

Etude rétrospective des dynamiques agricoles dans le bassin de la Seine depuis les années 70

Marc Benoît (INRA – SAD, Mirecourt)

Cendrine Bornerand (INRA – SAD, Mirecourt)

Catherine Mignolet (INRA – SAD, Mirecourt)

Avec la collaboration de :

Elisabeth Bienaimé (INRA – Mission informatique, Nancy)

Régine Cosserat-Mangeot (INRA – Mission informatique, Nancy)

Jean-François Mari (INRIA – LORIA, Nancy)

Jean-Marie Trommenschlager (INRA – SAD, Mirecourt)

Une des causes premières de l'augmentation de la pollution nitrique diffuse sur le bassin de la Seine réside dans la manière dont les activités agricoles s'organisent dans le territoire du bassin versant et évoluent au cours du temps. Toutefois, compte-tenu de l'inertie de l'hydrosystème due à une circulation lente de l'eau dans les aquifères profonds, leur impact sur la qualité des eaux ne se manifeste qu'après plusieurs dizaines d'années. Notre contribution au sein du thème 1 du PIREN-Seine consiste donc à reconstituer sur le long terme les dynamiques agricoles passées responsables de l'augmentation des teneurs en nitrates dans les eaux, selon deux finalités : (i) reconstituer et spatialiser l'évolution des systèmes de production agricoles du bassin, pour apporter des éléments de compréhension des évolutions passées puis aider à construire une réflexion prospective ; (ii) collecter et mettre en forme un ensemble de données sur l'évolution des pratiques culturales, pour alimenter une chaîne de modélisation des flux d'azote dans l'hydrosystème, qui est au centre du thème 1.

Dans ce cadre, s'interroger sur les dynamiques agricoles passées revêt pour nous deux principaux objectifs méthodologiques : (i) un objectif d'analyse temporelle pour reconstituer l'évolution des activités agricoles depuis une trentaine d'années ; (ii) un objectif d'analyse spatiale pour mettre en évidence la différenciation spatiale de cette évolution au sein du bassin de la Seine. Ces deux objectifs soulèvent des questions de méthode originales et assez peu traitées en recherche agronomique, puisqu'ils sont posés à une échelle spatio-temporelle large, sur un pas de temps d'une trentaine d'années et sur une zone de près de 100000 km². Notre rapport va donc s'attacher à préciser dans un premier temps les choix méthodologiques réalisés, puis à présenter les principaux résultats obtenus en 2000.

1. Choix méthodologiques

1.1. Choix des niveaux d'organisation de l'activité agricole

Les activités agricoles s'organisent selon deux dimensions principales (Mignolet *et al.*, à paraître) : les filières agro-alimentaires et les terroirs, qui représentent l'interaction localement cohérente des exploitants agricoles et d'un territoire aux potentialités agricoles données. Sur ces deux dimensions, deux "nœuds" d'organisation sont au cœur des préoccupations des agronomes : (i) l'exploitation agricole mobilisant son territoire et partie d'une filière ; (ii) la parcelle agricole, cellule agronomique de base du territoire et origine d'une filière alimentaire. Confrontés à la préservation des ressources en eau, ces deux niveaux d'organisation gardent leur cohérence fonctionnelle :

- l'exploitation agricole, unité économique et entité de gestion pour l'agriculteur, est l'entité fonctionnelle qui pilote les activités sur des parcelles, et donc leurs impacts sur les

ressources en eau. L'analyse de la diversité des exploitations donne un cadrage général des orientations productives présentes sur le bassin, dont les choix résultent de nombreux facteurs dont certains apparaissent étroitement liés à la localisation géographique des exploitations. Contexte pédo-climatique, environnement socio-économique, gestions politiques locales ou encore mouvements urbains imprègnent la vie et le devenir des exploitations. Comprendre l'ensemble de ces relations permet d'éclairer les dynamiques agricoles passées et d'enrichir des scénarios prospectifs.

- les parcelles constituent les cellules de base de l'élaboration de la qualité des ressources en eau, au travers de deux paramètres-clés du mécanisme de pollution diffuse : l'occupation du sol au cours du temps, traduite par les successions culturales, et les pratiques de conduite des parcelles, en particulier celles qui jouent fortement sur le cycle de l'azote tel qu'il est modélisé dans le modèle agronomique STICS.

Nos travaux ont donc porté sur trois niveaux de description des activités agricoles : les systèmes de production agricoles, les successions de culture et les pratiques de conduite des parcelles agricoles. Pour chacun de ces niveaux, différentes sources d'informations et différentes méthodes sont mobilisées. Nous les exposons dans la suite de ce rapport.

1.2. Choix d'un maillage spatial d'agrégation des informations

Pour mettre en évidence la différenciation spatiale des dynamiques agricoles, les informations descriptives des systèmes de production, des successions de culture et des pratiques agricoles sont agrégées sur un maillage géographique. Ce maillage doit constituer un bon compromis entre la qualité des données disponibles ou collectées, la précision spatiale de la maille et sa signification par rapport aux phénomènes décrits. Le meilleur compromis nous semble réalisé par le maillage en Petites Régions Agricoles (PRA) – 147 PRA recouvrent le bassin de la Seine – qui est a priori pertinent pour décrire des activités agricoles, puisqu'il a été délimité au début des années 50 sur la base de critères concernant les conditions physiques (sol et climat) et les conditions humaines (habitat, structure des exploitations, systèmes de culture, etc) (Klatzmann, 1955 ; Bornerand, 2000). De plus, nous avons montré en 1999 la bonne adéquation entre ce maillage et celui des aquifères étudiés par le CIG de l'EMP.

Nous avons souhaité toutefois mettre en œuvre une procédure de validation de l'identité agricole actuelle des PRA, et avons pour cela interrogé des acteurs du Développement agricole, en leur demandant de nous dessiner sur un fond de carte l'image qu'ils se faisaient de l'agriculture de leur département. La figure 1 illustre un exemple de résultat issu de la synthèse des 6 acteurs consultés dans le département de la Marne. Elle montre que globalement, le découpage d'experts et le maillage des PRA concordent. Les petites régions du Tardenois, de la Brie champenoise, de l'Argonne, du Perthois et de la Champagne crayeuse sont bien présentes dans l'image des experts. Quelques zones de flou apparaissent, notamment autour de la PRA du Vignoble qui est assez mal connue des conseillers agricoles que nous avons rencontrés.

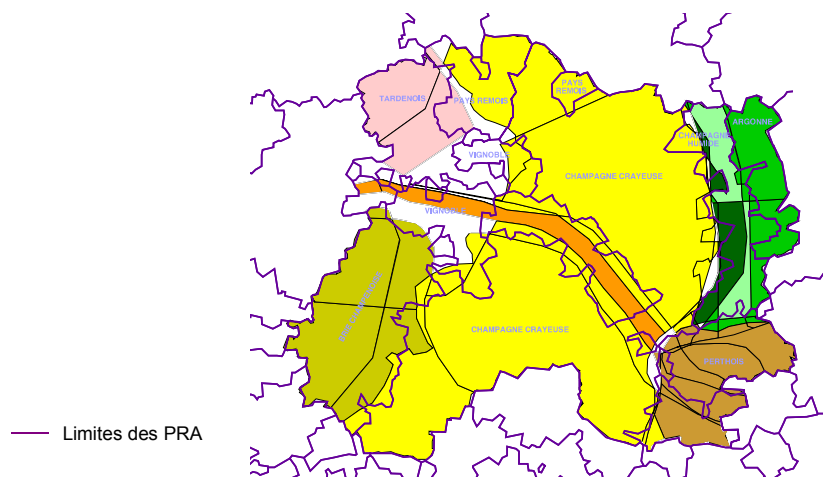


Figure 1. Comparaison d'un zonage à dire d'experts et du maillage en PRA dans le département de la Marne.

Cette procédure a été conduite dans trois autres départements aux orientations agricoles assez contrastées (Seine-et-Marne, Meuse et Haute-Marne), et il est finalement apparu que le maillage en PRA gardait encore sa pertinence à l'heure actuelle (annexe 1).

2. Régionalisation du bassin de la Seine selon les dynamiques des systèmes de production agricoles depuis les années 70

2.1. Matériel et méthode

L'extension géographique de la zone d'étude, qui recouvre 23 départements, oblige à travailler à partir de sources statistiques nationales, qui apparaissent assez variées par le type d'information qu'elles apportent, mais qui sont en nombre restreint. Pour renseigner le niveau du système de production, nous avons choisi d'utiliser les trois derniers Recensements Généraux de l'Agriculture (RGA), conduits en 1970, 1979 et 1988¹, qui informent de façon exhaustive sur les caractéristiques structurelles des exploitations. Leur diversité y est décrite grâce à une classification des orientations technico-économiques (OTEX), fondée sur la valeur monétaire des productions agricoles, estimée à partir de la répartition des cultures dans la SAU et de l'importance des troupeaux. Les informations, agrégées à la commune, sont disponibles sur tous les maillages administratifs, dont les PRA.

La démarche retenue pour régionaliser le bassin versant s'inspire du concept de région « homogène » développé par les géographes, qui théoriquement minimise la dispersion des critères choisis pour la décrire (Thisse, 1997). La région est ainsi conçue comme un territoire où les dynamiques agricoles sont « plus ou moins similaires ». La recherche de telles régions est basée sur l'hypothèse forte que l'ordre spatial correspond à l'ordre thématique (Dumolard, 1975), c'est-à-dire que des PRA contiguës présentent des dynamiques agricoles voisines.

Pour délimiter ces régions, nous avons procédé de façon inductive en agrégeant les PRA en classes par des techniques d'analyses de données multivariées, en fonction de la répartition en pourcentage de leur SAU parmi les treize OTEX distinguées sur le bassin de la Seine (Mignolet et Benoît, à paraître). Nous proposons deux méthodes qui diffèrent par la prise en compte du temps dans les analyses statistiques :

- la première consiste à comparer les segmentations du bassin de la Seine obtenues aux trois dates de recensements. Les trois analyses multivariées sont dans ce cas indépendantes, et

¹ Le RGA de 2000-2001 nous apportera d'ici 2002 des informations réactualisées sur l'agriculture du bassin de la Seine.

sont confrontées en calculant les matrices de passage reliant la classification des PRA obtenue en 1970 et celle obtenue en 1979, et la classification des PRA obtenue en 1979 et celle obtenue en 1988. Un changement de classe des PRA reflète ainsi une évolution du poids des OTEX qui y sont situées.

- la seconde méthode intègre le temps dans l'analyse statistique puisqu'elle consiste à représenter l'évolution des PRA sous la forme de trajectoires multifactorielles et à en réaliser une typologie. Les PRA ne sont donc plus agrégées en fonction de la répartition de leur SAU parmi les treize OTEX une année donnée, mais en fonction de l'évolution de cette répartition sur les périodes 1970-1979 et 1979-1988.

Le détail des méthodes et des résultats figure en annexe 2 du rapport. Ne sont exposées dans la suite que les principales conclusions issues de l'étude des systèmes de production agricoles.

2.2. Régionalisation du bassin de la Seine selon les combinaisons d'OTEX par PRA en 1970, 1979 et 1988

La classification des PRA du bassin de la Seine selon le pourcentage de SAU par OTEX aux trois dates de recensement, distingue au total huit classes définies par une OTEX dominante, ou le plus souvent par une combinaison d'OTEX dominantes (figure 2).

En 1970, le bassin de la Seine apparaît constitué de cinq zones agricoles principales. Au centre, se trouvent les PRA à dominante « Céréales-Grandes cultures » au sud de Paris ou à dominante « Grandes cultures-Céréales » au nord. Sur les bordures ouest et est, sont localisées les PRA orientées vers des activités d'élevage : polyculture-élevage bovin lait en Haute-Normandie, en Lorraine et au sud de la Champagne-Ardennes, dominance de l'élevage laitier spécialisé dans les Ardennes, le Bassigny et quelques PRA normandes, dominance de l'élevage bovin viande au nord du Morvan. Enfin, entre les PRA du centre et celles de la bordure est, apparaît une zone de transition, au niveau des départements de l'Yonne et du Loiret, constituée de PRA mixtes orientées vers la polyculture-élevage et les céréales.

Dix-huit ans plus tard, la carte obtenue offre une image très différente de la partie centrale du bassin de la Seine. Une nouvelle classe de PRA, presque entièrement spécialisées dans les grandes cultures (en moyenne 82% de la SAU dans l'OTEX « Grandes cultures »), apparaît sur les départements de l'Aisne, de la Marne et de l'Aube. La zone à dominante « grandes cultures » qui restait jusqu'alors cantonnée au nord du bassin, gagne vers le sud et l'est, et confine au sud-ouest de Paris la zone à dominante « céréales ». Par contre, les zones d'élevage identifiées en 1970 et 1979 semblent se maintenir en bordure de bassin.

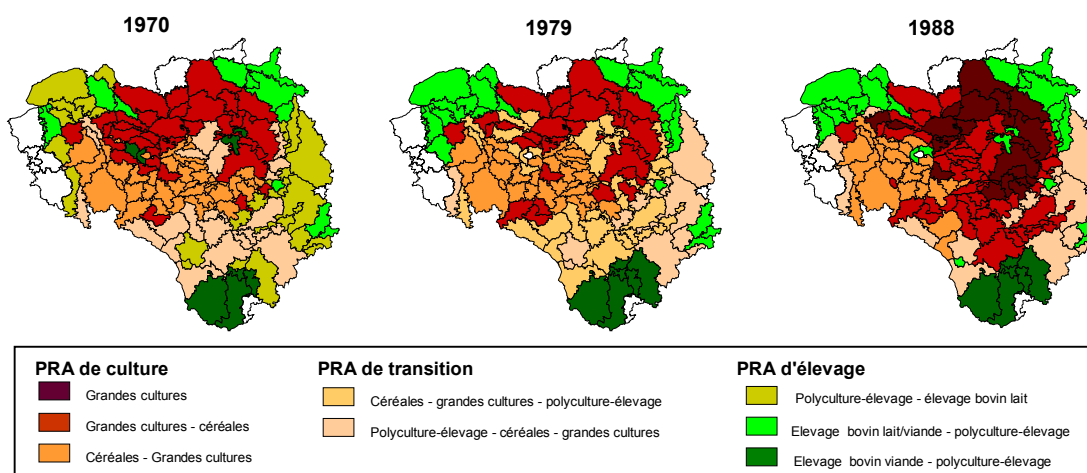


Figure 2. Segmentations du bassin de la Seine selon les combinaisons d'OTEX par PRA

2.3. Régionalisation du bassin de la Seine selon les trajectoires d'évolution des PRA

La typologie des trajectoires d'évolution des PRA obtenue entre 1970 et 1988 distingue 8 types, en fonction de l'orientation agricole initiale des PRA, de la régularité de l'évolution et de son ampleur. La figure 3 représente les trois types de trajectoires suivies par les PRA de cultures en 1970 (l'ensemble de la typologie est présenté en annexe 2) :

- un quart d'entre elles a connu une progression régulière, toutefois plus marquée sur la décennie 80, de l'OTEX "Grandes cultures" (+27% de la SAU) au détriment de l'OTEX "Céréales" (-26% de la SAU). Ce type de trajectoire reflète ainsi une orientation croissante des systèmes de production vers des cultures de vente à plus forte valeur ajoutée (betteraves, pois, colza, pomme de terre, etc). Il est surtout localisé au centre du bassin versant (Marne, Aube, Loiret), excepté à l'ouest de Paris.
- le deuxième type de trajectoire, suivi par près des deux-tiers des PRA de culture en 1970, est caractérisé par un changement d'orientation productive entre les périodes 1970-1979 et 1979-1988 : spécialisation des PRA dans la production céréalière au détriment des autres cultures de vente dans les années 70 (+11% de la SAU dans l'OTEX "Céréales" ; -6,5% de la SAU dans l'OTEX "Grandes cultures"), puis diversification très prononcée des cultures de vente, analogue à celle du type précédent, dans les années 80 (-19% de la SAU dans l'OTEX "Céréales" ; +23% de la SAU dans l'OTEX "Grandes cultures").
- enfin, une minorité de PRA (11%), situées sur la frange ouest de Paris, a suivi une trajectoire de spécialisation céréalière, surtout marquée dans les années 70 (+15% de la SAU dans l'OTEX "Céréales").

La plupart des autres PRA suivent les mêmes types de trajectoires, avec une progression quasi-généralisée des grandes cultures, mais en partant d'orientations agricoles initiales différentes (polyculture-élevage, élevage). En outre, la spatialisation des types de trajectoires montre qu'ils ne sont pas distribués au hasard sur le territoire du bassin de la Seine, mais qu'ils sont le plus fréquemment localisés dans des groupes de PRA contigus, vérifiant ainsi notre hypothèse initiale.

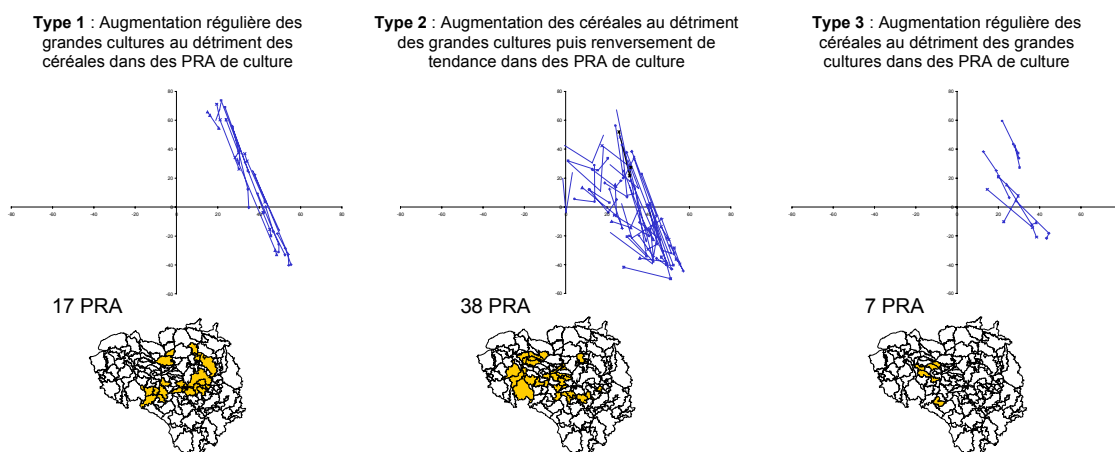


Figure 3. Types de trajectoires d'évolution des PRA de culture entre 1970 et 1988

2.4. Perspectives de recherche

L'exploitation des RGA par des méthodes de géographie quantitative, associant statistiques et cartographie, contribue à élaborer un premier diagnostic du territoire agricole du bassin de la Seine, fondé sur une rétrospective de l'évolution des systèmes de production agricoles, décrits par les OTEX. En fonction de la disponibilité des RGA de 1955 et 2000, nous envisageons d'étendre nos investigations sur un laps de temps d'une cinquantaine d'années.

Toutefois, pour dépasser le stade de la description et commencer à apporter des éléments d'explication aux évolutions constatées et à leur différenciation spatiale, il nous semble important de les confronter à d'autres catégories de facteurs. Parmi eux, nous posons l'hypothèse que le contexte pédo-climatique, l'évolution démographique et les filières de commercialisation des produits agricoles peuvent influencer localement les évolutions agricoles. Les deux premiers facteurs, aisément accessibles dans les bases de données du PIREN-Seine et de l'INRA, seront testés en 2001. Ce n'est qu'en dégagant de telles règles d'évolution que nous pourrions construire ultérieurement des scénarios prospectifs crédibles.

3. Dynamique spatio-temporelle des successions culturelles

3.1. Matériel et méthode

Pour informer le niveau de la succession de culture, une autre source statistique nationale est mobilisable. Il s'agit de l'enquête Ter-Uti, qui renseigne annuellement depuis 1982, l'occupation du sol sur un échantillon constant (modifié en 1991) de plus de 550000 parcelles. Les informations sont agrégées et rendues disponibles à l'échelle des départements sur la décennie 80, et également à l'échelle des PRA depuis 1992.

Contrairement à la démarche précédente qui mobilise des méthodes classiques de la géographie quantitative, les méthodes mathématiques utilisées pour reconstituer les successions culturelles et leur évolution, sont en cours de formalisation grâce à une étroite collaboration entre agronomes et informaticiens (Mari *et al.*, 2000). Elles sont basées sur un modèle probabiliste, appelé modèle de Markov, possédant un nombre fini d'états : les distributions de cultures et un ensemble de transitions entre les états. Ce modèle explique la distribution des cultures dans une région une année donnée en fonction des distributions des années précédentes : ainsi, à chaque pas de temps, le système change d'état en fonction de l'état occupé précédemment, ou des n états selon l'ordre du modèle choisi (modèle d'ordre 1 à n). Les algorithmes actuellement mis au point permettent d'extraire des régularités dans l'utilisation des terres agricoles enregistrée par l'enquête Ter-Uti, concernant les cultures une par une (ordre 1), des couples de cultures (ordre 2) ou des triplets de cultures (ordre 3) se succédant.

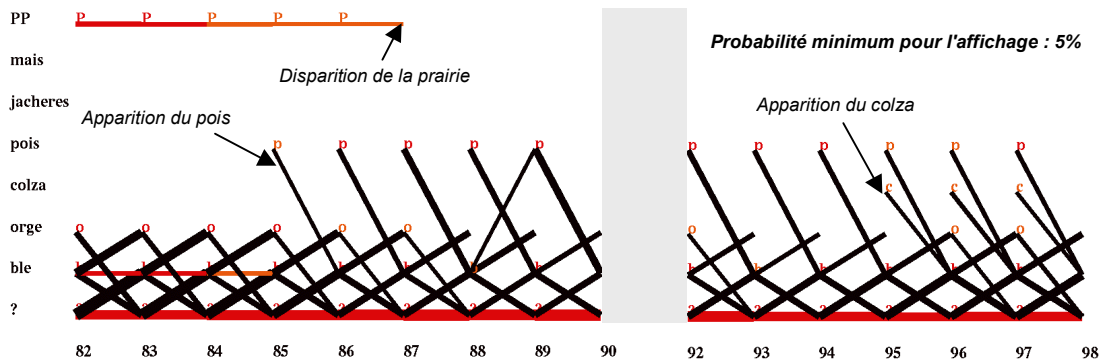
L'évolution des successions de culture au sein d'une entité géographique donnée est traduite sous deux formes : des listings indiquant les proportions de cultures, de couples ou triplets de cultures, et des graphes représentant les transitions entre cultures, couples ou triplets de cultures. C'est en interprétant d'un point de vue agronomique ces deux types de résultats qu'il est possible de mettre en évidence les successions de culture majoritaires sur la région étudiée et leur évolution. Les listings et les graphes permettent également de comparer plusieurs entités géographiques entre elles, et ainsi d'analyser la différenciation spatiale des successions culturelles.

Nous illustrons ce processus d'analyse sur deux départements du bassin de la Seine, aux orientations agricoles contrastées : la Marne, département essentiellement de grandes cultures, et la Haute-Marne, département d'élevage souvent associé à de la polyculture. D'autres résultats sont disponibles en annexe 3.

3.2. Mise en évidence des dynamiques temporelles sur une entité géographique donnée

Les trois-quarts du territoire du département de la Marne sont occupés par six couverts végétaux : blé, orge, betterave, prairie artificielle (essentiellement luzerne) et maïs sur la décennie 80 ; les mêmes couverts sauf pour le maïs remplacé par du colza dans les années 90. La figure 4 illustre les transitions majoritaires qui apparaissent. Elles concernent principalement le blé, l'orge, le pois, qui apparaît de façon significative en 1985, et le "?" constitué majoritairement de betterave. Un blé apparaît majoritairement précédé d'une betterave ou d'un pois, puis est majoritairement suivi d'une betterave ou d'une orge, qui est elle-même suivie d'une betterave. Ce motif semble se reproduire d'année en année, avec assez peu d'évolution si ce n'est l'apparition du colza de manière significative en 1995. Il traduit des successions de cultures sur deux ou trois ans : succession biennale composée

d'une tête de rotation (betterave, pois, colza) suivie d'un blé ; succession triennale composée d'une culture tête de rotation suivie de deux céréales (blé et orge).



Comment lire un diagramme ?

En abscisse figurent les années de 1982 à 1998, avec une donnée manquante en 1991 faute d'enquête. En ordonnée apparaissent des cultures individualisées et un "?" qui rassemble toutes les autres. Les transitions verticales traduisent des successions de cultures différentes d'une année sur l'autre sur une même parcelle. Les transitions horizontales traduisent que la culture a été suivie par elle-même. Enfin, l'épaisseur des traits est fonction du nombre d'occurrences : plus il est épais, plus le nombre de parcelles concerné est important (sur cet exemple, ne sont affichées que les transitions qui concernent au moins 5% des parcelles échantillonnées dans la Marne)

Figure 4. Diagramme de Markov "une culture" sur le département de la Marne de 1982 à 1998

En utilisant un modèle de Markov d'ordre 2, il est possible de progresser plus finement dans l'analyse en reconstituant les successions majoritaires de couples de cultures. La figure 5 montre les résultats obtenus sur la Marne au cours de la décennie 90. Le listing informe sur les pourcentages de surfaces qui sont occupées par deux cultures qui se suivent : les successions pois/blé et blé/orge représentent chacune 7% des surfaces, la succession betterave/blé 6%, les successions luzerne/luzerne 5%, etc. Au total, la moitié du territoire agricole de la Marne est occupée par 10 couples de cultures. Le diagramme est construit sur le même principe que le précédent, mais une transition des diagrammes "une culture" constitue maintenant une ordonnée : à chaque intersection se situe la première culture du couple considéré. Un exemple de succession, figuré en bleu, montre que, de façon majoritaire, le couple blé/pois est suivi du couple pois/blé, puis du couple blé/betterave et enfin du couple betterave/blé. Nous reconstituons ainsi une rotation autour du blé sur cinq ans de 1992 à 1996. La lecture et l'interprétation d'un tel diagramme restent toutefois assez difficiles, et nous projetons d'améliorer son formalisme dans l'année qui vient.

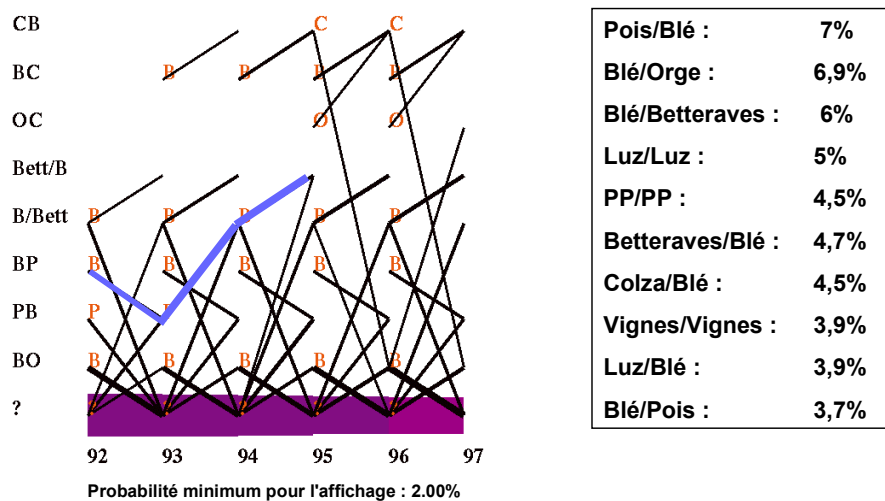


Figure 5. Listing et diagramme "deux cultures" sur la Marne de 1992 à 1998

3.3. Mise en évidence d'une différenciation spatiale des dynamiques temporelles

• Comparaison inter-départementale

Les diagrammes de Markov permettent une comparaison aisée des successions de culture entre différentes entités géographiques. La figure 6 illustre l'évolution des successions de culture sur la Haute-Marne, département de polyculture-élevage, dont les orientations agricoles sont très différentes de la Marne. 90% du territoire agricole y sont couverts par cinq occupations du sol : prairies (sur près de la moitié du territoire dans les années 80, en baisse d'un peu plus de 10% sur la décennie 90), blé, orge, colza et maïs. Les principales transitions concernent donc le blé, l'orge et le colza, qui s'organisent sur une succession de trois ans, en progression au cours des 16 années étudiées : colza tête de rotation, blé, orge. Le maïs fourrage, et non plus le maïs grain comme en Marne, peut aussi s'intercaler, ainsi que la jachère à partir de 1993, année de mise en œuvre de la réforme de la PAC.

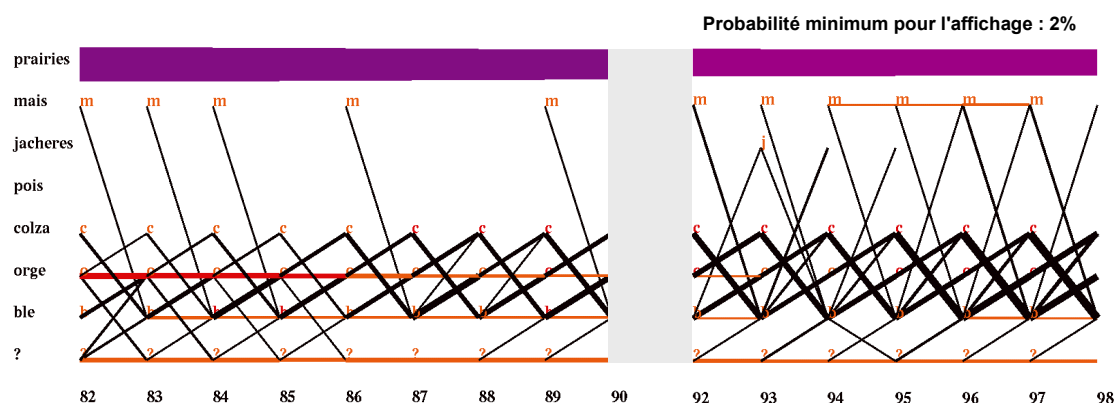


Figure 6. Diagramme "une culture" sur la Haute-Marne de 1982 à 1998

Les successions dominantes étant des successions triennales, l'utilisation d'un modèle de Markov d'ordre 3 permet de reconstituer les triplets de cultures qui se suivent. Sur la décennie 90, le triplet dominant concerne les prairies permanentes sur plus du tiers du territoire agricole haut-marnais (figure 7). Puis vient la succession colza/blé/orge sur 15% des surfaces, suivie d'une succession biennale colza/blé sur 4% des surfaces. Au total, 60% du territoire est décrit par 8 triplets de cultures. Le diagramme permet de visualiser les transitions, l'ordonnée représentant maintenant les triplets de cultures.

• Comparaison intra-départementale

La réalisation des mêmes diagrammes à l'échelle des PRA, qui constituent notre maille géographique privilégiée, permet d'affiner spatialement les observations départementales, mais uniquement sur la décennie 90.

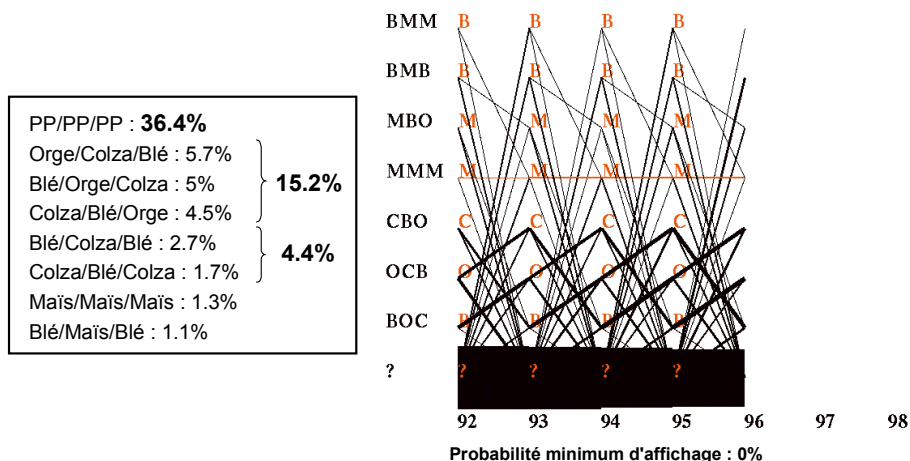


Figure 7. Listing et diagramme "trois cultures" en Haute-Marne de 1992 à 1998

Deux exemples de PRA situées dans le département de la Marne, illustrent le contraste qui peut exister entre deux entités pourtant proches géographiquement (figure 8). : les successions de cultures caractéristiques de la Champagne crayeuse sont à base de pois, betterave, luzerne (dans le "?"), blé et orge, à l'image des résultats obtenus sur le département dans son ensemble. A l'inverse, pois, betterave et luzerne sont absentes en Argonne, qui apparaît comme une PRA très herbagère (près de la moitié des surfaces est en prairie), avec des successions classiques de région de polyculture-élevage (colza ou maïs/blé/orge, voire monoculture de maïs). Ne considérer le département de la Marne que comme un département de grandes cultures est donc inexact.

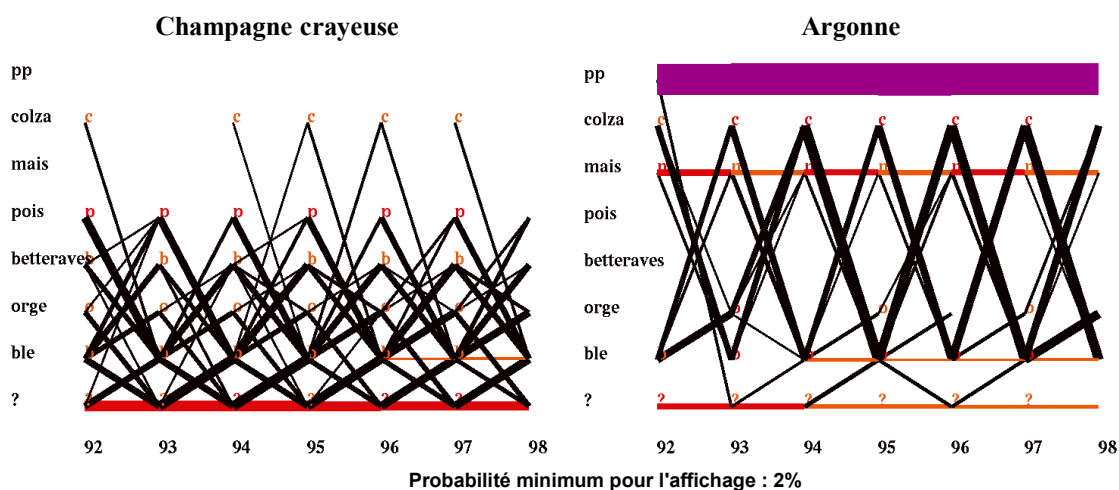


Figure 8. Diagrammes "une culture" sur les PRA de la Champagne crayeuse et de l'Argonne

3.4. Perspectives de recherche

Les quelques exemples présentés dans ce rapport montrent que l'exploitation des données issues de l'enquête Ter-Uti par les modèles de Markov permettra à terme (quand les modèles d'ordre 2 et 3 seront bien maîtrisés) d'approcher de manière assez précise les successions de cultures majoritaires, leur évolution sur un temps long (depuis 1982 à l'échelle départementale, depuis 1992 à l'échelle des PRA) et leur différenciation spatiale. Une fois les formalismes des modèles d'ordre 2 et 3 améliorés, il nous restera à étendre les analyses sur l'ensemble du bassin de la Seine, avec deux objectifs principaux:

- comparer les départements ou les PRA entre eux, pour établir des hiérarchisations entre zones selon l'ampleur de l'évolution des successions de cultures (mise en évidence de gradients "d'érosion prairiale" ou de "céréalisation" par exemple),
- confronter les résultats obtenus sur les systèmes de productions agricoles avec ceux obtenus sur les successions de cultures, pour mettre en évidence des évolutions qui sont certainement parallèles.

4. Construction d'une base de données sur l'évolution des pratiques de conduite des parcelles agricoles

4.1. Matériel et méthode

Contrairement aux niveaux du système de production agricole et de la succession de culture qu'il est possible d'appréhender à partir de statistiques nationales, aucune source de données n'existe pour renseigner les pratiques culturales à l'échelle des PRA depuis les années 70. Nous avons donc choisi de mobiliser la mémoire humaine, en allant interroger des personnes que nous considérons comme des experts du monde agricole de par leurs fonctions professionnelles. Il s'agit principalement

de conseillers techniques d'organismes de développement agricole (Chambres d'Agriculture pour la majorité) et de coopératives, qui ont une ancienne et forte expérience de terrain. Même si leur réseau n'est constitué que d'une partie des exploitants d'une zone donnée, excluant le plus souvent les plus traditionnels et les plus innovants, ils occupent une place non négligeable dans les dispositifs d'encadrement de la production par leur rôle de diffusion de l'information destinée à faciliter la maîtrise de l'exploitation (Darré, 1994). Ils offrent ainsi une vision assez révélatrice de l'évolution de l'agriculture du territoire sur lequel ils interviennent. 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.

Un questionnaire d'enquête a été mis au point pour collecter les informations nécessaires au fonctionnement du modèle agronomique STICS. Ce questionnaire, disponible en annexe 4, est divisé en trois parties :

- pour chaque PRA : découper les 30 ans investigués en quelques périodes d'activités agricoles à peu près stables. L'expérience donne en général 3 à 4 périodes.
- pour chaque période, reconstituer la (ou les) succession(s) culturale(s) majoritaires (que nous pouvons par la suite confronter aux listings de cultures fournis par les algorithmes de Markov, ou aux points de calage des RGA).
- pour chaque culture énoncée, détailler les séquences techniques associées (selon une fiche différente pour les cultures et les prairies) : dates de semis et de récolte, rendement, pratiques de fertilisation azotée, travaux du sol, ... Le choix des variables descriptives des pratiques culturales a été réalisé conjointement avec les agronomes de l'INRA de Laon, pour permettre une utilisation optimale de STICS.

Dans la pratique, chaque entretien dure en moyenne une demi-journée, selon l'implication des experts et leur recul par rapport aux questions posées. Enfin, vu les conditions de choix des experts (avoir une expérience de conseiller technique d'une trentaine d'années sur une même zone géographique), le nombre d'experts consultés par département n'excède pas le plus souvent 5 à 6.

4.2. Construction de la base de données

Pour stocker et organiser les informations collectées sur les pratiques culturales, nous avons construit une base de données sous Access, dont le modèle physique figure en annexe 4. Cette base de données est organisée autour de deux entités : (i) une entité spatiale, qui est la PRA ; (ii) une entité temporelle, qui correspond à une période d'activité agricole stable selon un expert. Pour chaque couple d'entité spatio-temporelle, les successions majoritaires sont définies avec leurs proportions. Puis pour chaque succession, les séquences techniques conduites sur chaque culture (repérée par un numéro d'ordre dans la succession) sont détaillées.

La construction de cette base de données suit deux objectifs :

- permettre un transfert facile des informations collectées auprès de l'équipe du CIG de l'Ecole des Mines de Paris, chargée de la mise en œuvre de la chaîne de modélisation des flux d'azote,
- constituer un outil aisément mobilisable pour reconstituer des chroniques d'évolution de séquences techniques sur différents couverts végétaux, qui pourra le cas échéant être couplé à un SIG. Un premier exemple d'évolution de calendrier cultural sur la culture de blé dans les PRA du nord de la Seine-et-Marne est représenté en figure 9.

Au cours de l'année 2000, la base de données a été remplie pour quatre départements recouvrant le bassin de la Marne : Seine-et-Marne, Marne, Meuse et Haute-Marne.

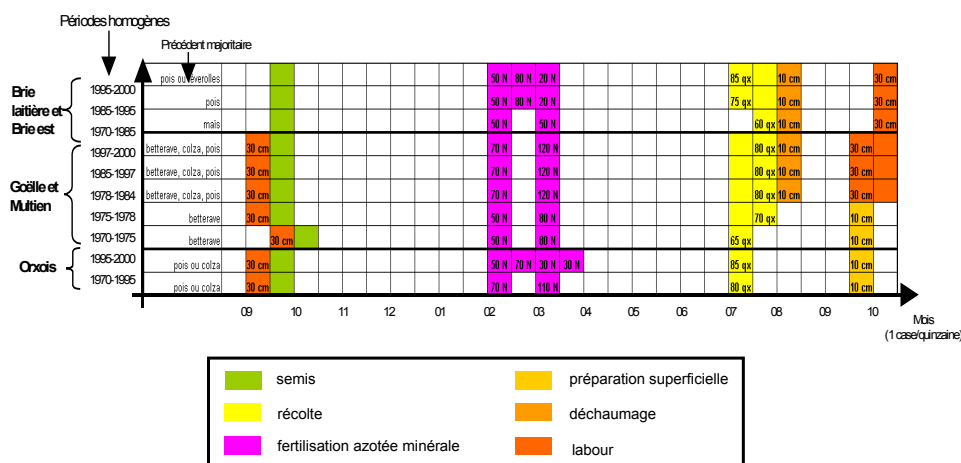


Figure 9. Reconstitution à dire d'experts de l'évolution des interventions culturales sur la culture de blé depuis 1970 dans le département de la Seine-et-Marne

4.3. Perspectives de recherche

La priorité de nos activités pour l'année 2001 consistera à étendre les enquêtes sur les autres sous-bassins constitutifs du bassin de la Seine, afin de fournir les données d'entrée nécessaires au fonctionnement de la chaîne de modélisation sur l'ensemble de l'hydrosystème. Cela constituera un travail de terrain important, auquel plusieurs mois (de l'ordre de 5 à 6) devront être consacrés. Au terme des enquêtes, nous projetons de tenter une analyse spatialisée de l'évolution des pratiques culturales sur les principaux couverts végétaux présents dans le bassin de la Seine.

5. Conclusion

Les analyses rétrospectives que nous menons à trois niveaux de description des activités agricoles (système de production, succession de culture, pratique culturale) à partir de sources d'informations et de méthodes variées, offrent une image relativement complète de l'évolution de l'agriculture du bassin de la Seine depuis une trentaine d'années. Chacun des niveaux apporte une information spécifique, mobilisable dans le cadre d'un programme tel que le PIREN-Seine : les deux premiers pourront être utilisés pour dégager des tendances d'évolution que l'on pourrait qualifier de macro-économiques éventuellement intégrables dans la construction de scénarios prospectifs ; le dernier alimente directement la chaîne de modélisation des flux d'azote qui constitue l'objectif premier du thème 1. Il apparaît toutefois nécessaire au terme de l'année 2001 de dépasser le traitement indépendant de ces informations et de les croiser, afin d'aboutir à un diagnostic synthétique des dynamiques agricoles du bassin de la Seine.

6. Références bibliographiques

Bornerand, C. (2000). *Dynamique des pratiques culturelles dans le bassin de la Marne depuis les années 70*. Mémoire de fin d'études, ENSAIA, 35 pages + annexes.

Darré, J.-P. (1994). *Pairs et experts dans l'agriculture, dialogues et production de connaissances pour l'action*. Ed. Eres, collection TIP, 227 pages.

Dumolard, P. (1975). Région et régionalisation. Une approche systémique. *L'Espace Géographique*, **2**, 93-111.

Klatzmann, J. (1955). *La localisation des cultures et des productions animales en France*. INSEE, 477 pages.

Mari, J.-F., Le Ber, F. & Benoît, M. (2000). Fouille de données par modèles de Markov cachés. *Journées francophones d'ingénierie des connaissances*, 197-205.

Mignolet, C. & Benoît, M. (à paraître). Régionalisation du bassin de la Seine selon les dynamiques des systèmes de production agricoles depuis les années 70. *Cahiers Agriculture*.

Mignolet, C., Bornerand, C. & Benoît, M. (à paraître). Dynamique spatiale et temporelle de l'activité agricole dans le bassin de la Seine au cours des trente dernières années. *CR. Acad. Agri.* (séance du 31/01/2001).

Thisse, J.-F. (1997). De l'indétermination des régions et de quelques inconvénients qui en résultent. *L'Espace Géographique*, **2**, 135-148.