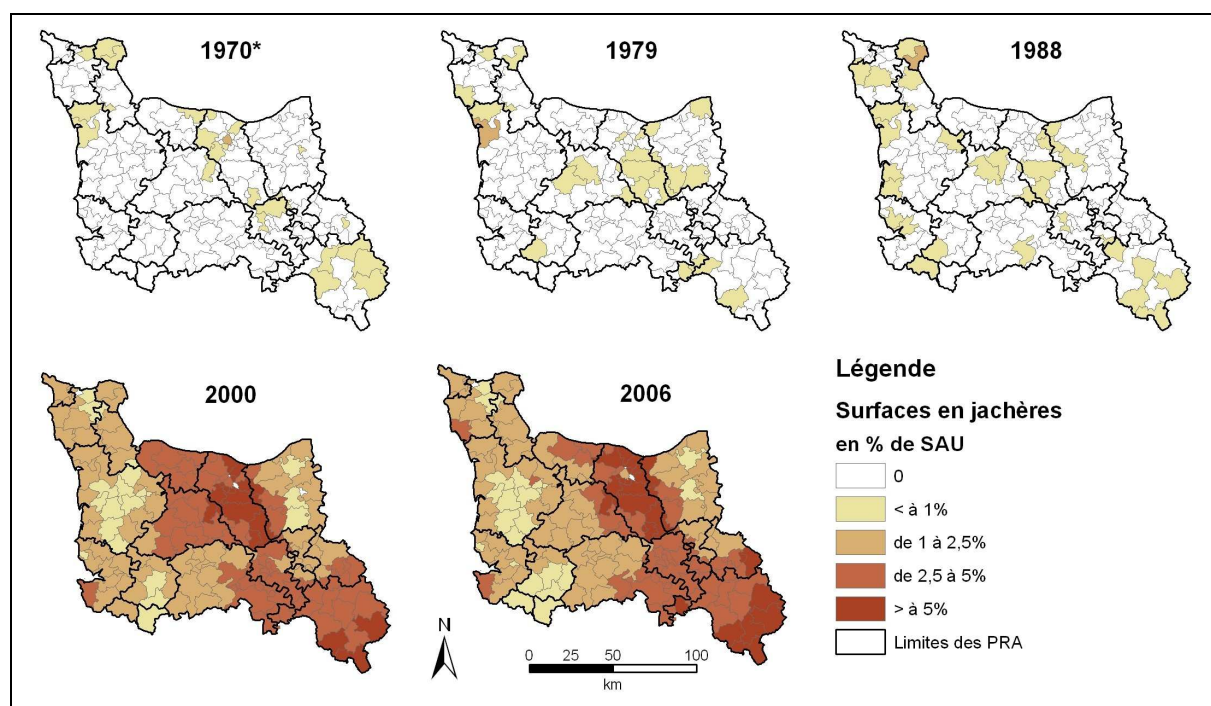


Figure 36 : Evolution des surfaces en jachères en Basse-Normandie à l’échelle cantonale entre 1970 et 2006
(Sources : RGA70, 79, 88 ; RA 2000, SISA 2006, Agreste)

3 Résultats par département

a. Evolution de l'assolement dans le Calvados (1970-2007)

Pour valider si la segmentation temporelle retenue par les experts était compatible avec l'évolution de l'assolement depuis 1970, nous avons représenté sur un graphique les courbes départementales SAA pour les principales cultures, ainsi que les dates de ruptures indiquées par les experts. Les données RGA ont été placées également sur le graphique (même symbole que les données SAA mais agrandi).

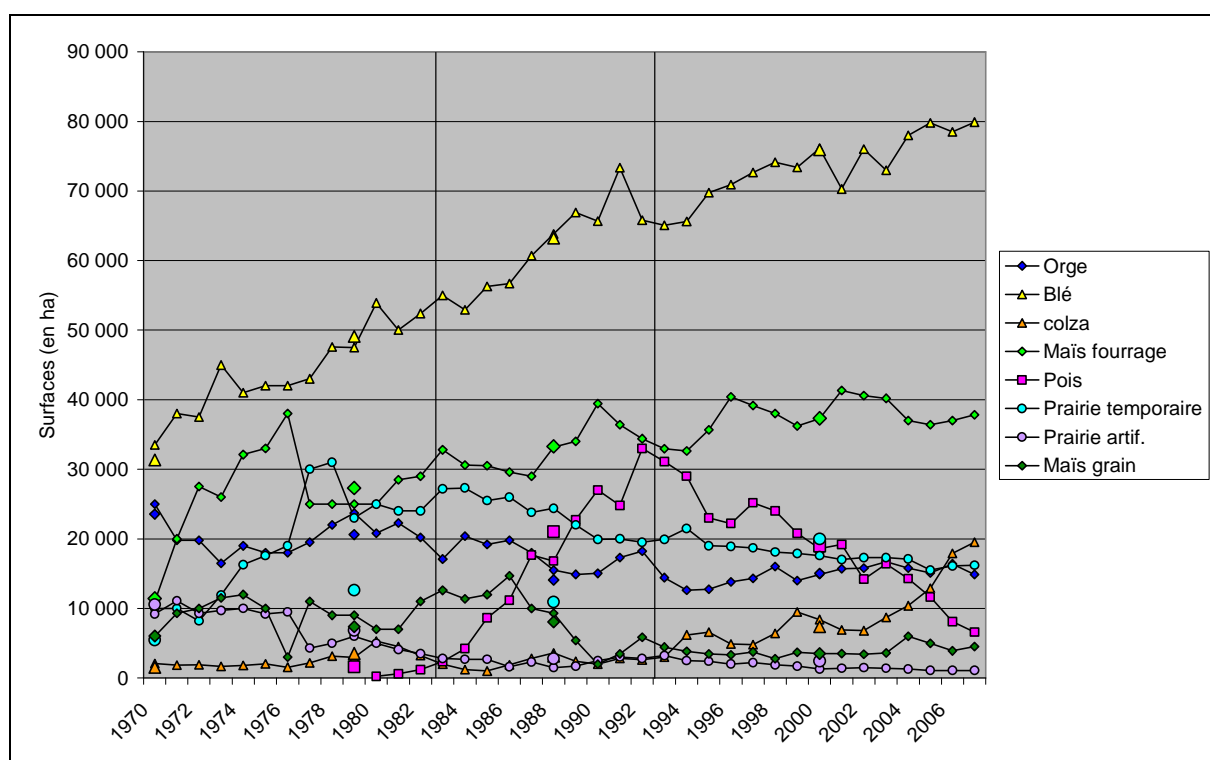


Figure 69 : Evolution des surfaces cultivées dans le département du Calvados entre 1970 et 2007 (Sources : SAA et RGA, Agreste)

Dans le cas du Calvados, la segmentation temporelle semble compatible avec certaines tendances observées sur le graphique ci-dessus :

- le pois protéagineux est en pleine expansion sur la période 1984-1993 puis en déclin sur la période suivante ;
- le colza ne se développe de manière significative qu'à partir de 1994.

En revanche, pour les autres cultures, les tendances ne sont pas aussi marquées, soit qu'elles suivent une progression (ou une diminution) plutôt linéaire comme le blé, le maïs fourrage ou les prairies temporaires ou alors qu'elles présentent une certaine stabilité dans le temps, comme l'orge ou la betterave. Seul le maïs grain échappe à ces grandes tendances et montre un reflux marqué depuis 1990.

b. Evolution de l'assolement dans la Manche (1970-2007)

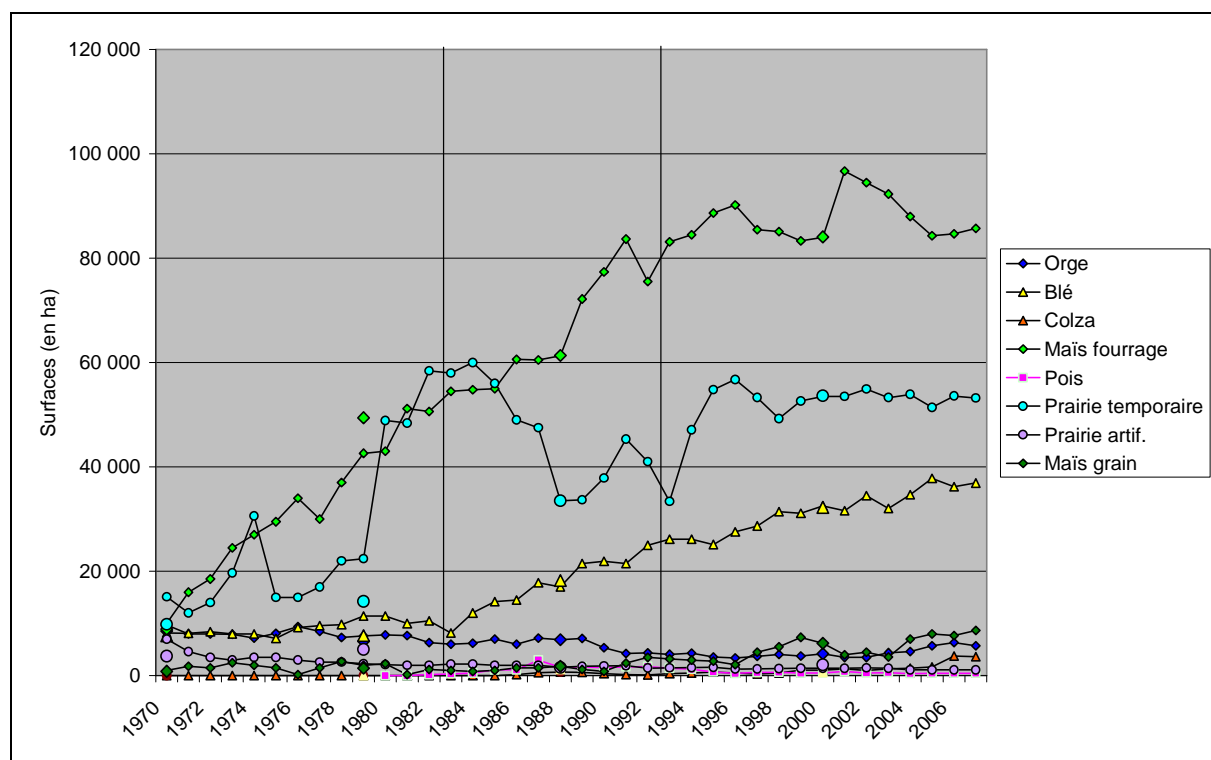


Figure 70 : Evolution des surfaces cultivées dans le département de la Manche entre 1970 et 2007 (Sources : SAA et RGA, Agreste)

Dans le département de la Manche, le graphique ci-dessus montre certaines tendances compatibles avec la segmentation temporelle adoptée :

- les surfaces en blé augmentent de manière significative à partir de 1984 ;
- les prairies temporaires sont dans une période de déclin entre 1985 et 1994 et remontent ensuite pour se stabiliser durant la dernière période ;
- le maïs fourrage semble ralentir sa croissance à partir des années 90.

c. Evolution de l'assolement dans l'Orne (1970-2007)

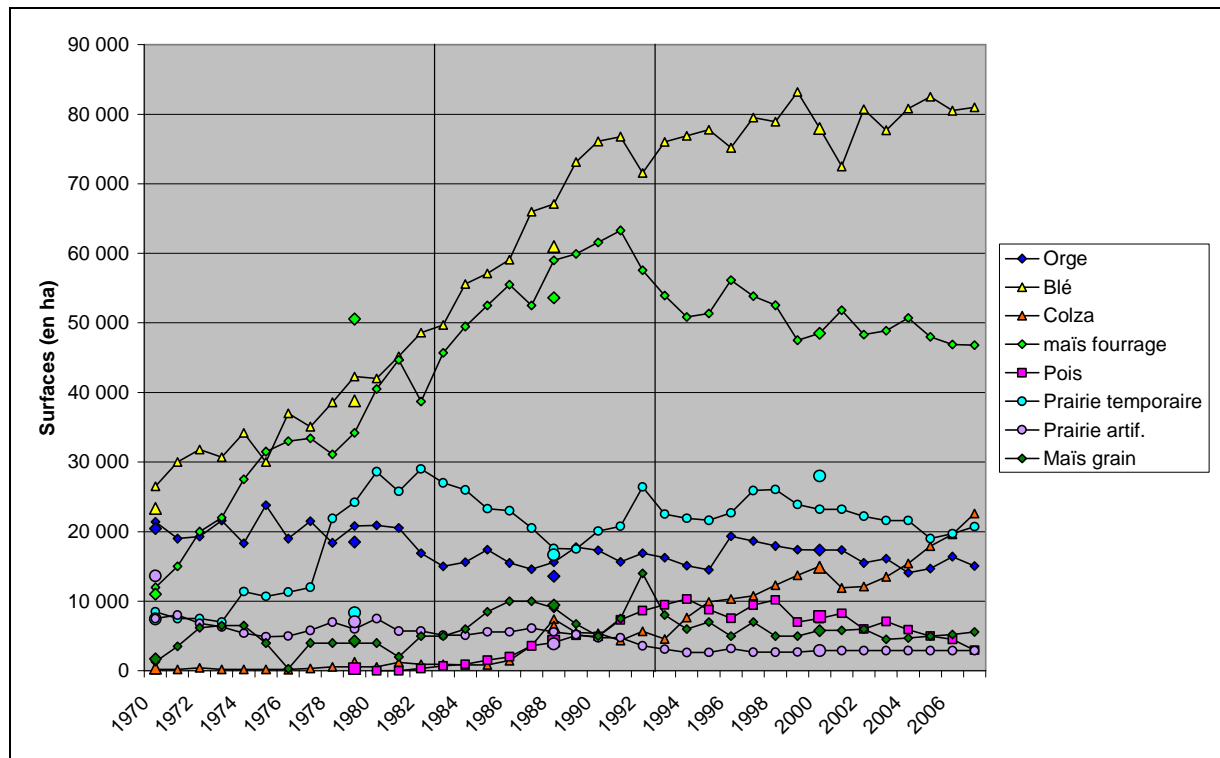


Figure 71 : Evolution des surfaces cultivées dans le département de l'Orne entre 1970 et 2007 (Sources : SAA et RGA, Agreste)

Dans le département de l'Orne, on retrouve également quelques tendances notables :

- le maïs fourrage et le blé ralentissent leur croissance à partir des années 90 (voire l'inversent dans la cas du maïs) ;
- les prairies temporaires cessent de progresser à partir de 1982 ;
- en revanche, le pois et le colza semblent prendre leur essor plus tard que dans le Calvados : plutôt vers 1988 que 1983. Les courbes s'inversent ensuite vers 1996 lorsque le colza commence à occuper plus de surfaces que le pois.

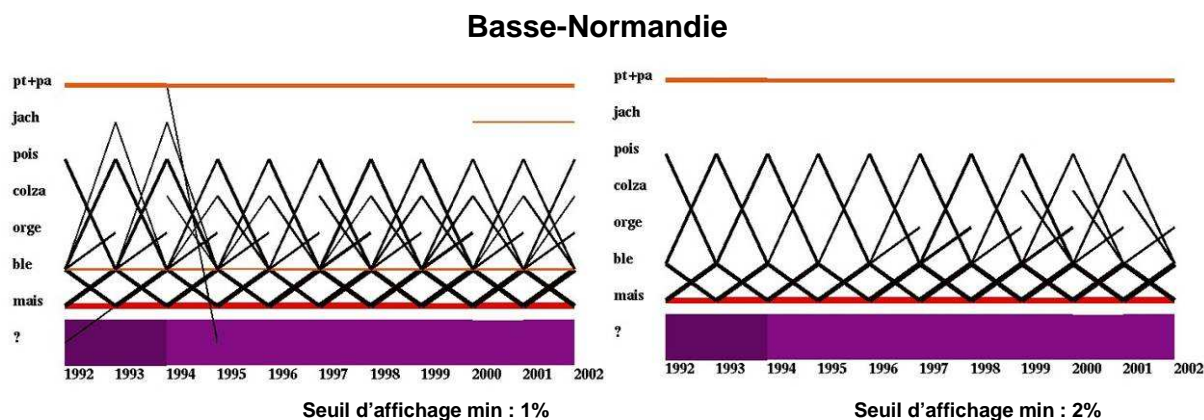
Annexe 3 : Les successions de cultures dominantes en Basse-Normandie

Rappel : Liste des PRA de la zone d'étude avec code INSEE et intitulé complet

PRA	NOM
14085	BESSIN (CALVADOS)
14353	PAYS D'AUGE (CALVADOS)
14354	BOCAGE (CALVADOS)
14355	PLAINES DE CAEN ET DE FALAISE (CALVADOS)
35357	REGION DE FOUGERES (ILLE-ET-VILAINE)
50081	LA HAGUE (MANCHE)
50082	BOCAGE DE VALOGNES (MANCHE)
50083	VAL DE SAIRE (MANCHE)
50084	COTENTIN (MANCHE)
50086	BOCAGE DE COUTANCES ET SAINT-LO (MANCHE)
50087	AVRANCHIN (MANCHE)
50354	LE MORTAINAIS (MANCHE)
53357	ZONE D'ELEVAGE (MAYENNE)
61088	MERLERAULT (ORNE)
61351	PERCHE ORNAIS (ORNE)
61352	PAYS D'OUICHE (ORNE)
61353	PAYS D'AUGE (ORNE)
61354	BOCAGE ORNAIS (ORNE)
61355	PLAINES D'ALENCON ET D'ARGENTAN (ORNE)

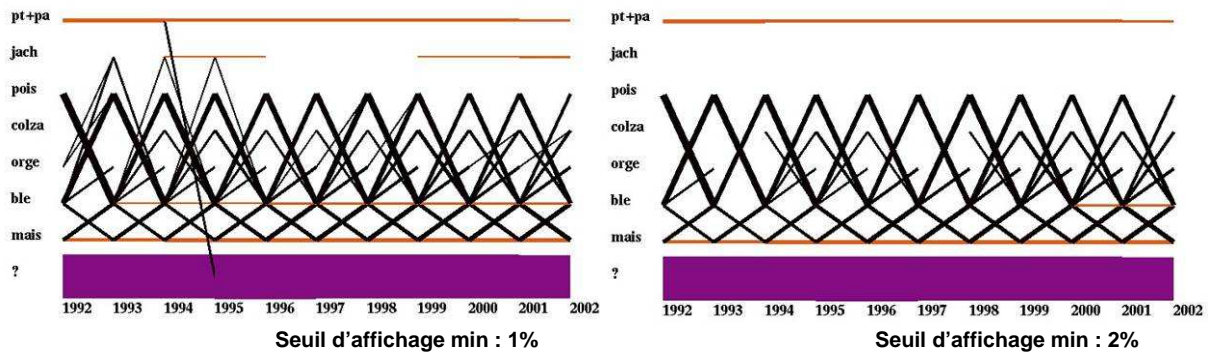
1 Diagrammes de Markov (sources : Enquête Teruti, Agreste ; traitement : CarottAge)

1.1 Données Teruti Basse-Normandie 1992-2002

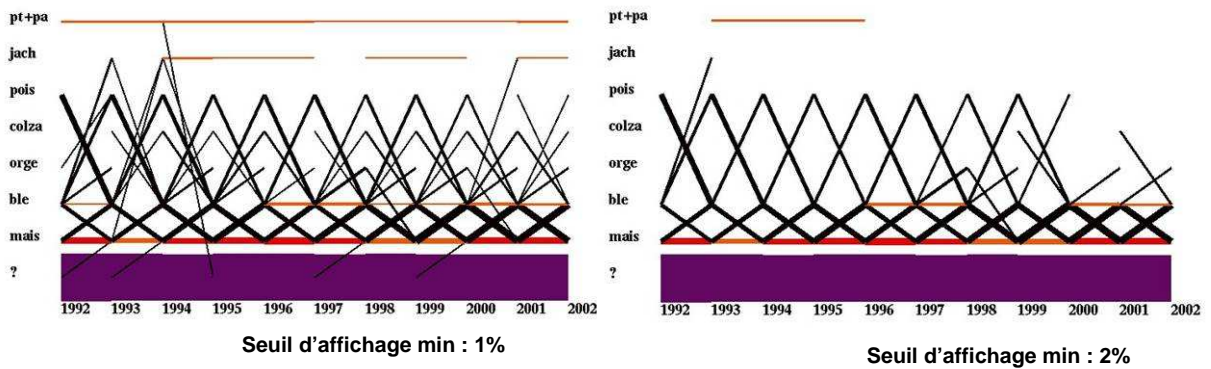


1.1.1 Données Teruti - Département du Calvados 1992-2002

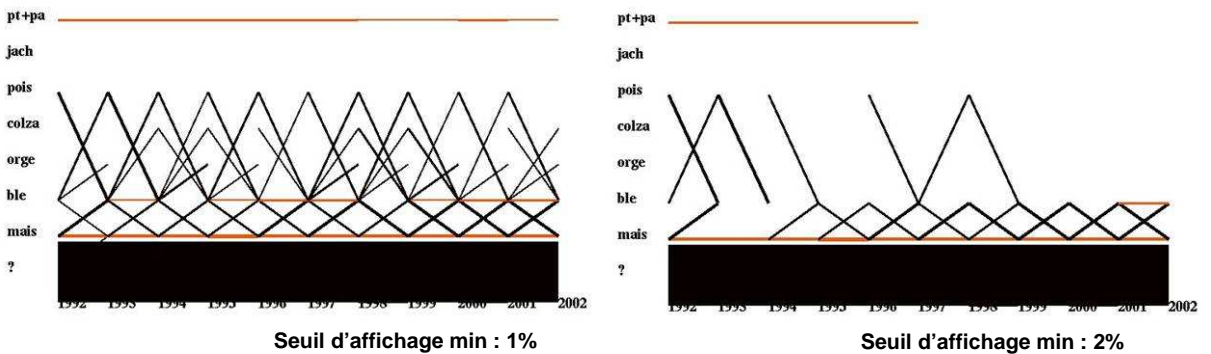
Dep 14 (Calvados)



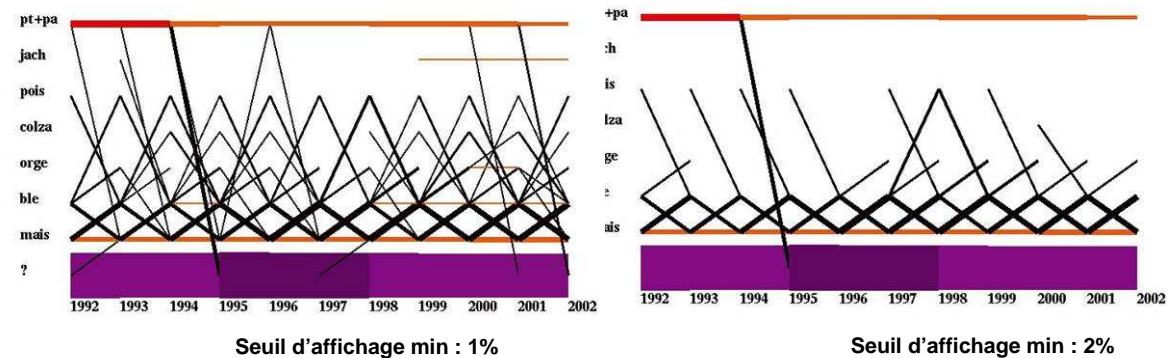
PRA 14085



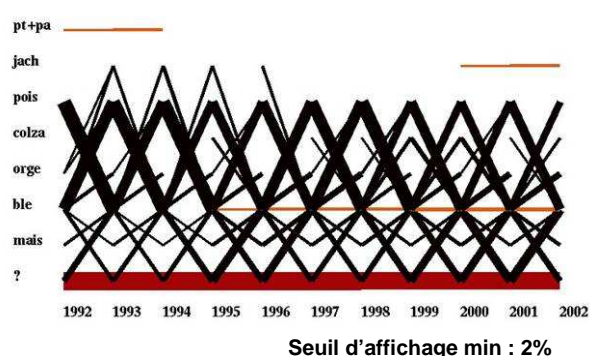
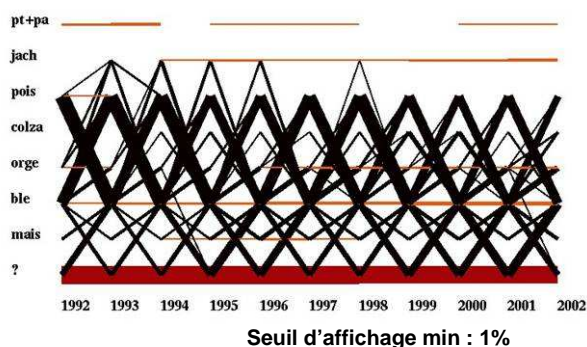
PRA 14353



PRA 14354

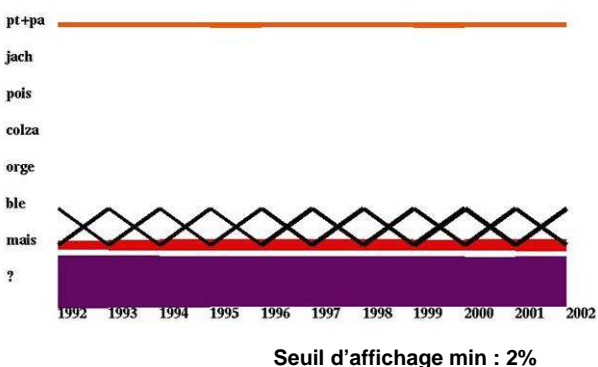
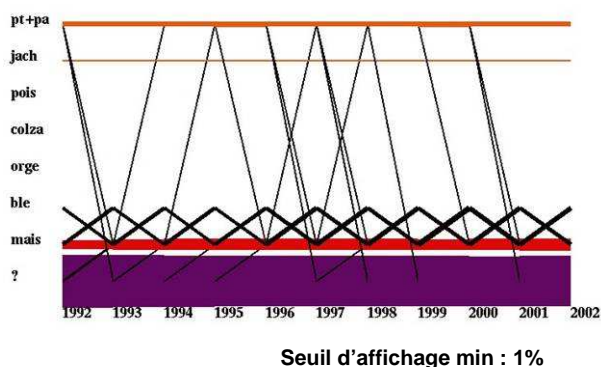


PRA 14355

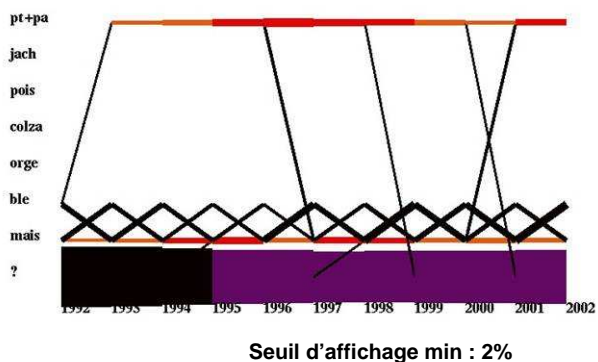
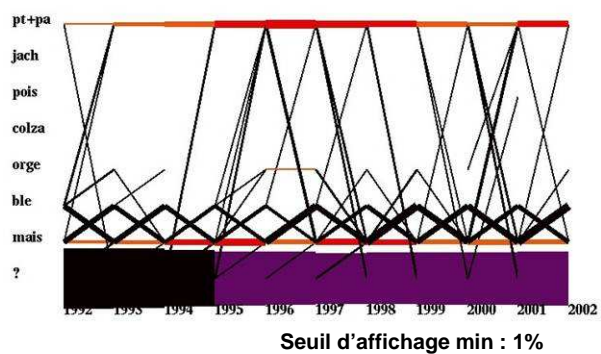


1.1.2 Données Teruti - Département de la Manche 1992-2002

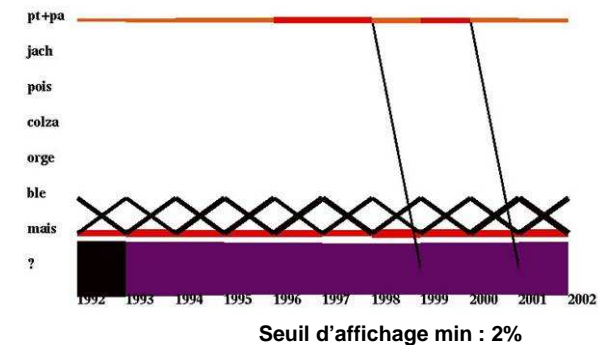
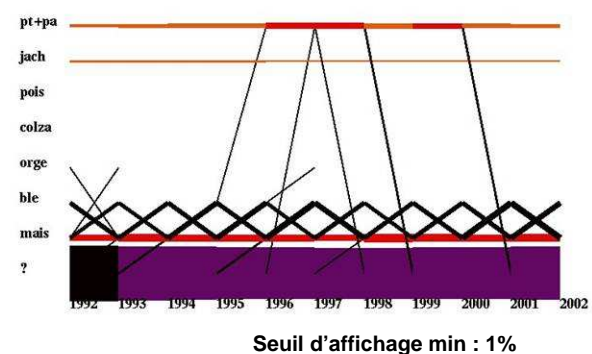
Dep 50 (Manche)



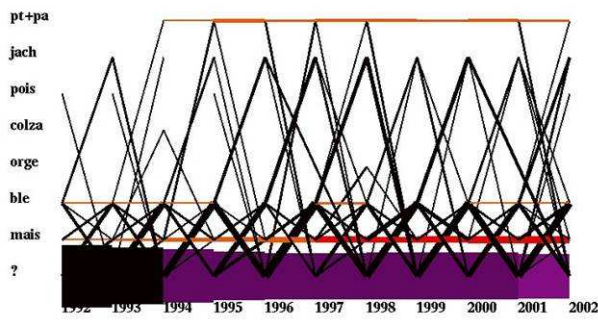
PRA 50081



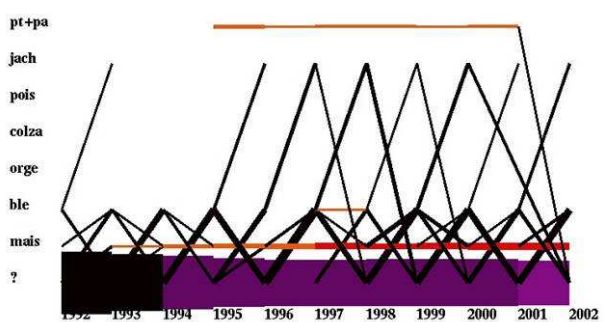
PRA 50082



PRA 50083

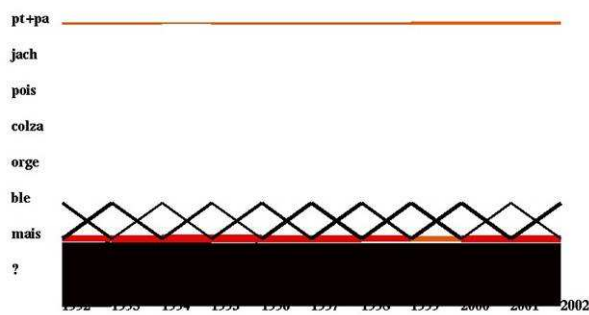


Seuil d'affichage min : 1%

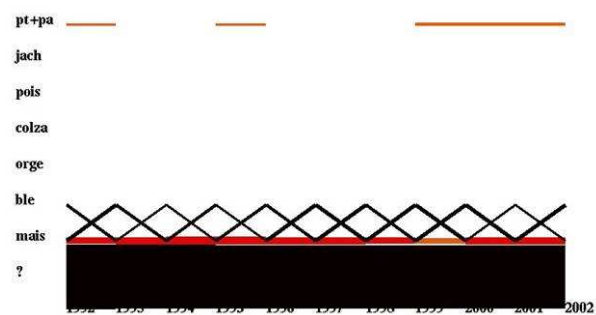


Seuil d'affichage min : 2%

PRA 50084

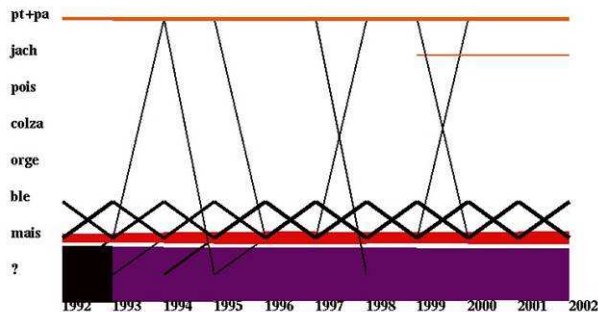


Seuil d'affichage min : 1%

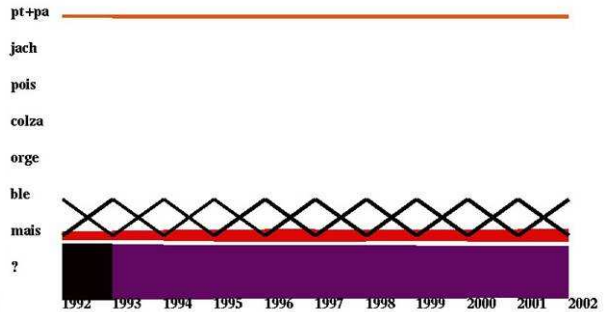


Seuil d'affichage min : 2%

PRA 50086

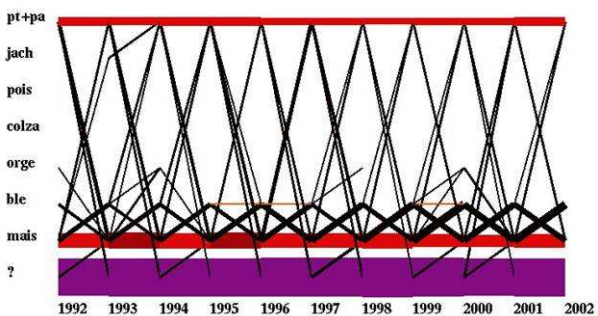


Seuil d'affichage min : 1%

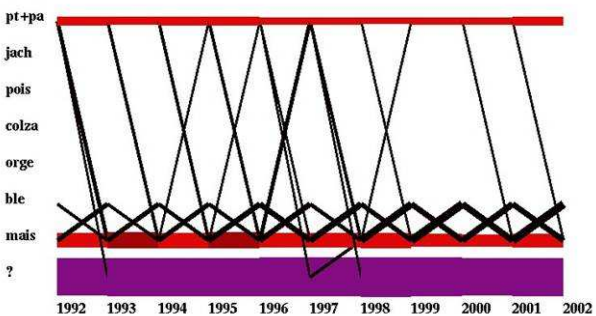


Seuil d'affichage min : 2%

PRA 50087

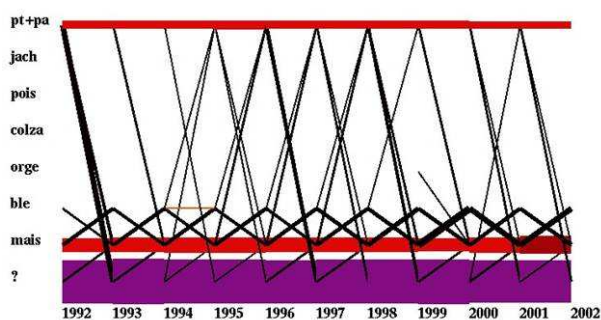


Seuil d'affichage min : 1%

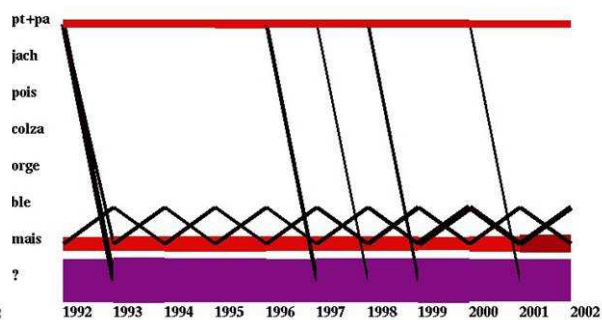


Seuil d'affichage min : 2%

PRA 50354



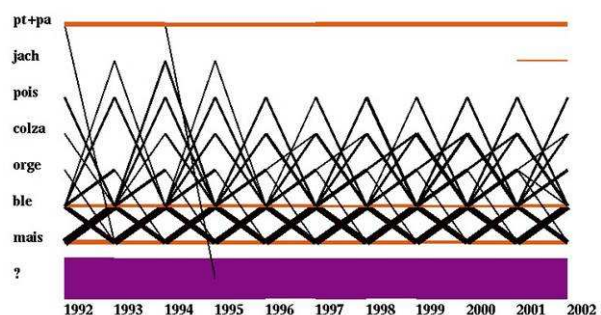
Seuil d'affichage min : 1%



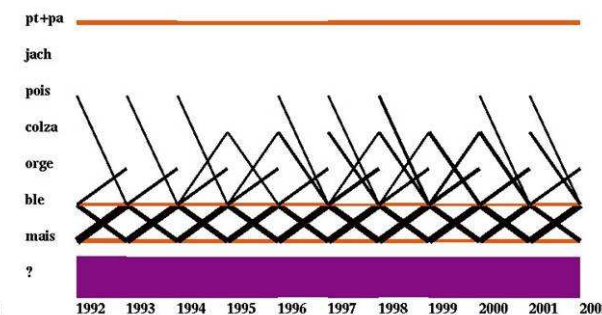
Seuil d'affichage min : 2%

1.1.3 Données Teruti - Département de l'Orne 1992-2002

Dep 61 (Orne)

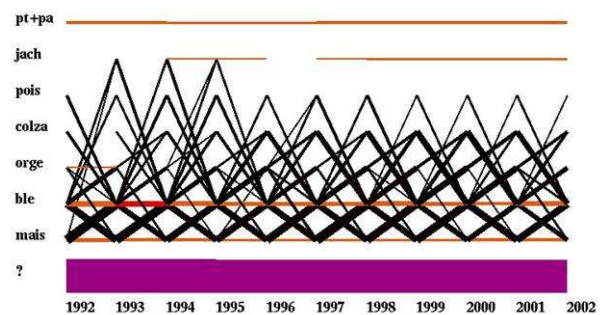


Seuil d'affichage min : 1%

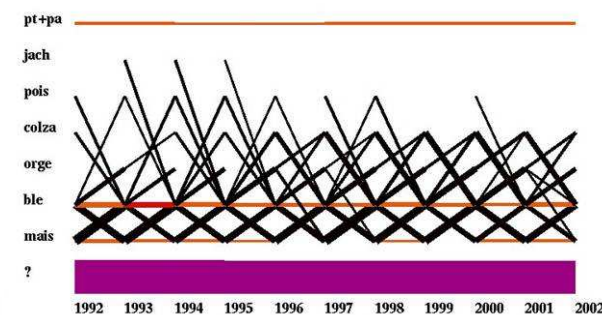


Seuil d'affichage min : 2%

PRA 61351

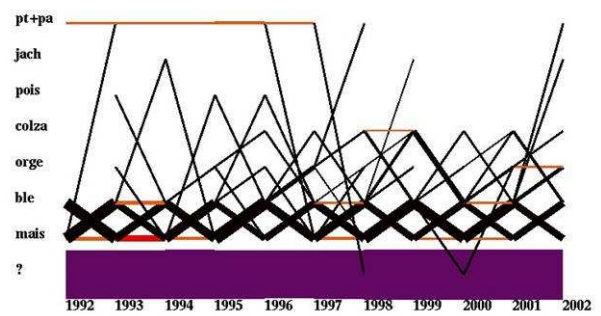


Seuil d'affichage min : 1%

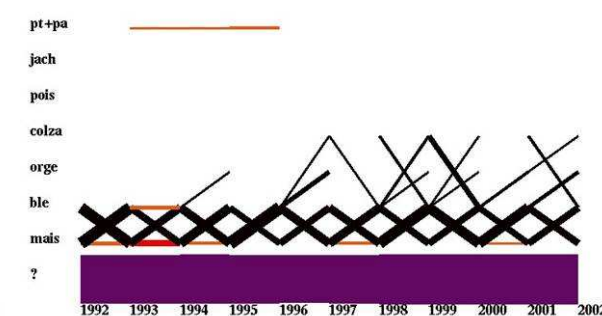


Seuil d'affichage min : 2%

PRA 61088

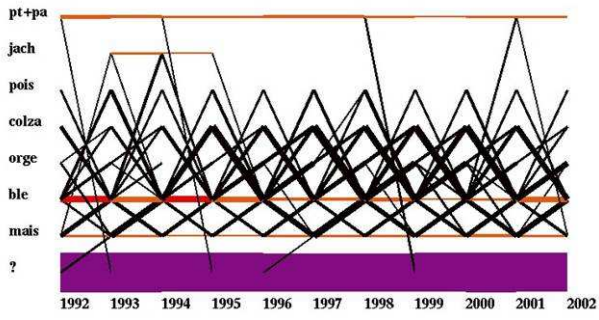


Seuil d'affichage min : 1%

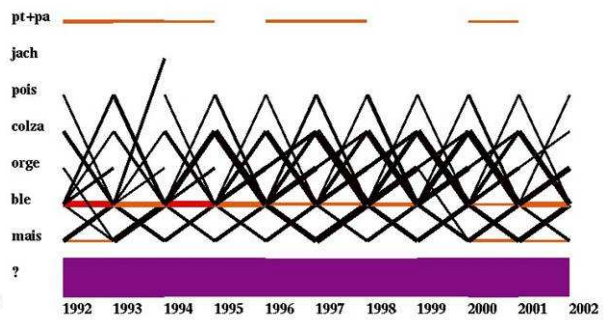


Seuil d'affichage min : 2%

PRA 61352

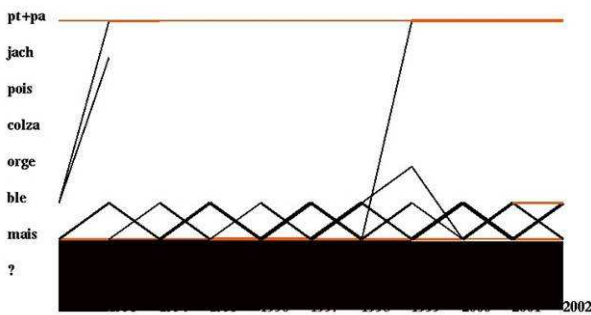


Seuil d'affichage min : 1%

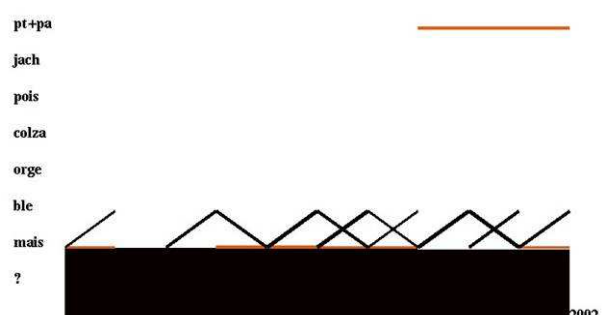


Seuil d'affichage min : 2%

PRA 61353

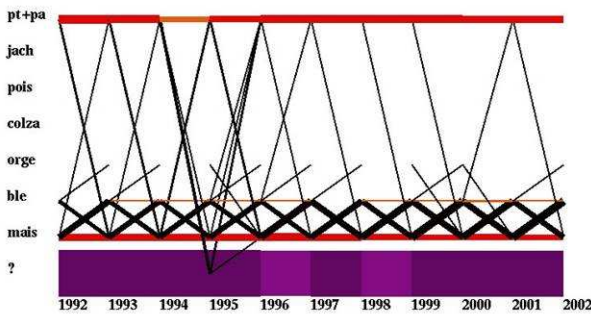


Seuil d'affichage min : 1%

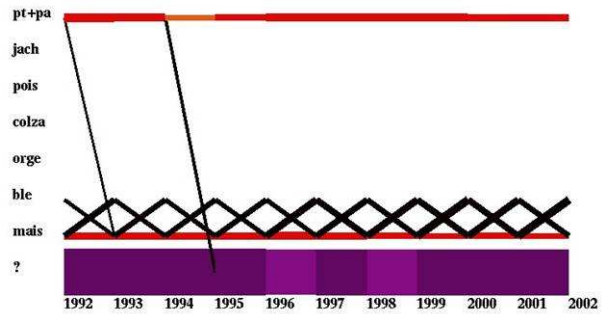


Seuil d'affichage min : 2%

PRA 61354

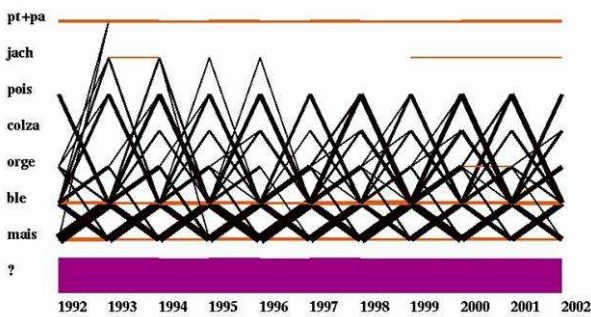


Seuil d'affichage min : 1%

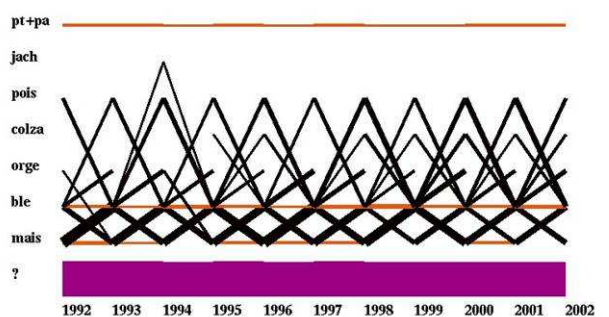


Seuil d'affichage min : 2%

PRA 61355



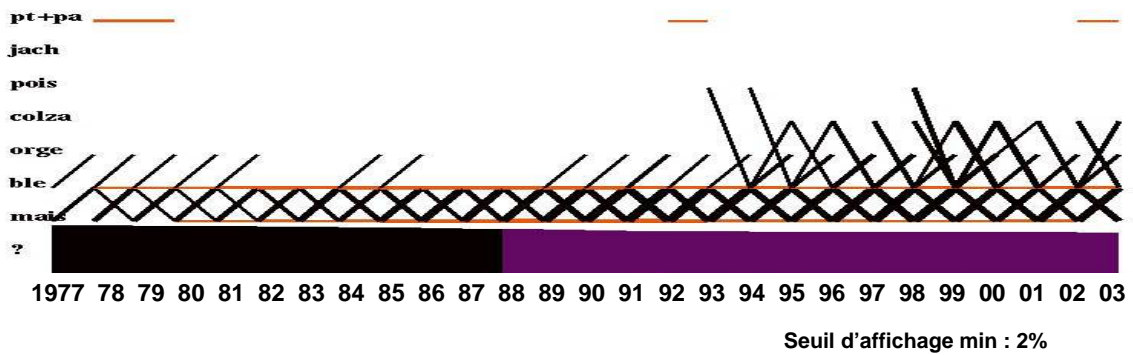
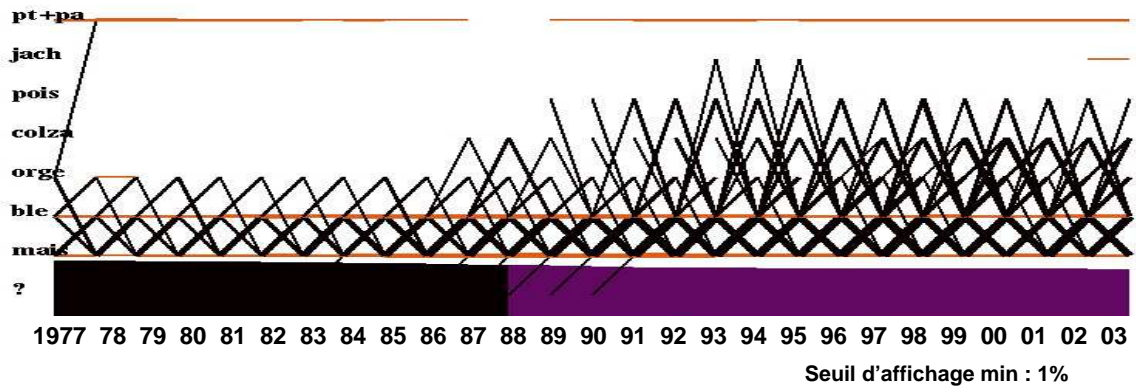
Seuil d'affichage min : 1%



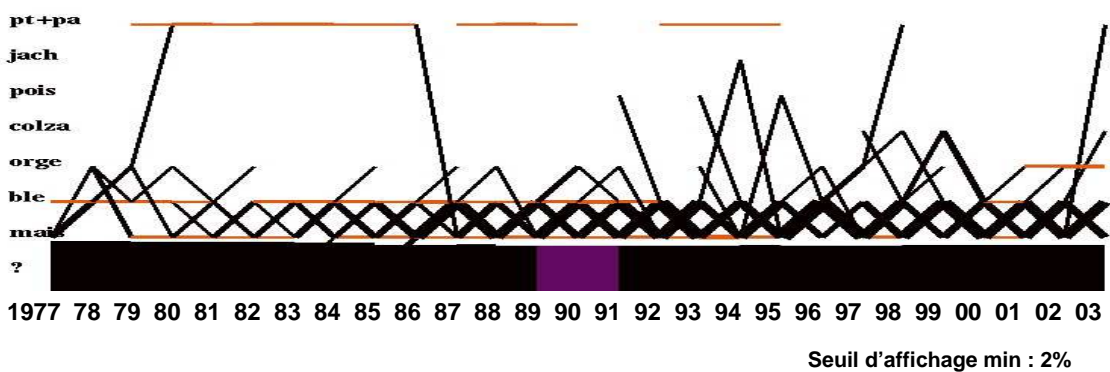
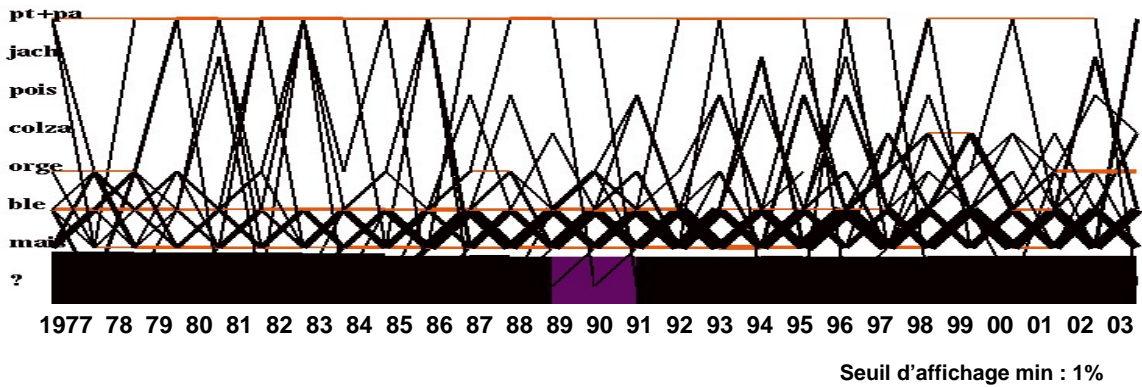
Seuil d'affichage min : 2%

1.2 Données Teruti orne 1977-2003

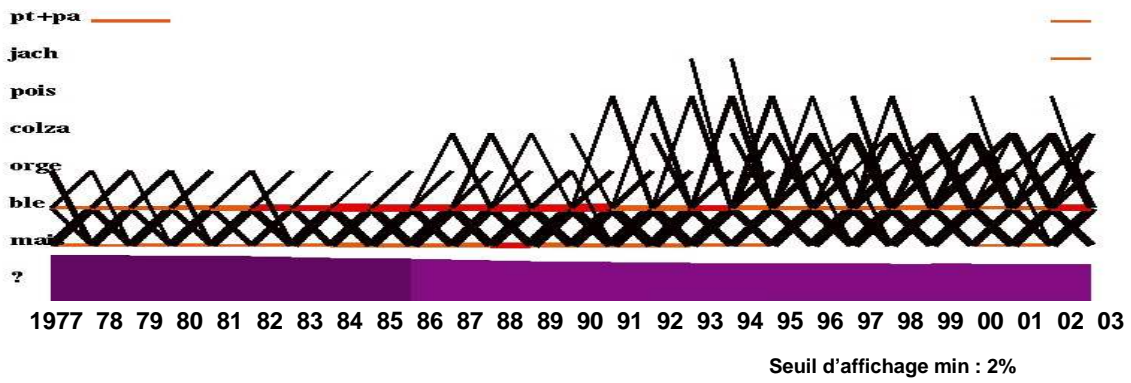
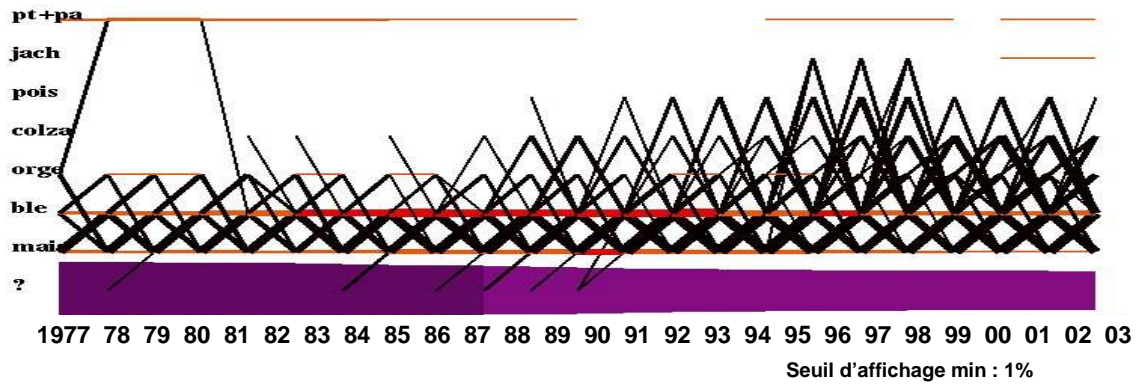
Dep 61 (Orne)



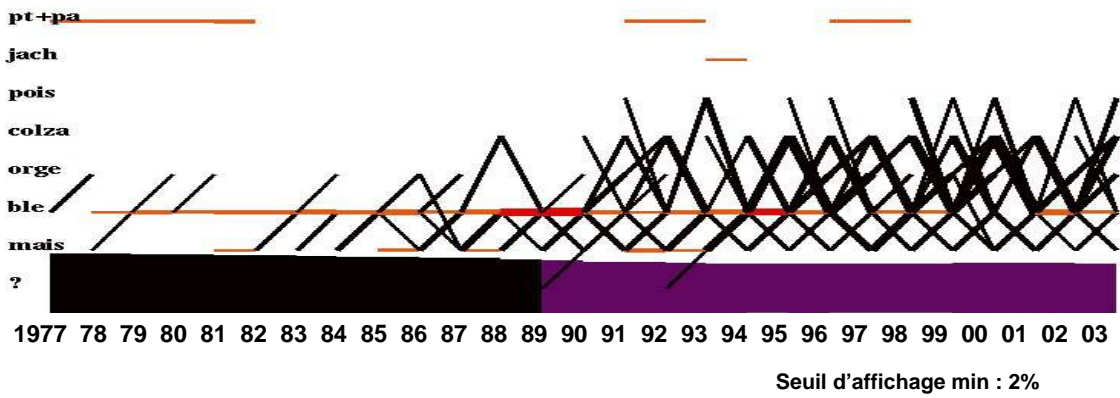
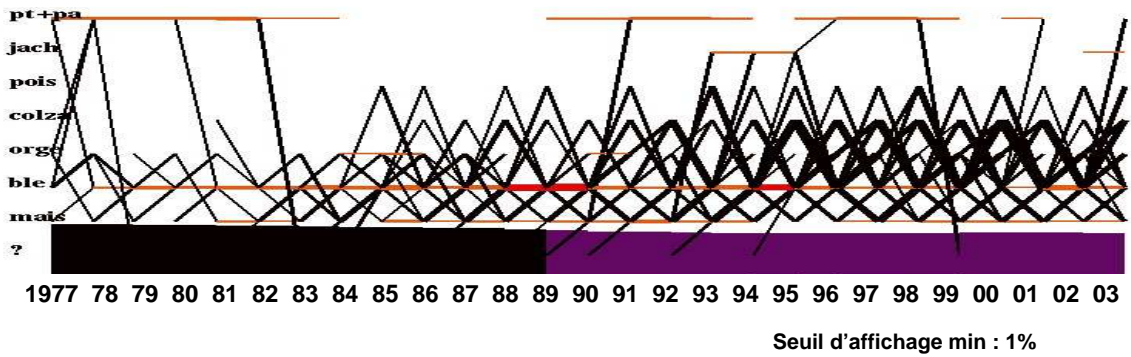
PRA 61088



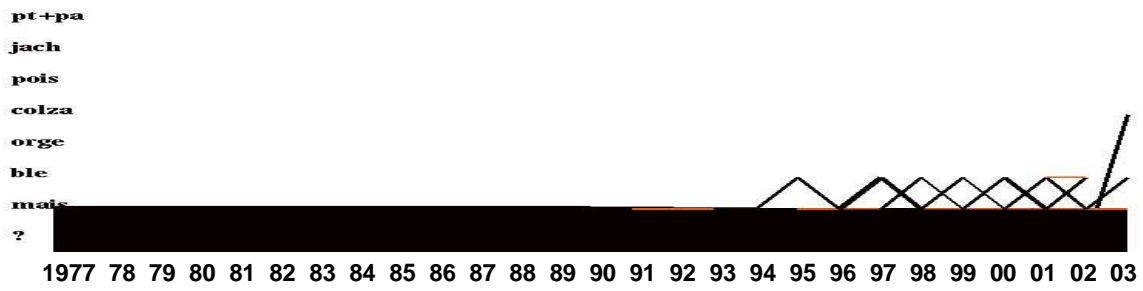
PRA 61351



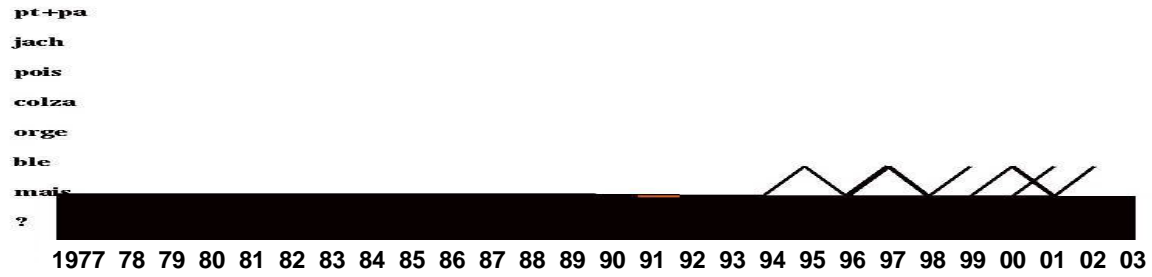
PRA 61352



PRA 61353

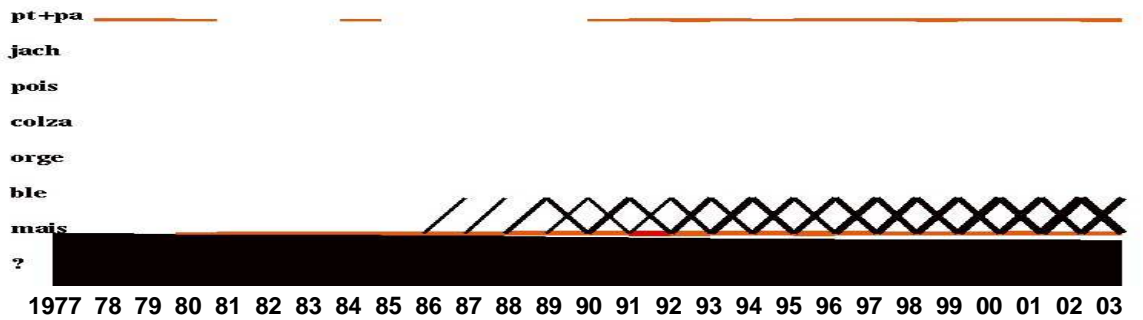


Seuil d'affichage min : 1%

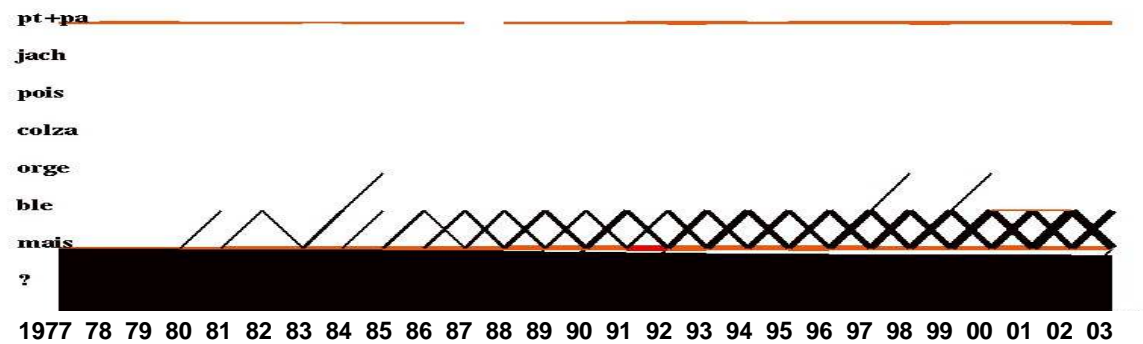


Seuil d'affichage min : 2%

PRA 61354



Seuil d'affichage min : 1%



Seuil d'affichage min : 2%

2 Triplets de cultures (sources : Enquête Teruti, Agreste ; traitement : CarottAge)

2.1 Extrait des principaux triplets de cultures par PRA à l'échelle de la Basse-Normandie entre 1992-2002 (> 0,05 %)

Triplets (en % de SAU)	Basse-Normandie	14085	14353	14355	50081	50082	50083	50087	50086	50084	50354	61088	61351	61352	61353	61354	61355	
nbPoints	13582	690	1327	1309	1088	177	658	152	768	1909	610	607	119	1337	454	246	1526	675
PP PP PP	49.69	52.73	63.12	49.19	18.77	63.78	62.78	50.12	41.88	60.89	75.41	46.55	55.18	37.48	40.83	68.83	48.41	38.21
M M M	4.59	4.43	2.29	3.05	0.45	2.64	5.35	3.18	11.83	10.37	5.83	13.01	0.65	0.85	0.81	1.22	4.46	0.87
M B M	3.25	4.02	1.39	3.79	1.23	4.71	4.1	1.85	4.27	3.09	2.86	3.04	7	3.7	1.69	1.85	4.7	4.15
Pv Pv Pv	3.11	2.4	7.13	3.23	0.94	0.44	1.17	0	1.61	2.35	1.17	1.98	4.11	1.54	4.16	13.37	5.47	2.29
B M B	2.86	4.05	1.51	3.78	2.24	2.7	2.3	0.29	2.05	1.52	1.55	1.23	7.47	5.17	2.94	1.54	3.6	5.42
Pt Pt Pt	2.85	1.08	1.38	3.96	0.55	4.02	3.85	1.16	5.31	2.41	1.49	6.13	0.93	1.66	1.42	1.13	6.2	1.56
M M B	1.53	1.54	0.54	1.3	0.31	2.13	2.01	1.1	3.24	1.79	1.46	2.87	1.49	1.11	0.66	0.54	2.42	1.27
B B B	1.52	2.04	1.23	1.21	9.73	0	0.05	0	0.1	0.01	0.04	0	0.47	1.55	1.62	0.05	0.34	2.83
B M M	1.16	1.24	0.41	0.9	0.2	1.76	1.79	1.16	2.52	1.56	1.31	1.94	1.31	1.02	0.44	0.27	1.85	0.79
B C B	0.76	0.93	0.39	0.77	1.49	0	0.02	0	0.04	0.08	0	0.05	0.84	2.43	3.62	0.05	0.31	1.19
Pt Pt Pt	0.65	0.31	0.38	1.02	0.14	0.82	1.01	0.41	1.36	0.68	0.42	1.7	0.37	0.26	0.54	0.19	0.85	0.28
Sh Sh Sh	0.58	0.87	2.02	0.93	0.81	0.31	0.29	0	0.36	0.26	0.66	0.33	0	0.06	0.59	0.09	0.33	0.02
M B O	0.57	0.65	0.28	0.76	0.4	0.19	0.2	0.06	0.36	0.2	0.09	0.2	0.84	1.53	1.05	0.27	0.53	1.43
Pt PP PP	0.56	0.36	0.33	0.83	0.12	0.75	0.81	0.29	1.26	0.54	0.36	1.76	0.37	0.22	0.64	0.18	0.62	0.3
PP PP M	0.53	0.54	0.22	0.61	0.08	0.94	0.78	0.52	0.94	0.94	0.58	1.24	0.19	0.21	0.27	0.5	0.47	0.13
O M B	0.48	0.65	0.28	0.59	0.4	0.06	0.24	0.12	0.33	0.15	0.07	0.07	0.84	1.25	0.81	0.27	0.47	1.23
M B B	0.45	0.59	0.25	0.36	0.17	0.19	0.19	0.12	0.33	0.17	0.11	0.33	0.65	1.24	0.66	0.14	0.69	0.79
M Pt Pt	0.45	0.11	0.25	0.41	0.04	0.75	0.51	0.12	1.56	0.65	0.38	0.99	0.28	0.12	0.11	0.36	0.6	0.2
P B P	0.44	0.75	0.25	0.28	3.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0.12	0.44	0	0.08	0.53
B O M	0.44	0.6	0.24	0.57	0.43	0.19	0.15	0	0.22	0.14	0.05	0.11	0.65	1.12	0.71	0.23	0.47	1.02
B O C	0.43	0.34	0.16	0.24	0.64	0	0	0	0	0.01	0	0	0.28	2.17	1.38	0.09	0.06	0.61
Pt Pt M	0.42	0.18	0.1	0.59	0.05	0.69	0.3	0.06	1.39	0.44	0.11	0.92	0.09	0.17	0.17	0.36	0.88	0.16
B B B	0.41	0.39	0.42	0.18	0.79	0	0.1	0.17	0.25	0.11	0.04	0.09	0.28	1.03	1.42	0.14	0.24	0.97
O C B	0.41	0.33	0.16	0.28	0.59	0	0.02	0	0.04	0	0	0	0.37	1.99	1.98	0.05	0.07	0.49
potagers	0.4	0	0.3	0.23	0.18	0	0.24	0	0.16	0.42	0.82	0.81	0.84	0.52	0	0	0.62	1.02
P B O	0.39	0.47	0.26	0.27	2.08	0.06	0	0	0.01	0	0	0	0.28	0.74	0.78	0	0.09	0.76
PP M M	0.39	0.31	0.15	0.35	0.02	0.56	0.44	0.23	0.85	0.83	0.51	1.21	0	0.06	0.07	0.14	0.35	0.07
B B B	0.37	0.1	0.3	0.03	3.46	0.05	0.03	0	0.01	0.02	0	0	0	0.04	0	0	0.01	0.92
B B M	0.36	0.89	0.23	0.32	0.12	0.06	0.14	0.06	0.26	0.15	0.07	0.29	0.47	0.87	0.69	0.09	0.54	0.49
Pt M M	0.35	0.23	0.09	0.38	0.08	0.38	0.24	0.17	1.37	0.45	0.15	1.04	0.09	0.07	0.07	0.23	0.51	0.1
M B Pt	0.33	0.25	0.09	0.46	0.03	0.31	0.37	0.17	0.95	0.31	0.13	0.82	0.19	0.11	0.12	0.09	0.69	0.07
C B O	0.32	0.28	0.09	0.29	0.59	0	0	0	0	0.01	0	0	0.19	1.4	1.74	0	0.07	0.43
B Pt Pt	0.32	0.11	0.11	0.45	0.04	0.69	0.34	0.35	0.69	0.21	0.13	0.73	0	0.19	0.17	0.27	0.71	0.2
P B M	0.31	0.77	0.32	0.49	0.75	0	0.07	0	0.03	0.01	0.04	0	0.37	0.43	0.29	0	0.15	1.09
O P B	0.31	0.39	0.2	0.24	1.66	0.06	0	0	0	0	0	0	0.09	0.47	0.39	0	0.07	0.87
M M Pt	0.3	0.15	0.17	0.22	0.03	0.13	0.19	0	1.36	0.51	0.22	0.73	0.19	0.07	0.05	0.14	0.39	0.07
J J J	0.3	0.7	0.32	0.27	0.6	0	0.07	0	0.05	0.08	0.07	0	0	0.85	0.15	0.09	0.12	0.25
M B P	0.3	0.47	0.24	0.43	0.66	0	0.05	0	0	0	0	0.02	0.02	0.28	0.47	0.37	0.05	0.17
M B C	0.27	0.31	0.16	0.3	0.1	0.06	0.03	0	0.19	0.07	0	0.05	0.93	0.9	0.71	0.09	0.23	0.53
B O P	0.26	0.29	0.18	0.2	1.35	0.06	0	0	0.03	0	0	0	0	0.5	0.27	0	0.07	0.71
B Ct B	0.26	0.13	0.13	0.09	2.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0.32	0.05	0	0.03
P B C	0.26	0.49	0.23	0.36	1.01	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0.44	0.49	0	0.12	0.46
B B O	0.23	0.1	0.09	0.15	0.29	0	0.02	0	0.04	0.02	0	0.04	0.19	1.04	0.61	0.05	0.12	0.63
Pt M B	0.23	0.18	0.03	0.31	0.02	0.19	0.14	0.06	0.74	0.17	0.07	0.24	0	0.13	0.2	0.09	0.6	0.16
B O B	0.21	0.16	0.08	0.15	0.45	0.06	0.02	0.06	0.09	0.04	0.04	0.04	0.09	0.66	0.64	0	0.1	0.68
E J B	0.21	0.28	0.1	0.14	0.89	0	0.06	0	0.01	0.02	0.05	0.37	0.08	0.07	0.09	0.07	0.49	0.49
P B B	0.21	0.18	0.29	0.15	0.95	0	0	0	0.04	0.01	0	0	0.08	0.37	0.12	0.05	0.09	0.48
C B M	0.2	0.25	0.16	0.19	0.12	0	0.02	0	0.06	0.04	0.02	0.04	0.65	0.8	0.73	0.05	0.11	0.3
C B B	0.2	0.13	0.03	0.06	0.17	0	0	0	0	0.01	0	0	0.09	1.11	1.17	0.05	0.04	0.23
C B P	0.2	0.41	0.16	0.28	0.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0.38	0.59	0	0.09	0.43
PP M B	0.19	0.28	0.1	0.25	0.04	0.44	0.32	0.23	0.27	0.21	0.13	0.24	0	0.17	0.34	0.36	0.15	0.15
M O M	0.19	0.2	0.15	0.16	0.02	0.31	0.2	0.29	0.33	0.2	0.31	0.16	0.19	0.19	0.11	0.14	0.23	0.26
Bt B P	0.19	0	0.15	0.02	1.97	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0.26
P B Bt	0.18	0.05	0.15	0.03	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0.2
PP Pt Pt	0.17	0.07	0.06	0.01	0.38	0.42	0.23	0.43	0	0.05	0.09	0.59	0	0.05	0.07	0.09	0.23	0
O M M	0.17	0.1	0.12	0.18	0.03	0.13	0.17	0.23	0.3	0.2	0.16	0.24	0	0.15	0.14	0.14	0.23	0.21
B B C	0.16	0.02	0.07	0.1	0.13	0	0	0	0	0.01	0	0	0.09	0.82	1.03	0	0.06	0.23
B B P	0.16	0.2	0.14	0.11	0.6	0	0.02	0	0.09	0	0	0	0.09	0.41	0.22	0	0.07	0.3
P B Ct	0.16	0.08	0.1	0.13	1.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0.07
Pv PP PP	0.15	0.08	0.54	0.12	0.05	0	0.02	0	0.03	0.05	0.02	0.02	0.19	0.07	0.24	0.99	0.19	0.21
M B J	0.14	0.18	0.07	0.2	0.09	0	0.02	0	0.1	0.04	0.05	0	0.56	0.28	0.17	0	0.17	0.44
Pv Pv PP	0.13	0.1	0.39	0.11	0.04	0	0.02	0	0.03	0.05	0	0.02	0.09	0.07	0.27	1.04	0.18	0.23
PP PP Pt	0.13	0.03	0.08	0.17	0.02	0.44	0.34	0.23	0.27	0.19	0.07	0.48	0.09	0.01	0.07	0.09	0.07	0.02
M M M	0.13	0.11	0.09	0.1	0.01	0.31	0.12	0.17	0.26	0.17	0.15	0.16						

2.2 Extrait des principaux triplets de cultures par PRA à l'échelle du département de l'Orne pour 3 périodes (comprises entre 1977 et 2003)

1977-1983								1984-1993								1994-2003							
	Dep 61	61088	61351	61352	61353	61354	61355		Dep 61	61088	61351	61352	61353	61354	61355		Dep 61	61088	61351	61352	61353	61354	61355
nbPoints	3271	94	1100	313	210	1012	542	nbPoints	3271	94	1100	313	210	1012	542	nbPoints	3271	94	1100	313	210	1012	542
PP PP PP	65,47	68,3	59,36	69,52	69,43	75,14	55,42	PP PP PP	57,17	61,94	47,95	58	72,22	68,88	46,84	PP PP PP	54	63,83	42,76	52,52	76,31	65,91	45,09
Pv Pv Pv	9,66	9,79	3,67	9,14	27,33	12,91	9,19	Pv Pv Pv	7,51	5,79	2,83	6,57	22,12	10,95	5,8	Pv Pv Pv	4,99	5,19	2,11	4,83	13,81	7,65	2,54
B M B	1,4	1,28	2,58	0,45	0	0,34	2,1	B M B	3,05	5,32	4,93	1,6	0,21	1,13	4,39	B M B	3,84	6,12	4,82	2,44	1,31	2,92	4,98
M B M	1,19	1,06	2,11	0,13	0	0,47	1,73	M B M	2,64	4,85	3,6	0,92	0,32	1,76	3,85	M B M	3,17	5,72	3,32	1,28	1,61	3,47	3,57
Pt Pt Pt	1,09	1,06	1,02	1,79	0,48	1,58	0,18	M M M	1,81	1,54	1,67	0,82	0,63	2,88	1,17	B C B	1,58	0,66	2,8	3,12	0	0,32	1,98
M B B	0,98	1,06	2,22	0,38	0	0,1	0,81	M M B	1,7	0,95	2,34	0,85	0,21	1,98	2,17	M M M	1,26	0	0,44	0,56	0	0,83	2,84
O M B	0,89	0,43	1,64	0,58	0	0,2	1,29	M B B	1,31	0,71	2,59	1,56	0,05	0,25	1,13	Pt Pt Pt	1,22	0,4	0,8	1,04	0	2,52	0,39
B O M	0,86	1,06	1,58	0,51	0	0,26	1,03	B B B	1,25	1,18	2,43	1,85	0,05	0,16	0,98	B O C	1,19	0,4	2,49	2	0	0,06	0,78
M B O	0,86	0,43	1,56	0,58	0	0,26	1,11	B B M	1,1	1,06	2,32	0,82	0	0,24	0,8	B P B	1,12	0,27	1,43	1,12	0,06	0,31	2,58
M M M	0,81	0,85	0,82	0,26	0,19	1,17	0,66	B M M	1,08	0,95	1,55	0,57	0,05	0,75	1,48	O C B	1,08	0,4	2,27	1,68	0	0,11	0,65
M M B	0,72	0,85	1,2	0,45	0	0,26	1	PP PP M	0,92	0,95	0,87	1,21	0,42	1,03	0,84	M M B	1,05	1,06	0,99	0,52	0,36	1,45	1,01
B B M	0,68	0,85	1,47	0,26	0	0,14	0,59	M B O	0,81	0,59	1,29	0,39	0	0,26	1,41	M B O	0,9	0,66	1,42	0,76	0,3	0,26	1,38
B B B	0,68	0,85	1,31	1,15	0	0,1	0,48	B O M	0,74	0,71	1,18	0,43	0	0,27	1,21	C B O	0,84	0,27	1,63	1,64	0	0,07	0,67
B M M	0,53	0,43	0,87	0,06	0	0,2	0,92	Pt Pt Pt	0,78	1,18	0,44	0,85	0	1,56	0,23	B M M	0,79	0,53	0,84	0,52	0,24	1	0,71
PP PP M	0,47	0,21	0,62	0,58	0,29	0,4	0,37	O M B	0,74	0,47	1,11	0,75	0	0,26	1,23	O M B	0,78	0,53	1,22	0,56	0,24	0,25	1,25
B B O	0,43	0,21	0,84	0,32	0	0,08	0,52	B P B	0,63	0,47	0,92	0,82	0	0,14	1,11	B O M	0,69	0,4	1,06	0,8	0,18	0,26	0,95
Pt Pt PP	0,36	0,21	0,35	0,83	0,1	0,45	0,07	B C B	0,62	0,12	1,14	1,46	0	0,03	0,49	M B B	0,68	0,27	1,14	0,28	0,18	0,41	0,76
B Bt B	0,32	0	0,2	0	0	0,06	1,4	B B O	0,59	0,12	1,15	0,85	0	0,08	0,59	C B B	0,62	0	1,42	0,96	0	0,04	0,25
PP PP B	0,31	0,21	0,35	0,51	0	0,16	0,55	PP M M	0,51	0,12	0,37	0,5	0,21	0,76	0,49	B B B	0,6	0,13	0,88	1	0,24	0,19	0,83
B O O	0,28	0	0,56	0,13	0	0	0,44	Pv Pv PP	0,42	0,47	0,17	0,5	1,16	0,55	0,37	M B C	0,53	1,06	0,89	0,48	0	0,22	0,51
O M M	0,26	0,64	0,38	0,19	0	0,14	0,3	Pv PP PP	0,4	0,47	0,18	0,43	0,95	0,51	0,39	B B O	0,52	0	1,01	0,56	0	0,09	0,58
Pt PP PP	0,24	0,21	0,22	0,45	0,1	0,32	0,07	PP M B	0,38	0,83	0,49	0,6	0,05	0,21	0,37	B B M	0,5	0,27	0,78	0,56	0,06	0,31	0,48
Pv Pv PP	0,21	0,21	0,13	0,19	0,86	0,2	0,18	M B P	0,35	0,59	0,43	0,21	0	0,12	0,78	C B M	0,49	0,8	0,92	0,6	0	0,15	0,32
Pv PP PP	0,21	0,21	0,11	0,26	0,86	0,2	0,18	C B B	0,34	0	0,78	0,6	0	0,02	0,1	B B C	0,48	0	0,97	0,88	0	0,05	0,35
B O B	0,21	0,21	0,36	0,32	0	0,04	0,22	B O B	0,3	0,35	0,43	0,5	0	0,05	0,45	P B O	0,44	0,4	0,69	0,6	0	0,05	0,76
PP M B	0,2	0,21	0,2	0,32	0	0,14	0,33	B B C	0,3	0	0,61	0,82	0	0,01	0,06	M B P	0,42	0,13	0,35	0,4	0,06	0,16	1,27
PP M M	0,18	0	0,16	0,26	0,1	0,26	0,07	PP PP B	0,28	0,24	0,51	0,46	0,05	0,09	0,18	P B M	0,41	0,13	0,43	0,28	0	0,16	1,11
PP M B	0,18	0	0,35	0,19	0	0,04	0,18	B B P	0,26	0	0,55	0,28	0	0,04	0,25	B O B	0,38	0	0,57	0,4	0	0,16	0,62
B Av B	0,17	0,43	0,22	0,32	0	0,04	0,22	M B C	0,26	0	0,51	0,39	0	0,02	0,29	J J J	0,37	0	0,81	0,08	0,06	0,05	0,46
O O M	0,16	0	0,31	0,13	0	0,06	0,15	B O C	0,24	0	0,57	0,43	0	0,01	0,06	C B P	0,33	0	0,48	0,56	0	0,09	0,55
O B B	0,15	0,21	0,29	0,26	0	0,02	0,11	P B B	0,22	0	0,41	0,28	0	0,05	0,23	P B C	0,33	0	0,51	0,28	0	0,1	0,62
M M O	0,15	0	0,22	0,06	0	0,06	0,33	O C B	0,22	0	0,46	0,46	0	0,02	0,08	O P B	0,32	0	0,45	0,28	0	0,02	0,81
B Pt Pt	0,15	0,43	0,15	0,38	0	0,14	0,07	B O O	0,21	0,12	0,32	0,43	0	0,04	0,27	B O P	0,29	0	0,45	0,2	0	0,02	0,65
O B M	0,15	0	0,24	0,13	0	0,02	0,3	O M M	0,21	0,12	0,28	0,11	0	0,14	0,33	PP PP M	0,27	0,13	0,22	0,08	0,24	0,51	0,09
O C B	0,15	0	0,25	0,06	0	0,02	0,3	O B B	0,2	0	0,32	0,39	0	0,04	0,27	Pv Pv PP	0,25	0,13	0,07	0,28	0,89	0,3	0,28
Av B O	0,14	0,21	0,27	0,06	0	0,04	0,15	P B M	0,18	0,24	0,18	0,04	0	0,07	0,53	C B C	0,24	0	0,38	0,88	0	0,05	0,09
M Pt Pt	0,14	0,21	0,05	0,13	0,1	0,32	0	B Bt B	0,18	0,12	0,02	0	0	0,01	0,98	P B B	0,23	0,13	0,38	0,08	0,06	0,04	0,46
Bt B Bt	0,14	0	0,02	0	0	0,02	0,77	C B O	0,17	0	0,4	0,14	0	0,02	0,1	B Av B	0,22	0,13	0,26	0,44	0,06	0,02	0,46
M O M	0,14	0,21	0,15	0,06	0	0,1	0,3	B O P	0,17	0,24	0,24	0,11	0	0,07	0,31	Pv PP PP	0,22	0,13	0	0,2	0,95	0,31	0,23
L L B	0,13	0	0,16	0	0	0	0,48	Pt Pt PP	0,17	0,59	0,12	0,25	0	0,23	0,08	Pt PP PP	0,21	0,27	0,1	0,48	0	0,33	0,12
O Pt Pt	0,13	0,21	0,2	0	0	0,1	0,18	O P B	0,16	0,24	0,18	0,14	0	0,07	0,37	O B B	0,2	0	0,26	0,16	0	0,06	0,46
C B B	0,12	0	0,27	0	0	0,02	0,11	C B M	0,16	0,12	0,2	0,28	0	0,01	0,35	Pt Pt PP	0,19	0,4	0,13	0,36	0	0,27	0,12
Bt B B	0,12	0	0,2	0	0	0	0,3	Pt PP PP	0,15	0,47	0,12	0,21	0	0,19	0,08	B J B	0,19	0,4	0,28	0,24	0	0,04	0,3
O B O	0,11	0,43	0,15	0,06	0	0	0,26	P B O	0,14	0,12	0,16	0,25	0	0,05	0,27	B B P	0,19	0,13	0,28	0,12	0,06	0,05	0,35
Av M B	0,11	0,21	0,22	0	0	0,02	0,15	M Pt Pt	0,13	0,35	0,05	0,28	0	0,21	0,08	B Bt B	0,18	0	0,02	0	0	0	1,01
B Av Av	0,11	0	0,05	0,26	0	0,04	0,33	B T B	0,13	0	0,3	0,04	0	0	0,14	B O O	0,17	0,27	0,28	0,08	0	0,05	0,25
B C B	0,11	0	0,31	0	0	0	0,04	PP B B	0,13	0,12	0,27	0,25	0	0,01	0,04	M O M	0,16	0,13	0,19	0,08	0,18	0,14	0,21
O O B	0,1	0,21	0,15	0,06	0	0,02	0,22	O B O	0,13	0,12	0,18	0,14	0	0,05	0,18	J B M	0,17	0,13	0,19	0,08	0,06	0,06	0,42
B O C	0,1	0	0,22	0,13	0	0,02	0,07	M B J	0,13	0,24	0,16	0,11	0,05	0,07	0,18	M B Pt	0,14	0	0,08	0,24	0	0,26	0,05
O L L	0,1	0	0,18	0	0	0	0,26	M O M	0,12	0,12	0,11	0,07	0	0,12	0,23	PP M B	0,14	0	0,16	0,08	0,12	0,17	0,09
L B B	0,1	0	0,15	0	0	0	0,33	B Pt Pt	0,12	0,12	0,08	0,07	0,05	0,2	0,08	O M M	0,13	0	0,1				

2.3 Extrait des principaux triplets de cultures à l'échelle de la PRA du Perche Ornaïs (PRA 61351) pour 3 périodes (sources : Données Teruti Orne 1977-2003) : en couleur, les triplets mobilisés dans la base de données

1977-1983	61351	1984-1993	61351	1994-2003	61351
nbPoints	1100	nbPoints	1100	nbPoints	1100
PP PP PP	59,36	PP PP PP	47,95	PP PP PP	42,76
Pv Pv Pv	3,67	B M B	4,93	B M B	4,82
B M B	2,58	M B M	3,6	M B M	3,32
M B B	2,22	Pv Pv Pv	2,83	B C B	2,8
M B M	2,11	M B B	2,59	B O C	2,49
O M B	1,64	B B B	2,43	O C B	2,27
B O M	1,58	M M B	2,34	Pv Pv Pv	2,11
M B O	1,56	B B M	2,32	C B O	1,63
B B M	1,47	M M M	1,67	B P B	1,43
B B B	1,31	B M M	1,55	M B O	1,42
M M B	1,2	M B O	1,29	C B B	1,42
Pt Pt Pt	1,02	B O M	1,18	O M B	1,22
B M M	0,87	B B O	1,15	M B B	1,14
B B O	0,84	B C B	1,14	B O M	1,06
M M M	0,82	O M B	1,11	B B O	1,01
PP PP M	0,62	B P B	0,92	M M B	0,99
B O O	0,56	PP PP M	0,87	B B C	0,97
O M M	0,38	C B B	0,78	C B M	0,92
B O B	0,36	B B C	0,61	M B C	0,89
Pt Pt PP	0,35	B O C	0,57	B B B	0,88
PP M B	0,35	B B P	0,55	B M M	0,84
PP PP B	0,35	PP PP B	0,51	J J J	0,81
O O M	0,31	M B C	0,51	Pt Pt Pt	0,8
B C B	0,31	PP M B	0,49	B B M	0,78
O B B	0,29	O C B	0,46	P B O	0,69
Av B O	0,27	Pt Pt Pt	0,44	B O B	0,57
C B B	0,27	M B P	0,43	P B C	0,51
O C B	0,25	B O B	0,43	C B P	0,48
B B C	0,25	P B B	0,41	O P B	0,45
O B M	0,24	C B O	0,4	B O P	0,45
Pt PP PP	0,22	PP M M	0,37	M M M	0,44
B Av B	0,22	B O O	0,32	P B M	0,43
M M O	0,22	O B B	0,32	C B C	0,38
Av M B	0,22	B T B	0,3	P B B	0,38
B O C	0,22	O M M	0,28	M B P	0,35
B Bt B	0,2	PP B B	0,27	B J B	0,28
PP B B	0,2	B O P	0,24	B B P	0,28
O Pt Pt	0,2	C B M	0,2	B O O	0,28
Bt B B	0,2	Pv PP PP	0,18	B Av B	0,26
M O B	0,2	P B M	0,18	O B B	0,26
O L L	0,18	O P B	0,18	J M B	0,25
O Av B	0,18	O O B	0,18	B T B	0,24
M B Av	0,18	M B T	0,18	B O J	0,23
PP M M	0,16	Pv Pv PP	0,17	PP PP M	0,22
L L B	0,16	P B O	0,16	M O M	0,19
O O O	0,16	M B J	0,16	J B M	0,19
B Pt Pt	0,15	T B B	0,16	O B M	0,18
M O M	0,15	O O M	0,15	J B B	0,18
O B O	0,15	PP B M	0,14	M B J	0,17
L B B	0,15	B J B	0,14	PP M B	0,16
B O Pt	0,15	B M J	0,14	M B Av	0,15
O M O	0,15	Pt Pt PP	0,12	O B O	0,15
O Pt B	0,15	Pt PP PP	0,12	PP PP B	0,15
B O P	0,15	B B J	0,12	O B C	0,15
Pv Pv PP	0,13	M O M	0,11	O M M	0,14
L L L	0,13	L L L	0,11	J B O	0,14
B Av M	0,13	C B C	0,11	O J B	0,14
Pt B M	0,13	T B O	0,11	Pt Pt PP	0,13
B M O	0,13	M C B	0,11	J Pt Pt	0,13
Pv PP PP	0,11	B B T	0,11	M M O	0,13
O Bt B	0,11	O B M	0,1	C M B	0,13
B O Av	0,11	B B Av	0,1	B M O	0,13
Av B B	0,11	B O J	0,1	B C O	0,13
B O Bt	0,11	B M C	0,1	B J J	0,13
Av B Av	0,11	M M O	0,09	Av B Av	0,13
Av Pt Pt	0,11	P B P	0,09	M C B	0,13
O O Pt	0,11	C B P	0,09	C B Av	0,11
L L M	0,11	Av M B	0,09	B C M	0,11
PP PP Pt	0,09	B Pt Pt	0,08	B O Av	0,11
Pt B B	0,09	O B O	0,08	B M C	0,11
Bt B O	0,09	B M O	0,08	O Av B	0,11
M B Pt	0,09	M M J	0,08	J J M	0,11
M O O	0,09	B Av M	0,08	O O M	0,11
		M B Av	0,07	J B C	0,11

Annexe 4 : Les enquêtes à dire d'experts

1 Fiche d'entretien pour les itinéraires techniques sur prairies permanentes

Date et lieu de l'entretien :
Nom de l'expert :
Profession et statut de l'expert :
Adresse :
Téléphone :
Numéro enquête :



Elevage et prairies : Définition d'unités spatiales et temporelles homogènes

Identification des territoires connus sur une carte

1/ Classification et localisation des systèmes d'élevage (carte des types de troupeaux et types de fourrage)

Consulter la carte des systèmes d'élevage.
Ce découpage vous parle-t-il ?

Quels sont les dates et les événements-clés qui ont menés à cette évolution ?

2/ Intensification des prairies

Pour chaque période et territoires individualisés, combien de classes d'intensification des prairies sont/ont été majoritaires (1, 2, 3...) ? Correspondent-elles à un type particulier d'exploitations / système de production / conditions environnementales / historiques / politiques ?

Systemes d'levage



Priode	Zonage	Niveau d'intensification	% des niveaux d'intensification dans la zone	Numéro zone*



Systemes d'levage

Numéro zone	Types de systemes majoritaires (description troupeaux, fourrages)	% de la zone concernée	Numéro du type*

* E + Num enq + Num priode + Num zonage + intensification + Num type

N° de types :



GESTION DES PRAIRIES

TYPE DE PRAIRIE (pâturée, fauchée, mixte) :

POURCENTAGE (/ à STH) :

FAUCHE :

	1 ^{ère} fauche	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}
Période (par 10aine)				
Rdt (tMS/ha)				
Type de fourrage (sec/ensilage/enrubannage)				

Nombre de fauche de refus par an :

PATURE :

	1 ^{ère} pâture	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}
Type de Troupeau				
Pâturage (libre/tournant(rapide ou simplifié)/ rationné)				
Période (par 10aine)				
Chargements (UGB/ha)				

FERTILISATION AZOTEE MINERALE :

Type de fertilisation			
Apport	1	2	3
Période (par 10aine)			
Dose			
Nature			

Fréquence des retournements :

Pourcentage de parcelles drainées :

FERTILISATION AZOTEE ORGANIQUE :

Apport	1	2
Période (par 10aine)		
Dose :		
Nature :		
Fréquence :		

2 Fiche d'entretien pour les itinéraires techniques sur cultures

Successions et pratiques : Définition d'entités homogènes spatiales et temporelles



Date et lieu de l'entretien :
Nom de l'expert :
Profession et statut de l'expert :
Adresse :
Téléphone :
Numéro enquête :

Identification des territoires connus sur une carte

1/ Successions

Montrer la carte des assolements.

Quels sont les dates et les événements-clés qui ont menés à cette évolution ?

2/ Intensification

Pour chaque périodes et territoires individualisés, combien de classes d'intensification de l'agriculture sont/ont été majoritaires (1, 2, 3...) ? Correspondent-elles à un type particulier d'exploitations / système de production / conditions environnementales / historiques / politiques ?

3/ Pratiques agricoles : fertilisation et travail du sol

Comment découperiez-vous ce territoire en ce qui concerne les pratiques agricoles ?

Ce découpage a-t-il évolué dans le temps ?

Quelles ont été les modifications du découpage ?

Quels sont les dates et les événements-clés qui ont menés à cette évolution ?

Successions de cultures

Période	Zonage	Degré d'intensification	% des niveaux d'intensification dans la zone	Numéro zone*

* S + Num enq + Num période + Num zonage + intensification

Successions de cultures



Numéro zone	Successions majoritaires	% de la zone concernée	Numéro succession

* S + Num enq + Num période + Num zonage + intensification + Num succession

Pratiques culturelles

Période	Zonage	Degré d'intensification	% des niveaux d'intensification dans la zone	Numéro

Numéros concernés :

GESTION DES CULTURES
CULTURE :

si culture intermédiaire, lesquelles, dans quelles proportions ? :

TRAVAIL DU SOL SUIVANT LA RECOLTE DU PRECEDENT : Précédent :

	Période 1			Période 2			Période 3		
	%	Nb passages	Profondeur	%	Nb passages	Profondeur	%	Nb passages	Profondeur
Déchaumage									
Labour									
Travail superficiel									

SEMIS Période (par 10aine) :

RECOLTE : Période (par 10aine)

RENDEMENT MOYEN** (en quintaux) :

FERTILISATION	Apport 1	Apport 2	Apport 3	Apport 4
AZOTEE				
ORGANIQUE				
Période (par 10aine)				
Dose moyenne				
Nature				

GESTION DES RESIDUS (pourcentage de la sole concernée par une pratique) enfouissement : %

exportation/ brûlage : %

TRAVAIL DU SOL FAISANT SUITE A CETTE CULTURE : Culture suivante :

	Période 1			Période 2			Période 3		
	%	Nb passages	Profondeur	%	Nb passages	Profondeur	%	Nb passages	Profondeur
Déchaumage									
Labour									
Travail superficiel									

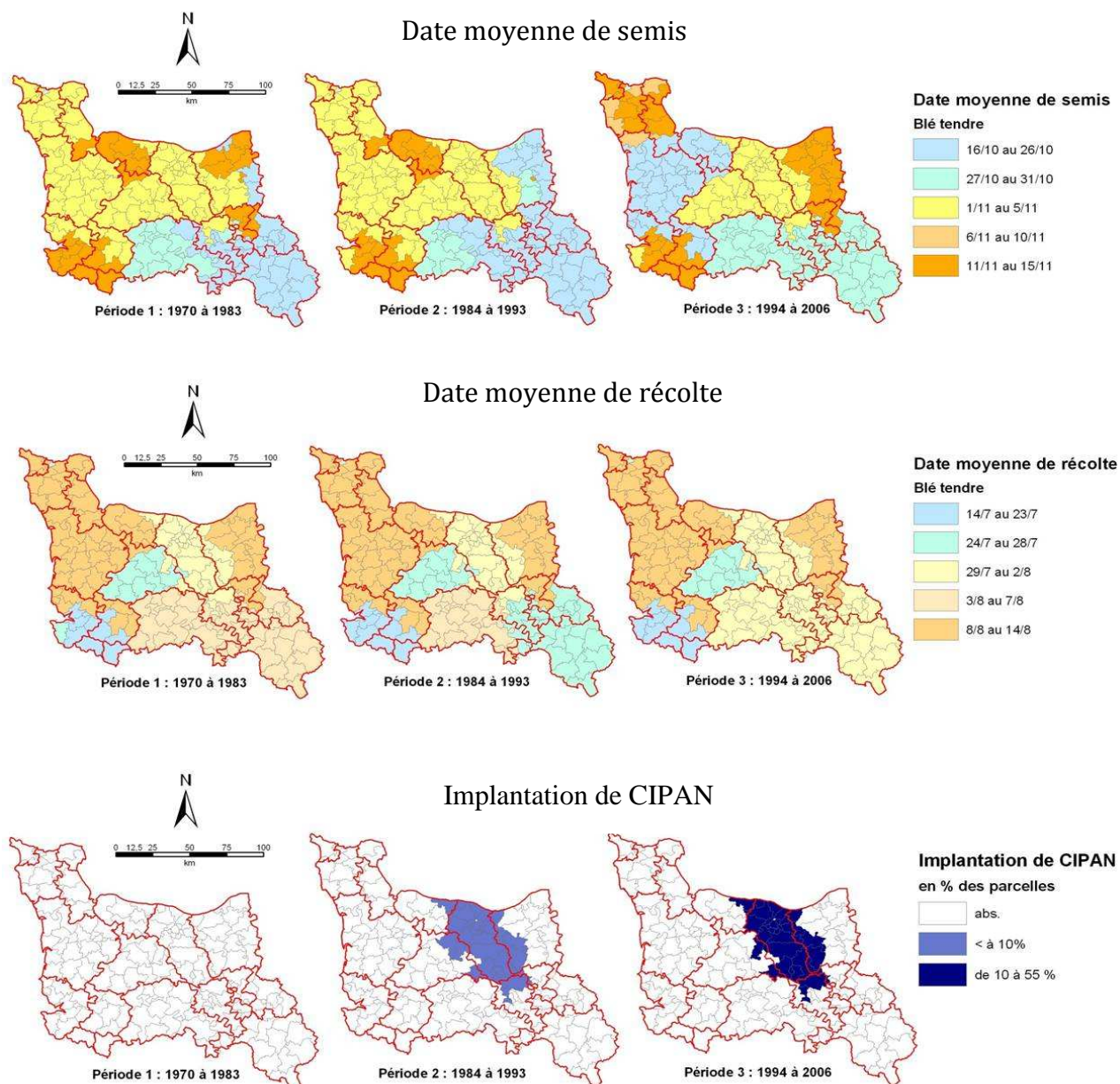
3 Liste des experts enquêtés

N°	NOM_EXPERT	STATUT	ORGANISME	PROFESSION
1	Dominique Laralde	en activité	CA Calvados	Conseiller culture
2	François Blanchetière	retraité	CA Calvados	Conseiller élevage puis culture
3	Jean-Paul Salmon	en activité	CRDA	Agriculteur
4	Gérard Bavière	en activité	CA Bocage virois	Conseiller culture
5	Michel Boutruche	retraité	CA Manche	Conseiller culture
6	Jean Yves Desquesnes	en activité		Agriculteur
7	Bernard Guillard	en activité	SILEBAN	Agriculteur
8	Xavier Goutte	en activité	CA Orne	Conseiller culture
9	Alain Guillin	en activité	CA Pays d'Auge	Conseiller culture
10	Jean-Marie Leveau	retraité	CA Orne	Conseiller culture
11	Michel Vivier	retraité	INRA	Chercheur qualité des élevages
12	François Blanchetière	retraité	CA Calvados	Conseiller élevage puis culture
13	Michel Harivel	en activité	CA Orne	Conseiller élevage
14	Jean-Paul Salmon	en activité	CRDA	Agriculteur
15	Marc Guillomin	en activité	CA Calvados	Conseiller élevage
16	Bernard Houssin	en activité	CA Mache	Conseiller élevage
17	Marc Lecoustey	en activité		Agriculteur
18	Alain Guillin	en activité	CA Pays d'Auge	Conseiller élevage
19	Daniel Leconte	en activité	INRA	Chercheur prairies
20	Alfred Guais	en activité	Lycée agricole le Robillard	
21	Antoine Herman	en activité	CA Vire	Conseiller élevage
22	Henri Souciet	retraité	CA Calvados	Conseiller élevage

Liste des experts rencontrés dans le cadre des enquêtes semi-directives menées sur le territoire des Bocages Normands

Annexe 5 : Les extractions de la Base de données « pratiques agricoles des Bocages Normands » (compléments)

1 Les itinéraires techniques sur blé tendre

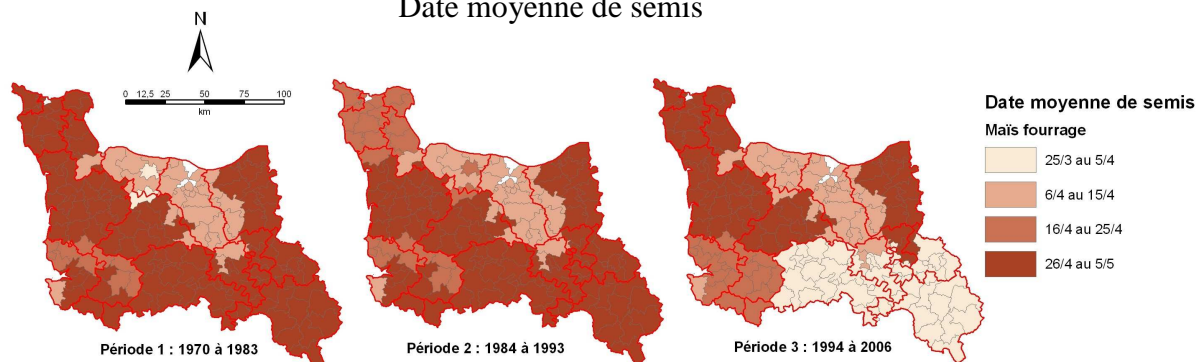


2 Les itinéraires techniques sur prairies temporaires

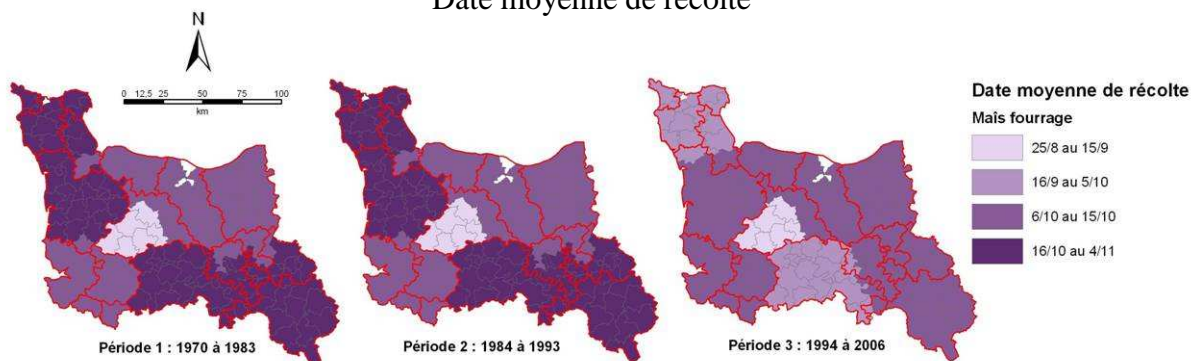


3 Les itinéraires techniques sur maïs fourrage

Date moyenne de semis



Date moyenne de récolte



Implantation de CIPAN

