



HAL
open science

Facteurs d'organisation spatiale et multifonctionnalité de la plaine de Beauce aux échelles locales - régionales. Une approche par scénarios sur la base du modèle Clue_S

Nadine Turpin, Pierre Dupraz, Claudine Thenail, Alexandre Joannon, Jacques Baudry, Thierry Bioteau, Ahmed Barkaoui

► To cite this version:

Nadine Turpin, Pierre Dupraz, Claudine Thenail, Alexandre Joannon, Jacques Baudry, et al.. Facteurs d'organisation spatiale et multifonctionnalité de la plaine de Beauce aux échelles locales - régionales. Une approche par scénarios sur la base du modèle Clue_S. 1. Workshop on Landscape Economics, Jun 2006, Angers, France. 21 p. hal-01072802

HAL Id: hal-01072802

<https://hal.science/hal-01072802>

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.

Facteurs d'organisation spatiale et multifonctionnalité de la plaine de Beauce aux échelles locales – régionales

Une approche par scénarios sur la base du modèle Clue_S.

Nadine Turpin*, *Cemagref* Clermont-Ferrand
Pierre Dupraz, INRA-ESR Rennes
Claudine Thenail, INRA-SAD Rennes
Alexandre Joannon, INRA-Sad Rennes
Jacques Baudry, INRA-SAD Rennes
Thierry Bioteau, *Cemagref* Rennes
Ahmed Barkaoui, INRA Nancy

* auteur correspondant

UMR Métafort

Campus universitaire des Cézeaux
24, avenue des Landais - BP 50085
63172 AUBIERE CEDEX France
tél 04 73 44 06 34

e-mail : nadine.turpin@cemagref.fr

Résumé :

L'impact potentiel de politiques locales dans la promotion de la multifonctionnalité d'un territoire rural est analysé au travers d'une modélisation à deux échelles imbriquées, une échelle régionale pour la demande de produits agricoles et une échelle locale reflétant les déterminants de l'occupation du sol dans son organisation spatiale. La démarche est construite en trois étapes. Le poids relatifs des facteurs externes et internes à la région sur l'occupation actuelle de l'espace est tout d'abord analysé. Deux scénarios d'évolution de l'occupation de l'espace sont élaborés en faisant varier la demande externe pour l'occupation du sol et en faisant évoluer plus ou moins rapidement les déterminants internes. Le premier de ces scénarios considère une évolution tendancielle des facteurs externes et internes. Le second scénario est basé sur un découplage total des soutiens agricoles et une absence de régulation de l'urbanisme. Enfin, est introduite dans chacun de ces deux scénarios une politique locale agri-environnementale et nous mesurons son écart avec chaque scénario. Les simulations réalisées mettent en évidence que les politiques agri-environnementales locales modifient les paramètres de compétition des différentes occupations de l'espace et leur localisation.

Mots-clefs : politique locale, agri-environnement, utilisation de l'espace, paysage, prospective

JEL : Q15, Q24, R14, R52

Abstract

This paper analyses the potential effect of local agri-environmental policies in multifunctionality promotion on a rural landscape, with a two-scales modelling framework: a regional scale for food demand and a local scale for land-use driving forces. The framework has been designed in three steps. First, the relative influence of the driving factors on the current land-use pattern has been analysed. Two scenarios are designed that vary the external demand for the total land-use, and alter more or less quickly the internal driving forces of the landscape pattern. The first scenario considers a trend evolution of the external and internal driving forces. The second scenario relies both on totally decoupled farm subsidies and unregulated housing growth. In both scenarios a local agri-environmental policy is introduced and we measure the gap of its consequences with the previous

scenarios landscape pattern. The simulations highlight that local agri-environmental policies can modify the competition parameters for the different land-use and their localisation in the landscape pattern.

Keywords : local agri-environmental policy, land-use pattern, landscape, prospective

1 Introduction

Cet article s'intéresse au rôle potentiel d'une politique locale agri-environnementale dans la transformation progressive du paysage d'un territoire rural, sous deux scénarios contrastés du contexte démographique et agricole de ce territoire. En milieu rural proche des zones urbaines, l'occupation de l'espace et les paysages se modifient sous l'influence de la demande de zones résidentielles, avec les emplois et services associés, de la demande de produits agricoles, et de la demande sociale pour la préservation ou la restauration de ressources naturelles. Ces demandes émanent d'acteurs divers, qui n'ont souvent pas les moyens de se concerter. De plus, ces diverses demandes opèrent à des échelles différentes : la demande de produits agricoles, en quantité mais aussi avec un niveau élevé de sécurité sanitaire et de qualité des denrées, s'exprime au niveau régional, voire national ou mondial selon les produits. La demande de zones résidentielles au contraire est relativement localisée, du moins à moyen terme, même si des communes proches peuvent entrer en concurrence pour attirer de nouveaux habitants. Un environnement de qualité est un bien public, dont l'échelle peut aller du niveau local (protection d'une espèce rare, gestion d'une ressource cynégétique) au niveau mondial (stabilité climatique, gestion d'oiseaux migrateurs).

Développer une agriculture multifonctionnelle est un des moyens possibles pour répondre à cette diversité de demandes. Le concept d'agriculture multifonctionnelle est né au Sommet de Rio en 1992 à partir du constat suivant : en plus de sa fonction première de fourniture d'aliments et de matières premières, l'activité agricole façonne les paysages, apporte des avantages environnementaux et contribue à la viabilité socio-économique de nombreuses zones rurales. Les aliments et les matières premières sont des biens marchands, alors que les paysages, l'environnement et la viabilité des zones rurales ne font pas l'objet d'échanges marchands. La rémunération de ces fonctions non marchandes de l'agriculture nécessite souvent l'intervention publique et donc la reconnaissance au niveau institutionnel du concept d'agriculture multifonctionnelle. C'est pourquoi la notion d'agriculture multifonctionnelle a été placée au centre de la dernière Loi d'orientation agricole (LOA) adoptée par la France en 1999, elle fait partie des attendus de la loi d'orientation adoptée fin 2005. Elle figure parmi les orientations de la politique agricole commune (PAC) définies au Sommet de Berlin de mars 1999. Elle est débattue au plan international, à l'organisation de coopération pour le développement économique (OCDE) et à l'organisation mondiale du commerce (OMC) ou la référence aux *non trade concerns* (intérêts non commerciaux) permet de légitimer certaines formes d'aides à l'agriculture (classées dans la « boîte verte »).

La diversité des demandes, la diversité des échelles auxquelles elles s'expriment et la multiplicité des niveaux de prise de décision rendent l'évaluation de la marge de manœuvre de politiques locales délicate. Les travaux existants s'attachent, à partir d'une étude de cas, à décrire les débats et conflits éventuels entre différentes parties (Houghton, 2005), le rôle respectif des politiques locales et régionales sur l'adoption de systèmes produisant des biens publics de façon jointe, mais aussi la manière dont le comportement des agriculteurs peut influencer celui des décideurs publics (Vandermeulen *et al.*), la compétition locale pour l'allocation des ressources entre développement économique et restauration de ressources naturelles (Jonas et Gibbs, 2003). Très peu de travaux s'intéressent directement à la façon dont une politique locale peut influencer le façonnement du paysage et sur ses différentes fonctions. Or cette question est cruciale dans le contexte du nouveau règlement du développement rural EC Reg. 1698/2005. Davantage que les précédents, ce règlement invite les Etats membres de l'Union européenne (UE) à adopter des programmes d'actions agro-

environnementales basées sur une approche ascendante. Cette approche vise une meilleure prise en compte des spécificités et des intérêts locaux afin de diriger les co-financements européens vers des projets bénéficiant d'une dynamique locale. Si les politiques descendantes voient leur efficacité entamée par l'hétérogénéité des territoires et le manque de mobilisation des acteurs locaux, les politiques ascendantes doivent être en mesure de prendre en compte l'influence des contextes et tendances plus globaux, en particulier des marchés et des politiques sectorielles.

Pour analyser l'impact potentiel de politiques locales dans la promotion de la multifonctionnalité des territoires ruraux, nous avons choisi une modélisation à deux échelles imbriquées, une échelle régionale pour la demande de produits agricoles et une échelle locale pour 1) évaluer les déterminants actuels de l'occupation du sol dans son organisation spatiale, 2) élaborer des scénarios prospectifs (Kelly *et al.*, 2004) comprenant la mise en œuvre de politiques locales. Les politiques mises en œuvre localement sont de deux types : la régulation de l'urbanisme d'une part et les mesures agri-environnementales d'autre part. Les fonctions en jeu avec la régulation de l'urbanisme sont l'accueil de nouveaux habitants et de nouvelles activités et demandes, les capacités de maintien de l'activité agricole, ainsi que des conditions environnementales différentes liées par exemple à la couverture végétale dans les zones urbanisées, à la fragmentation de l'espace agricole et de son organisation (Carsjens et W. van der Knaap, 2002), ou encore à l'évolution du trafic routier (Pauwels et Gulink, 2002). Avec les politiques basées sur le développement agri-environnemental, c'est plutôt la considération d'une meilleure gestion des ressources naturelles par l'agriculture qui est examinée, en particulier la densification et la mise en connexion de couverts végétaux constituant des habitats favorables à la faune et à la flore et facilitant leur circulation (Burel et Baudry, 1999) ainsi que la gestion de la ressource en eau. L'ensemble de ces fonctions, intégrées au niveau du paysage, participent à la multifonctionnalité du territoire rural.

Les scénarios prospectifs posent des hypothèses d'évolution des déterminants de l'occupation du sol. La politique locale va influencer sur l'évolution progressive du paysage de chacun de ces scénarios en modifiant la compétitivité entre les différentes occupations du sol. Nous nous sommes intéressés à la localisation possible des changements d'occupation de l'espace dans chaque scénario, en étant bien conscients qu'une modélisation complète nécessiterait de plus d'établir les raisons de ces changements (Irwin et Geoghegan, 2001; Serneels et Lambin, 2001). La compétition entre différentes occupations du sol est analysée en mettant l'accent sur les synergies et les antagonismes entre les différentes fonctions d'un territoire. Au contraire de (Rounsevell *et al.*, 2006) qui utilisent un critère simple de hiérarchie des préférences pour chaque occupation de l'espace, nous montrons que les politiques agri-environnementales locales ont pour conséquence une modification des paramètres de compétition de ces différentes occupations.

Cet article montre comment les simulations spatialisées permettent d'évaluer des évolutions potentielles de l'occupation d'un territoire pour des usages divers, agricoles et non agricoles. A partir des cartes d'occupation du sol, des évaluations écologiques des changements seront donc possibles : ces perspectives seront abordées en conclusion.

Le papier est organisé de la manière suivante : la section 2 présente la démarche de modélisation à deux échelles emboîtées, les spécificités de la zone d'étude, les données utilisées et décrit les grandes lignes des scénarios prospectifs élaborés. La section 3 analyse de manière les déterminants de l'occupation actuelle de l'espace. La section 4 présentent les résultats d'évolution de l'occupation de l'espace selon les scénarios modélisés. Les paramètres de compétition entre les différentes occupations de l'espace dans le paysage sont comparés entre ces scénarios section 5.

2 Méthode

Nous nous interrogeons dans ce papier sur les marges de manœuvre dont dispose un régulateur local sur l'évolution de l'occupation de l'espace, afin de promouvoir la multifonctionnalité du territoire rural. L'évolution de l'occupation de l'espace est dépendante des infrastructures, des marchés locaux, nationaux et internationaux pour l'expansion des villes (Antrop, 2004), mais aussi des politiques européennes et nationales pour les espaces agricoles et forestiers (van Meijl *et al.*). La trajectoire d'évolution d'une zone donnée dépendra des interactions complexes entre des déterminants agissant à plusieurs échelles (Van Eetvelde et Antrop, 2004) et est en grande partie subie par les agents au niveau local. Cependant, il reste une place pour des politiques locales, la question étant de savoir de quelle taille est cette place. La marge de manœuvre peut être mesurée par l'écart entre la simulation d'un scénario de mise en œuvre de telles politiques, et celle d'une évolution tendancielle, qui exclut ces politiques locales (*trajectoire de référence*).

Notre démarche est construite en trois étapes. Nous analysons tout d'abord le poids relatifs des facteurs externes et internes à la région sur l'occupation actuelle de l'espace. Nous bâtissons ensuite deux scénarios d'évolution de l'occupation de l'espace, en faisant varier la demande externe pour l'occupation du sol et en faisant évoluer plus ou moins rapidement les déterminants internes. Le premier de ces scénarios considère une évolution tendancielle des facteurs externes et internes. Le second scénario est basé sur un découplage total des soutiens agricoles et une absence de régulation de l'urbanisme. Enfin, nous introduisons dans chacun de ces deux scénarios une politique locale agri-environnementale et nous mesurons son écart avec chaque scénario.

2.1 Zone d'étude

L'évolution de l'occupation de l'espace fait l'objet de nombreux travaux théoriques et empiriques, et a suscité la création de nombreux modèles. Nous appuyé notre raisonnement sur une étude de cas, en ne mobilisant toutefois que des données facilement accessibles pour pouvoir étendre ce raisonnement aisément à d'autres régions. Nous avons retenu comme zone d'étude la partie sud-est du département d'Eure et Loir. Située entre Paris à l'est, Orléans au sud et Chartres au nord-ouest, elle est traversée par un réseau autoroutier dense. Elle présente un paysage de champagnes : l'agriculture occupe une place prépondérante, la surface laissée à l'arbre, à l'exception de rares bosquets, est réduite.

Nous avons limité notre zone d'étude à une partie de plaine sédimentaire correspondant au nord de la nappe de Beauce (partie en Eure-et-Loir). Cette zone présente une hétérogénéité en termes de réserve utile des sols : au sud-est, cette réserve est moins importante qu'au nord ouest. Cette zone de 1425 km² recouvre neuf bassins de vie (Insee, 2003), dont l'évolution est essentiellement liée à celle des trois villes : croissance forte et ancienne dans les bassins de vie du nord, sous l'influence de la région parisienne, déclin confirmé au sud, et croissance récente au centre avec le développement de Chartres.

La Beauce est une zone céréalière : les céréales occupent plus de 66 % de la surface totale de la zone d'étude. Les autres cultures présentes sont des oléagineux, des protéagineux, mais aussi des pommes de terre, des légumes de plein champ, de rares prairies, et quelques lambeaux de végétation spontanée. Le choix des cultures est sous l'influence directe de la politique agricole commune, tempérée par l'industrie agro-alimentaire locale et les facilités de communication : si le poids de la région Centre pour la transformation des produits agricoles reste éloigné de son poids agricole (Insee Centre, 2005a), la grande facilité de connexion de la zone d'étude (Insee Centre, 2005b) permet l'écoulement de produits diversifiés et aisément transportables, pommes de terre, porte semences, légumes de plein champ, plantes médicinales.

L'évolution économique de la zone dans les années 90 a vu le remplacement d'une partie des activités agricoles ou industrielles traditionnelles par des activités tertiaires ou de nouvelles activités industrielles et s'est traduite par un accroissement de population et une mutation sociale (Insee Centre, 2005b). Cette mutation s'est traduite par l'émergence de nouveaux besoins, dont une partie s'exprime vers l'agriculture. En particuliers, en Eure et Loir, l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage a développé le concept d'Ogare, Opérations Groupées pour une Agriculture plus

Respectueuse de l'Environnement. Une Ogare a pour vocation de susciter la création d'un groupe d'agriculteurs innovants et dynamiques se trouvant en situation de voisinage, gérant une surface significative au regard des enjeux environnementaux, et s'engageant dans une démarche de progrès vers un développement durable pour l'agriculture. L'animation des projets Ogare est assurée par l'association Hommes et Territoires. L'Ogare Beauce vise "le développement durable pour l'agriculture par la prise en compte de l'environnement sur une surface écologiquement significative" et " la valorisation de la diversité biologique et des ressources naturelles dans le respect des milieux, des paysages, de la qualité de l'eau souterraine et de la faune sauvage".

2.2 Déterminants internes et externes potentiels de l'occupation de l'espace

Les travaux, très nombreux, qui s'intéressent à l'évolution de l'occupation de l'espace se concentrent le plus souvent sur un point précis de cette évolution : soit ils analysent l'évolution, à l'échelle mondiale ou de grandes régions de l'occupation de l'espace entre de grands ensembles urbains, naturels, forestiers et agricoles, soit ils considèrent une zone plus petite et examinent un phénomène particulier comme un développement péri-urbain, un phénomène de déforestation ou l'évolution de l'occupation agricole des sols. Nous nous proposons dans ce papier d'analyser, sur une zone restreinte, à la fois la compétition entre différentes occupations agricoles du sol, mais aussi entre occupation agricole, utilisation urbaine et espaces spécifiquement consacrés à des pratiques agro-environnementales.

Dans une revue récente de la littérature, Busch (2006) montre que l'évolution de l'occupation agricole des sols, à l'échelle européenne ou mondiale, est analysée selon un schéma identique quel que soit le modèle employé pour son analyse : la demande de produits agricoles, elle-même déterminée par la demande alimentaire, la croissance économique, le commerce international et les politiques, conduits à un besoin en utilisation de sols ; ce besoin devient une utilisation effective en fonction des technologies de production, des caractéristiques biophysiques et des limitations spatiales de chaque zone étudiée. Plus spécifiquement, cinq types de facteurs influent sur l'occupation agricole des sols (Bürgi *et al.*, 2005) : ces facteurs sont socio-économiques, politiques, technologiques, naturels et culturels. Nous avons supposé que les facteurs *socio-économiques à l'échelle régionale* pouvaient se résumer dans une fonction de demande pour chaque type d'occupation de l'espace. Les facteurs *socio-économiques internes* retenus dans l'analyse sont la proximité aux unités agro-alimentaires, mais aussi aux entrées d'autoroutes permettant potentiellement l'écoulement des produits agricoles vers d'autres régions. Dans notre approche, les facteurs *politiques et culturels* ne concernent que la politique locale agri-environnementale dont nous voulons analyser la marge de manœuvre. Les facteurs *technologiques* sont décrits de façon simple par le travail (main d'œuvre agricole), le niveau d'équipement pour l'irrigation et une *proxi* du niveau d'équipement agricole. Nous avons supposé que les facteurs *naturels* étaient entièrement pris en compte par le zonage de conseil agricole ; une information sur la qualité des sols et en particulièrement leur réserve utile aurait sans doute permis une analyse plus fine.

Les facteurs influant l'évolution urbaine et péri-urbaine sont traditionnellement l'existence de zones déjà bâties et l'infrastructure routière (Loibl et Toetzer, 2003) avec une influence particulière pour les autoroutes (Bürgi *et al.*, 2005). Nous avons distingué les zones urbaines existantes par leur densité de population.

De toute évidence, nous ne disposons pas dans cette étude de tous les facteurs influant potentiellement sur l'occupation de l'espace. Pour mesurer la congruence de nos estimations, nous avons introduit deux "facteurs" spatiaux, le numéro du bassin de vie et les type de commune selon la nomenclature du zonage en aires urbaines et en aires d'emploi de l'espace rural (ZAUER) de l'INSEE (INSEE, 2001). Lorsque le poids statistique de ces facteurs est faible, nous avons considéré que les facteurs explicatifs introduits précédemment expliquaient de façon satisfaisante l'occupation actuelle de l'espace. Dans le cas contraire, nous avons nuancé notre interprétation.

2.3 Influence relative des déterminants potentiels sur l'occupation actuelle de l'espace

L'influence relative des différents facteurs sur l'occupation actuelle de l'espace est déterminée par régression logistique. La régression logistique est une méthode couramment employée pour produire des cartes de probabilité d'occupation des sols, aussi bien dans des problématiques de croissance urbaine (Cheng et Masser, 2003; Fang *et al.*, 2005; Wu, 2002) que de déforestation ou d'évolution de l'agriculture (Geoghegan *et al.*, 2001; Serneels et Lambin, 2001). La probabilité d'occurrence de l'occupation du sol Y sur la cellule j est estimée par une fonction logistique:

$$\text{Log}\left(\frac{P(Y_j = 1)}{1 - P(Y_j = 1)}\right) = \text{Log}\left(\frac{p_{i,j}}{1 - p_{i,j}}\right) = \alpha + \alpha_1 X_{1,j} + \alpha_2 X_{2,j} + \dots + \alpha_n X_{n,j}$$

avec $X_{i,j}$ la valeur du déterminant i sur la cellule j . Cette démarche inductive permet d'analyser la localisation la plus probable d'un type d'occupation du sol, mais ne donne aucune information sur le temps de réponse du paysage à une modification d'un facteur.

L'information sur l'occupation de l'espace provient de la couverture Corine Land cover pour l'année 2000. Notons que sur la zone d'étude, Corine Land Cover identifie des surfaces "essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants", subsistance de lambeaux de végétation spontanée. La nomenclature Corine détaille précisément les usages non agricoles, mais ne distingue pas les différentes cultures entre elles. Nous avons utilisé la fonction Visual Basic® "random" pour générer une carte d'occupation *agricole* des sols aléatoire, par commune, avec les données du RGA (Agreste, 2000). Pour une commune donnée représentée en mode raster (ici une grille de cellules carrées de 250 m de résolution), cette fonction intégrée dans un programme développé sous Visual Basic® permet d'attribuer au hasard des valeurs de cellules sur la commune considérée. Une contrainte est néanmoins imposée : les surfaces totales occupées par les différentes valeurs de cette grille correspondent aux surfaces des cultures déclarées au RGA.

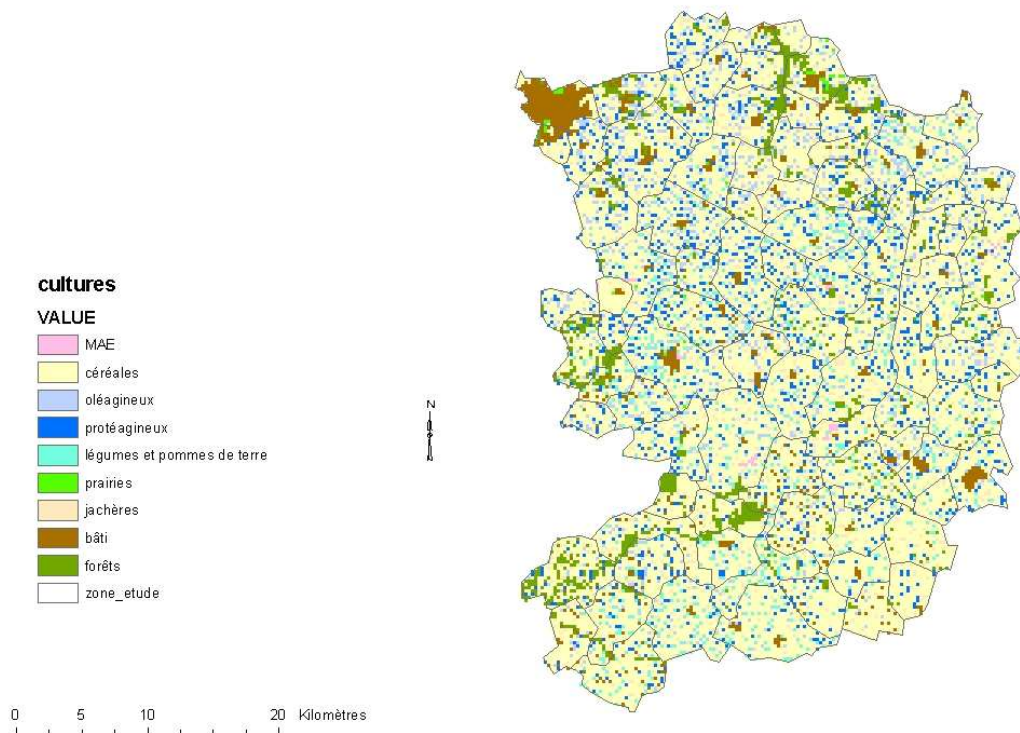


Figure 1: occupation du sol en 2000 (adapté d'après couverture Corine Land Cover et RGA)

2.4 Scénarios d'évolution de l'occupation de l'espace et modélisation

L'évolution de l'occupation de l'espace a été modélisée par construction de scénarios (Gude *et al.*, ; Sharma *et al.*), en utilisant Clue-S (Verburg *et al.*, 2002). Le modèle Clue-S permet une représentation multi-échelles du système d'occupation de l'espace : à l'échelle régionale, la demande en chaque occupation du sol est une entrée du modèle et pour chaque pixel, l'allocation d'une occupation du sol est effectuée de manière probabiliste. Contrairement à d'autres modèles simulant l'évolution de l'occupation du sol sous l'effet de politiques et fournissant en résultat la somme des occupations à un instant donné, Clue-S utilise une fonction de demande, à élaborer par l'utilisateur pour l'occupation totale du sol, ce qui lui permet de combiner des effets régionaux et locaux.

Nous avons utilisé les résultats d'un modèle régionalisé en programmation mathématique positive (Barkaoui et Butault, 2004) pour générer l'évolution de la demande d'occupation des sols agricoles de la zone d'étude. L'évolution de la demande en zones bâties est issue des travaux de la Datar (DATAR, 2003).

Le modèle Clue-S utilise tout d'abord les résultats des régressions logistiques pour déterminer une couche de probabilité totale d'occurrence de chaque occupation du sol, $P_{i,j}$:

$$P_{i,j} = p_{i,j} + \lambda_j + \alpha_j$$

avec $p_{i,j}$ la probabilité d'occurrence de l'occupation du sol j sur la cellule i , déterminée par régression logistique. λ_j représente l'élasticité relative de modification d'une occupation donnée j en une autre occupation du sol. Elle est déterminée par l'utilisateur et peut servir de variable de calibrage. α_j est une variable d'itération spécifique à l'utilisation du sol j .

Le modèle procède par itérations : une première allocation est calculée avec une valeur identique de α_j pour toutes les occupations du sol, le modèle attribuant à chaque cellule l'occupation qui a la plus grande probabilité d'occurrence. La somme des cellules pour chaque occupation est alors comparée à la demande régionale de cette occupation. Pour les utilisations du sol dont la somme des surfaces est inférieure à la demande, la variable α_j est augmentée (diminuée pour les utilisations dont la somme des surfaces est supérieure à la demande). L'allocation finale est déterminée par itérations successives. La variable α_j représente la capacité de compétition de l'occupation du sol j par rapport aux autres utilisations, pour répondre à la demande totale.

L'élaboration des scénarios a été effectuée en deux temps. Tout d'abord, deux scénarios pivots ont été construits : le scénario O considère une évolution tendancielle des facteurs internes et externes ; le scénario N repose sur un découplage total des soutiens agricoles et une absence de régulation de l'urbanisme. Dans un second temps a été surimposée à chacun de ces scénarios une politique locale agri-environnementale favorisant les ressources cynégétiques et appliquée de façon privilégiée sur le zone de l'Ogare Beauce.

Le scénario O représente le scénario central des études de prospectives existantes : options de découplage retenues par la France pour l'adaptation de la politique agricole commune, tendances démographiques envisagées par la Datar (DATAR, 2003), évolution tendancielle des facteurs internes. L'urbanisme est encadré par les dispositions de la loi 2003-590 du 2 juillet 2003 "urbanisme et habitat" qui considère que l'urbanisation doit se réaliser en continuité avec les bourgs, villages, hameaux, groupes de construction traditionnels ou d'habitat existants (article 33).

Le scénario N analyse l'impact local d'une évolution démographique importante. La zone d'étude bénéficie de nombreux avantages compétitifs : proximité de Paris, réseaux routiers et autoroutiers denses, accès aux technologies numériques, offre d'emplois diversifiée (les bassins de vie sont des bassins industriels et non des bassins agroalimentaires ; 4 des 9 bassins de vie de la zone d'étude appartiennent à des départements limitrophes). Dans le cadre d'une compétitivité accrue entre petites régions, la zone d'étude peut voir son évolution démographique s'accélérer, avec une demande pour des zones bâties non contiguës des villes et villages existants, les nouveaux habitants recherchant plutôt à construire dans des espaces leur procurant plus d'aménités naturelles (Gude *et al.*). Le scénario

reprend les hypothèses d'évolution de l'assolement du scénario de découplage total de Barkaoui et Butault (2004).

Le scénario V surimpose aux deux scénarios précédents une politique locale agri-environnementale favorisant les ressources cynégétiques. Cette politique s'applique de façon privilégiée sur la zone de l'Ogare Beauce. Elle consiste à créer des bandes enherbées contiguës le long des parcelles en cultures, à développer de petits bosquets boisés, à assurer un patchwork de cultures différentes plutôt que de vastes étendues d'une même culture. De ce fait, cette politique nécessite une coopération entre les agriculteurs puisqu'elle n'aura d'effet qu'appliquée sur la totalité d'une zone.

Lorsque l'on introduit des contraintes de préférence de certaines occupations des sols pour une zone, et/ou des contraintes de voisinage, la probabilité totale d'occurrence de l'occupation j pour l'année t est calculée selon la formule :

$$P_{i,j,t} = (1-\beta_j) p_{i,j} + \beta_j N_j L_{j'(t-1)} + w_j k_{i,j} + \lambda_j + \alpha_{j,t}$$

β_j est un paramètre qui pondère les effets de voisinage pour l'occupation du sol j

N_j une matrice de paramètres d'effets de voisinage pour l'occupation du sol j (Verburg *et al.*, 2004) ;
cette matrice décrit les occupation du sol qui influent sur j mais aussi le nombre de pixels sur lesquels porte cette influence

$L_{j'(t-1)}$ la carte d'occupation du sol pour l'année $t-1$

w_j le poids des effets de localisation

$k_{i,j}$ un paramètre de préférence pour l'occupation du sol j sur la cellule i

Il est possible d'estimer statistiquement les valeurs des paramètres de la matrice N_j lorsque l'on dispose de cartes d'occupation du sol pour plusieurs années consécutives. Dans la mesure où nous avons utilisé une allocation aléatoire des occupations du sol par commune et une seule année, nous avons considéré que les effets de voisinage étaient négligeables dans le scénario tendanciel, et avons introduit des effets de voisinage pour le bâti dans le scénario N et la politique agri-environnementale du scénario V.

3 Déterminants actuels de l'occupation du sol

Nous avons considéré trois groupes de facteurs potentiellement explicatifs de l'occupation du sol :

- des facteurs qualifiés d'*urbains*, influant essentiellement l'occupation de l'espace par des zones urbaines ou périurbaines, comme la densité de population des zones déjà bâties, l'infrastructure routière, l'orientation économique des bassins de vie.
- des facteurs qualifiés d'*agricoles*, potentiellement liés à l'usage agricole des sols, indicateurs de technologie de production ou représentant l'environnement économique des exploitations agricoles.
- des facteurs qualifiés de *spatiaux* qui décrivent la diversité spatiale de la zone et nous servent d'indicateurs de cohérence de nos régressions logistiques.

De façon assez inattendue, les deux premiers groupes de facteurs influent à la fois sur l'occupation urbaine de l'espace et sur l'occupation agricole du sol. Notons que cette analyse reste exploratoire et demanderait à être approfondie, notamment lorsque les facteurs spatiaux apparaissent de façon significative dans les résultats des régressions logistiques.

3.1 Bâti

La présence d'habitations est déterminée en premier lieu par la main d'œuvre agricole disponible à l'hectare. Ce résultat surprenant a priori reflète la situation contrastée de la zone d'étude, qui comporte des communes très urbanisées comme Chartres avec de petites exploitations utilisant beaucoup de main d'œuvre, et des communes très agricoles avec de grandes exploitations extensives en main d'œuvre.

La constante a un effet important aussi, qui reflète sans doute la variable "population" que nous n'avons pas utilisée pour l'analyse. Nous avons exclu cette variable pour deux raisons :

- dans les scénarios, les nouvelles constructions seront conditionnées par les habitations existantes : nous considérerons qu'une habitation ne peut se transformer en zone agricole ; de plus, les nouvelles règles d'urbanisme imposent la construction de façon contiguë et nous utiliserons des relations de voisinage pour les modéliser.
- en conséquence, l'évolution de la population dans une commune donnée est plus un résultat du modèle qu'un déterminant de l'occupation du sol : en utilisant une relation entre la population et la surface bâtie nous aurions sur-spécifié le modèle.

Les autres variables influant sur la probabilité de présence de bâti sont très nombreuses : l'orientation des bassins de vie aura un effet positif et différencié selon le bassin, la densité de population (en habitants par hectare de surface bâtie) un effet négatif, la présence d'entrées d'autoroutes et de routes départementales favorisent les habitations mais l'effet est faible devant celui des autres variables. Les routes nationales n'ont pas d'effet significatif (ou plutôt un effet différent d'une commune à l'autre, positif quand la route traverse le village, négatif quand de l'habitat plus dispersé fuit le trafic, et au total les deux effets s'annulent). Enfin, les industries agroalimentaires ont un effet positif pour les semenciers et les fabricants d'aliments pour bétail, négatif pour les meuneries.

L'orientation de la commune n'a pas d'effet significatif (on aurait attendu un effet des communes urbaines ou périurbaines).

3.2 Céréales

Un examen de l'influence relative des différents facteurs sur la probabilité d'occupation de l'espace par des activités agricoles en général et des céréales en particulier met en évidence un effet important de la constante : il est possible que des informations non utilisées dans notre analyse, comme la qualité des sols ou les compétences des agriculteurs, influent sur cette probabilité.

La présence de céréales est ensuite déterminée par la main d'œuvre agricole disponible, avec un effet négatif, ce qui traduit le besoin en main d'œuvre de ces cultures relativement plus faible que pour les cultures spéciales comme les légumes. L'effet de la localisation dans le GVA d'Orgères reflète l'influence de plusieurs facteurs naturels, comme la qualité de sols. La proximité d'une activité semences a un effet positif sur la probabilité de présence de céréales. La localisation dans un bassin plutôt industriel et monospécialisé (isp) ou résidentiel a un effet négatif, alors que ces facteurs étaient attendus avec un effet sur la localisation des aires urbaines. Les facteurs tels que la proximité à une entrée d'autoroute, la localisation dans un bassin diversifié, ou résidentiel et industriel, ne viennent qu'ensuite. Enfin, on trouve des facteurs tels que le numéro de bassin de vie, le pourcentage de SAU irriguée, la distance aux routes nationales et départementales, l'effet des meuneries.

3.3 Autres cultures importantes de la zone : oléagineux et protéagineux

Oléagineux et protéagineux sont les cultures alternatives aux céréales traditionnelles dans la région : il est en effet très difficile techniquement de cultiver du blé plus de deux, voire trois et exceptionnellement quatre années successives, les agriculteurs ont été amenés à implanter d'autres cultures, essentiellement du maïs jusqu'en 1992, et depuis des oléagineux et des protéagineux, plus intéressants économiquement (Boussemart, 1996). Ces cultures sont valorisées en alimentation animale (tourteaux) et humaine (huiles). Les coûts de collecte de ces cultures sont relativement élevés, mais les coûts de transport des produits transformés sont faibles : la localisation des oléagineux et des protéagineux peut dépendre soit de l'implantation des unités de transformation, soit du réseau routier si les coûts de transport sont suffisamment faibles pour avoir induit une concentration des industries (Belleflamme *et al.*, 2000) sur la région parisienne proche.

Dans notre zone d'étude, le facteur déterminant l'occupation du sol par des protéagineux est bien la distance à une unité de fabrication d'aliments animaux. Ensuite, on trouve la main d'œuvre agricole (effet négatif), la distance à un semencier, la localisation dans un bassin de vie résidentiel et industriel (effet négatif), le niveau d'équipement agricole. Jouent aussi, mais dans une moindre mesure, la

distance à une unité de conditionnement de légumes ou le type rural de la commune (avec un effet négatif).

Il est intéressant de noter que les distances aux routes n'ont pas d'influence sur la probabilité d'occupation du sol par des protéagineux, qui sont transformés dans la région avant d'être exportés vers des régions d'élevage.

Si l'on observe les facteurs avec leur poids relatif, c'est d'abord la main d'œuvre disponible qui conditionne la présence d'oléagineux, puis la distance aux fabricants d'aliments pour animaux. La zone de conseil du GVA d'Orgères (effet négatif), la localisation dans un bassin de vie diversifié (effet négatif aussi), puis la proximité d'une cellule de collecte de légumes (effet positif), sont également importants. Distance à une entrée d'autoroute et niveau d'équipement ne viennent qu'ensuite.

La présence d'oléagineux et de protéagineux est associée de façon prépondérante aux facteurs qualifiés d'agricoles, contrairement à ce que nous avons observé pour les céréales, qui sont aussi dépendantes de facteurs urbains.

3.4 Cultures faiblement représentées : légumes et pommes de terre, prairies, jachères

La présence de légumes et pommes de terres est avant tout déterminée par le pourcentage de SAU irriguée. Le numéro de bassin de vie influe aussi, ce qui reflète pour les légumes l'influence de la zone maraîchère de la Loire. La proximité d'une unité de conditionnement pommes de terres ou légumes ne vient qu'ensuite, après la constante. De très nombreux autres facteurs influent sur la probabilité d'occupation du sol par des pommes de terre et des légumes : dans l'ordre, la densité de population (avec un effet positif), puis la présence d'un fabricants d'aliments animaux, puis celle d'une unité de conditionnement de semences ; viennent ensuite la distance à une entrée d'autoroute (les entrées favorisant la présence de pommes de terre), celle à une route nationale (défavorable), le GVA de Voves Auneau (favorable), la présence de meuneries (défavorable), l'orientation des bassins de vie. Il faut noter que la main d'œuvre agricole n'a pas d'effet significatif sur la présence de pommes de terre et de légumes.

La présence de prairies, de jachères ou de forêts est surtout liée à un effet constant.

Tableau 1: régression logistique, signe des estimateurs (rang d'influence des 10 facteurs les plus importants) – les case grisées indiquent un effet non significatif

		Céréales	oléagineux	protéagineux	légumes	prairies	jachères	bâti	forêts
constante		+ (1)	+	- (3)	-(3)	- (1)	- (1)	- (2)	- (1)
gr1	n°bassin de vie	+			- (2)	+ (5)		+	
gr2-1	c. multipolaire								
gr2-2	c. périurbaine								
gr2-3	c. rurale	+		- (9)					
gr2-4	c. urbaine								
gr4-1	bv div	- (8)	- (4)		-		+ (5)	+ (7)	+ (6)
gr4-2	bv ins	-	- (6)		+	+ (9)		+	
gr4-3	bv ils			- (6)				+	
gr4-4	bv urbain								
gr4-5	bv r+l	- (9)		- (4)	-			+ (9)	+ (4)
gr4-6	bv r	- (6)			+		- (8)		
gr4-7	bv isp	- (5)	-					+ (3)	
gr3	densité population	-		- (10)	+ (5)	+ (6)	- (7)	- (6)	
gr5	% SAU irriguée	+ (10)			+ (1)	+ (4)		-	- (9)
gr6	MO agricole/ha	- (2)	- (1)	- (2)		+ (8)	- (2)	+ (1)	-
gr7	équipements/ha	+	+ (9)	+ (7)				- (10)	
gr8-1	GVA Janville		- (10)					+	
gr8-2	GVA Voves Auneau				+ (10)				-
gr8-3	GVA Orgères	+ (3)	- (3)		+				- (8)

gr8-4	Chartres								
gr10	distance entrée autoroute	- (7)	- (7)		- (9)	- (7)	+ (4)	-	+ (3)
gr11	distance RN	+			+ (8)		- (3)		- (5)
gr12	distance Rdép	+				-		-	- (10)
gr13	distance meunerie	+	+		+	- (2)	+ (6)	- (5)	-
gr14	distance unité conditionnement pdt légumes	-	- (5)	- (8)	- (4)				+ (7)
gr15	distance fabricants aliments bétail		- (2)	- (1)	- (6)			+ (8)	+
gr16	distance semencier	- (4)	- (8)	- (5)	- (7)	+ (3)		+ (4)	+ (2)

4 Evolution de l'occupation du sol dans des scénarios contrastés

4.1 Demande pour les différentes occupation de l'espace

Le scénario O considère une évolution tendancielle de la demande des différents types d'occupation de l'espace. La densité de population est considérée comme inchangée par rapport à la situation initiale, la population croît selon le scénario de la Datar sur la région Centre, de 0,478 % par an (DATAR, 2003). L'évolution des surfaces cultivées suit la demande estimée par Barkaoui et Butault (2004), pour la région Centre, avec les options de découplage retenues pour la France. La Figure 2 décrit la demande d'occupation du sol pour le scénario O. Avec ce scénario, la SAU diminue sous l'influence de l'expansion urbaine. Parmi les utilisations agricoles, légumes et pommes de terres sont supposés occuper une surface croissant très lentement (0,1 % par an), céréales et protéagineux augmentent en surface, tandis qu'oléagineux, prairies et jachères diminuent. Notons que la modélisation de Barkaoui et Butault (2004) ne considère pas un accroissement potentiel de la demande en oléagineux sous l'effet d'une demande croissante en biocarburants.

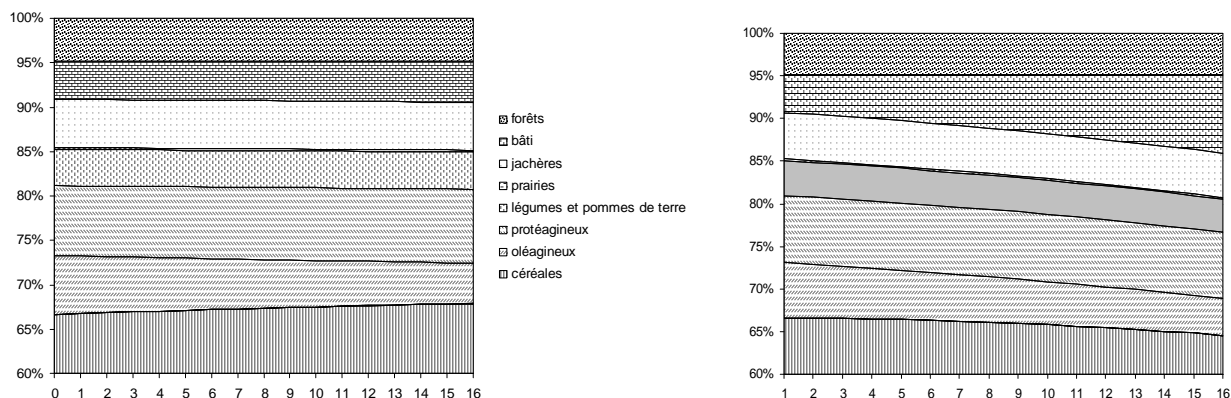


Figure 2: évolution de l'occupation du sol pour la région étudiée, scénario O à gauche, scénario N à droite

Le scénario N représente une absence de régulation de l'urbanisme : la surface totale bâtie est supposée croître de 5 % par an. L'assolement évolue sous des hypothèses de découplage total (Barkaoui et Butault, 2004) : les surfaces en protéagineux croissent, mais moins rapidement que dans le scénario O, les surfaces en oléagineux décroissent plus rapidement. La progression des zones bâties se fait au dépend des surfaces en céréales.

En surimposition sur ces deux scénarios, le scénario V considère que sur la zone de l'Ogare Beauce, la politique locale agri-environnementale doit se traduire au bout de 5 ans par :

- 60 % de la surface de la zone en mae1, comprenant des céréales et une bande enherbée de 17,6 % du pixel
- 14 % de mae2 comprenant des oléagineux et une bande enherbée,
- 13,45 % de pixels protéagineux + bande enherbée
- aucuns légumes
- un accroissement de la forêt à 10 % de la surface.

Outre un remplacement d'une partie des céréales et des oléagineux par des surfaces en mesures agri-environnementales, le scénario V se traduit par un accroissement de la surface en forêt dans la zone Ogare, qui impose un accroissement total de la forêt sur la zone d'étude, réalisé aux dépens des céréales.

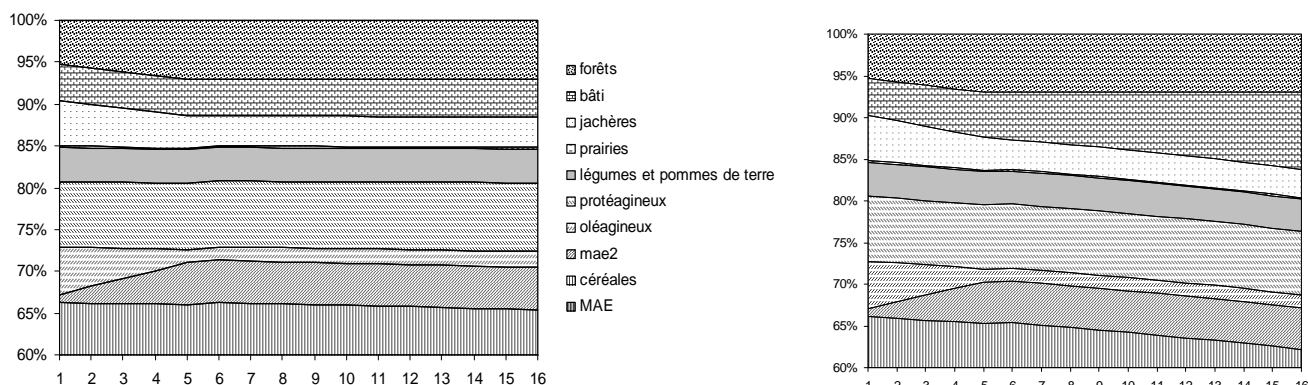


Figure 3: demande d'occupation de l'espace, scénarios VO et VN

4.2 Evolution des facteurs internes

Le scénario O considère que les facteurs internes restent inchangés. Au contraire, le scénario N permet une évolution de certains facteurs : la proportion de SAU irriguée et le niveau d'équipement augmentent lentement de 1 % par an, la main d'œuvre agricole diminue au même rythme.

Des hypothèses supplémentaires d'évolution possible des types d'occupation sont ajoutées dans le scénario N : dans les bassins à dynamique de déclin confirmé, les habitations peuvent devenir des forêts. Scénario N et V introduisent enfin une modification des relations de voisinage entre différents types d'occupation de l'espace :

- le scénario N pose l'hypothèse que les nouvelles habitations sont situées à distance des habitations existantes.
- le scénario V introduit sur la zone Ogare une diversité des cultures, qui se traduit par la limitation du nombre de pixels adjacents de même culture.

4.3 Evolution de l'occupation de l'espace

4.3.1 Scénario O

Avec ce scénario, la diminution des oléagineux et des légumes est sensible dans le sud de la zone d'étude ; les légumes se regroupent un peu autour des villes au nord (effet assez faible).

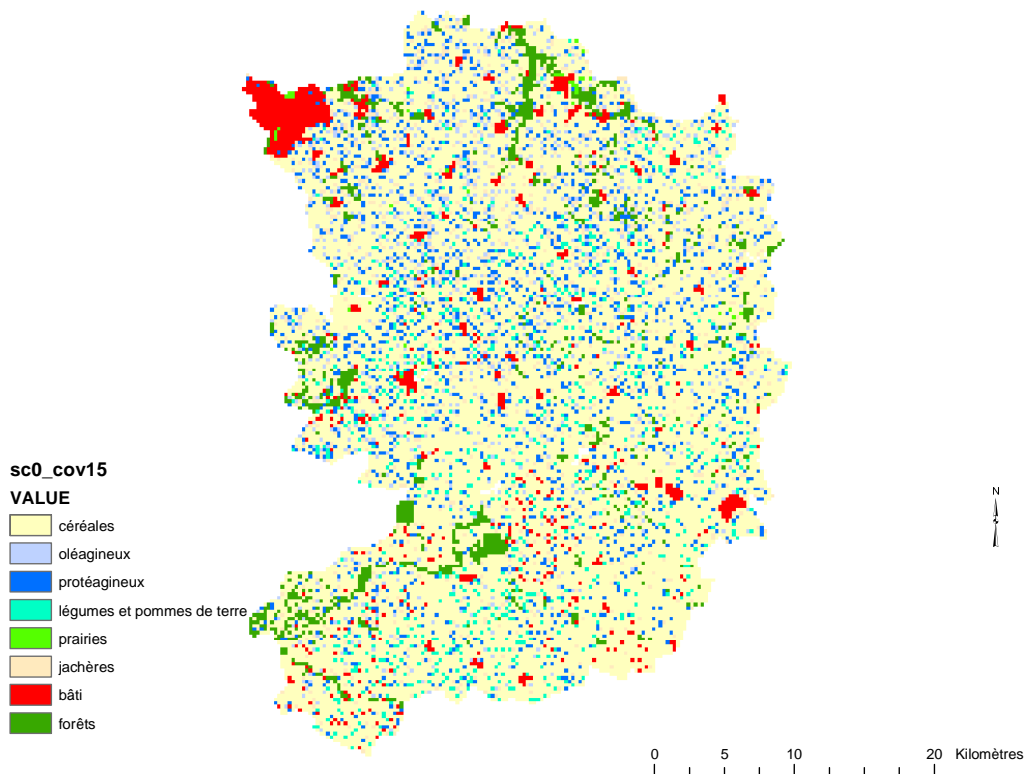


Figure 4: scénario O, occupation du sol après 15 ans

Le scénario O se traduit par une évolution limitée de l'occupation de l'espace, avec surtout un accroissement des zones bâties essentiellement autour de Chartres, et une diminution de surfaces en oléagineux plus nette au nord de la zone qu'au sud.

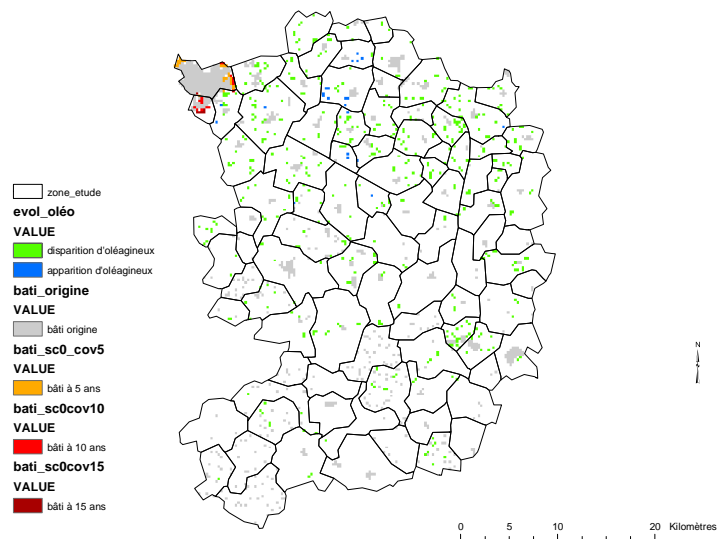


Figure 5: scénario O, principales évolutions de l'occupation de l'espace

4.3.2 Scénario N

Le scénario N se traduit par un accroissement des surfaces bâties au nord de la zone, dans les bassins de vie à dynamique forte ou à croissance récente. Il n'y a pas d'abandon de surfaces bâties dans les bassins en déclin confirmé. En effet, nous avons supposé que les espaces bâtis dans ces bassins pouvaient évoluer vers des forêts uniquement ; dans la mesure où la demande totale pour des surfaces

en forêts ne change pas d'une année sur l'autre dans le scénario N, Clue-S ne modifie pas l'allocation initiale en forêts, et donc les zones bâties ne peuvent décroître dans les bassins de vie en déclin.

La croissance des zones bâties se fait au profit de la zone urbaine de Chartres, et d'une frange de communes multipolarisées à distance de cette zone.

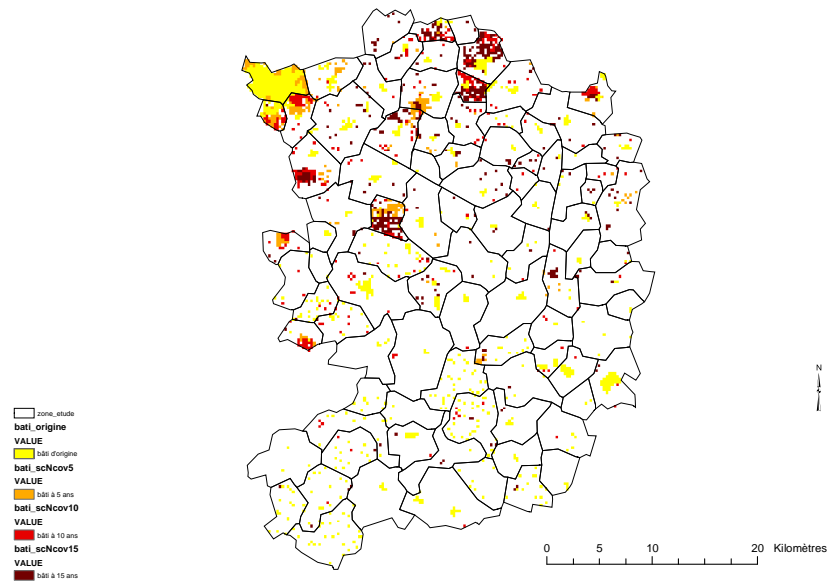


Figure 6: scénario N, principales évolutions de l'occupation de l'espace

4.3.3 Scénarios V

L'adoption des mesures agri-environnementales du scénario V, conséquence d'une "demande" croissante pour ces mesures dans les cinq premières années, est réalisée par agrégats : ce sont les contraintes de voisinage qui influent le plus sur l'adoption.

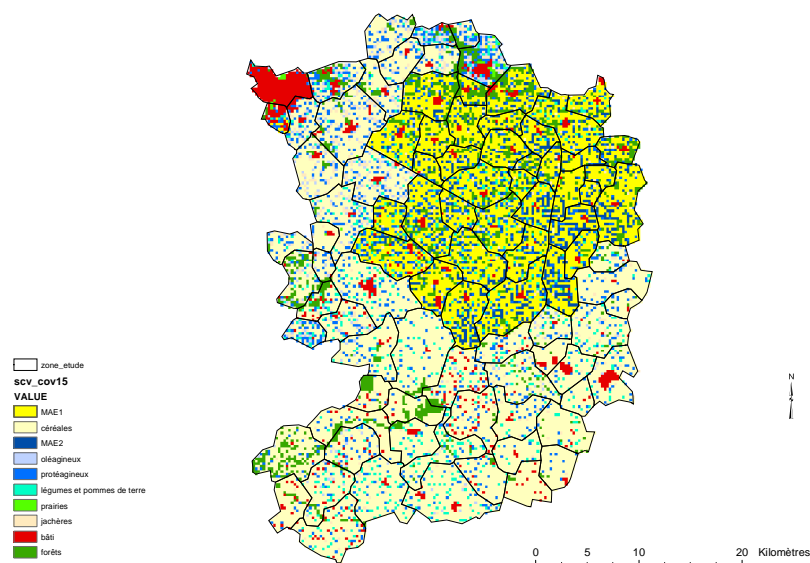


Figure 7: scénario VO, occupation du sol au bout de 15 ans

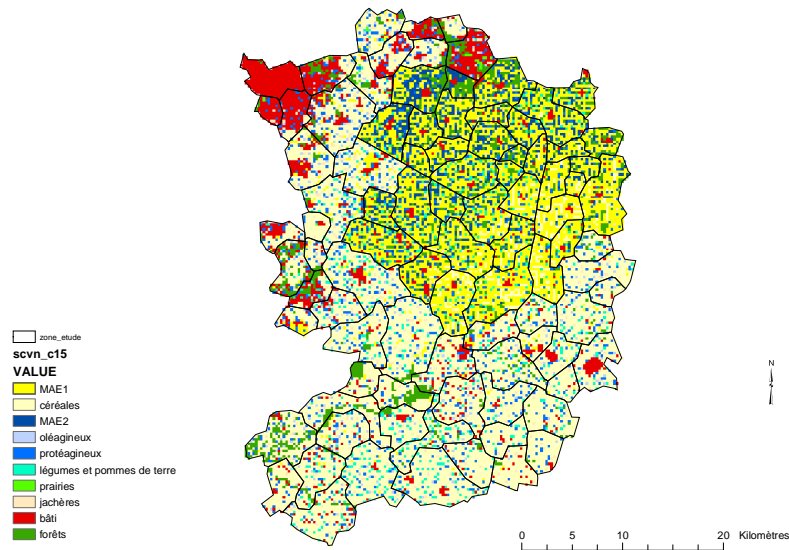


Figure 8: scénario VN, occupation du sol au bout de 15 ans

surimposer une politique agri-environnementale sur la zone Ogare, sous les hypothèses du scénario N, se traduit par un déplacement des zones urbanisées, depuis la zone Ogare vers trois zones principales : les communes immédiatement proches de Chartres, une frange de communes périurbaines avec un tissu bâti discontinu, et des communes proches d'une forêt à l'ouest de la zone d'étude. La seule contrainte de voisinage que nous avons introduite dans le scénario N est que les nouvelles habitations sont construites si possible à distance d'habitations existantes. Le déplacement des zones urbanisées entre le scénario N et le scénario VN est ici essentiellement lié aux contraintes internes imposées par la politique locale (limitation du nombre de pixels adjacents de même occupation du sol), qui induisent une compétition importante dans la zone Ogare et le déplacement de la seule occupation du sol qui peut facilement exister en dehors de cette zone.

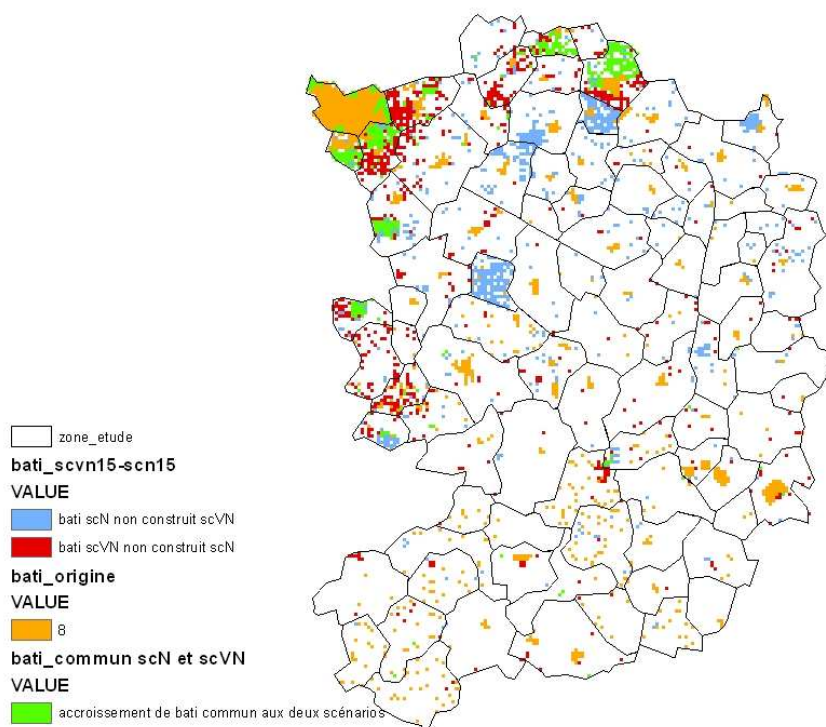


Figure 9: différences de zones bâties entre le scénario N et le scénario VN

Comparons maintenant les paysages simulés lorsqu'on surimpose une politique agri-environnementale dans les conditions respectives des scénarios O et N. La valeur du paramètre de préférence pour la localisation des mesures agri-environnementales dans la zone Ogare a été calibré par simulations successives de façon à ce que 99 % des pixels affectés en MAE soient effectivement localisés dans la zone Ogare (dans les conditions du scénario O). Le même paramètre, employé dans les conditions du scénario N, ne permet de retrouver qu'entre 85 % (MAE2) et 90 % (MAE1) des pixels en MAE dans la zone Ogare : imposer l'adoption de MAE dans la zone Ogare serait plus difficile dans les conditions du scénario N que dans celles du scénario O. En l'absence de calibrage, les MAE se distribuent sur l'ensemble de la zone ; calibrer le paramètre k_{ij} augmente le coût d'adoption de la mesure.

Nous constatons de plus une localisation préférentielle de la MAE2 et des bosquets au nord ouest de la zone Ogare dans les conditions du scénario N, alors que ces occupation de l'espace sont réparties de façon plus homogènes dans les conditions du scénario O, sans pouvoir à ce stade analyser les conséquences écologiques de cette différence.

5 Compétition entre les différentes occupations de l'espace

La variable d'itération α_j représente la capacité de compétition de l'occupation j par rapport aux autres, pour répondre à la demande totale. Si cette variable est inférieure à 0,5, les déterminants locaux, les contraintes de voisinage ou de préférence d'allocation sur une zone pour la culture j conduiraient à une surface totale de cette culture supérieure à la demande : l'offre de l'occupation j , compte tenu des déterminants locaux, est trop élevée par rapport à la demande régionale. La variable α_j peut être interprétée comme une mesure du poids relatif de la demande régionale sur les déterminants locaux de l'occupation du sol, ou encore comme le gain marginal relatif associé à l'occupation du sol j .

La Figure 10 décrit l'évolution de cette variable au cours du temps pour les principales occupations du sol des scénarios O et N. Prenons les céréales comme exemple. Dans le scénario O, $\alpha_{\text{céréales}}$ oscille peu

et reste proche de 0,5 : il y a peu de différence entre la demande régionale et les déterminants locaux pour l'allocation en céréales. Dans le scénario N, $\alpha_{\text{céréales}}$ est systématiquement supérieure à 0,5 : cette fois, c'est l'évolution de la demande régionale qui provoque un accroissement de la surface en céréales, bien que la demande en céréales dans ce scénario décroisse.

De la même façon, malgré l'augmentation de la demande en surfaces bâties dans les deux scénarios, le gain relatif lié à cette occupation du sol diminue régulièrement : les déterminants locaux, tels que nous les avons décrits et représentés, permettraient une surface bâtie beaucoup plus importante que celle effectivement demandée.

Par ailleurs, l'analyse de l'évolution relative des différents paramètres α_j au cours du temps pour un scénario donné permet de classer les occupations du sol selon l'importance de leur gain marginal relatif. Il faut noter que le rang des différentes occupations du sol varie peu au cours du temps dans les scénarios O et N, mais n'est pas identique d'un scénario à l'autre. Nous avons ainsi :

légumes > jachères \approx céréales > bâti > oléagineux > protéagineux pour le scénario O
 légumes \approx céréales > jachères > oléagineux > protéagineux > bâti pour le scénario N.

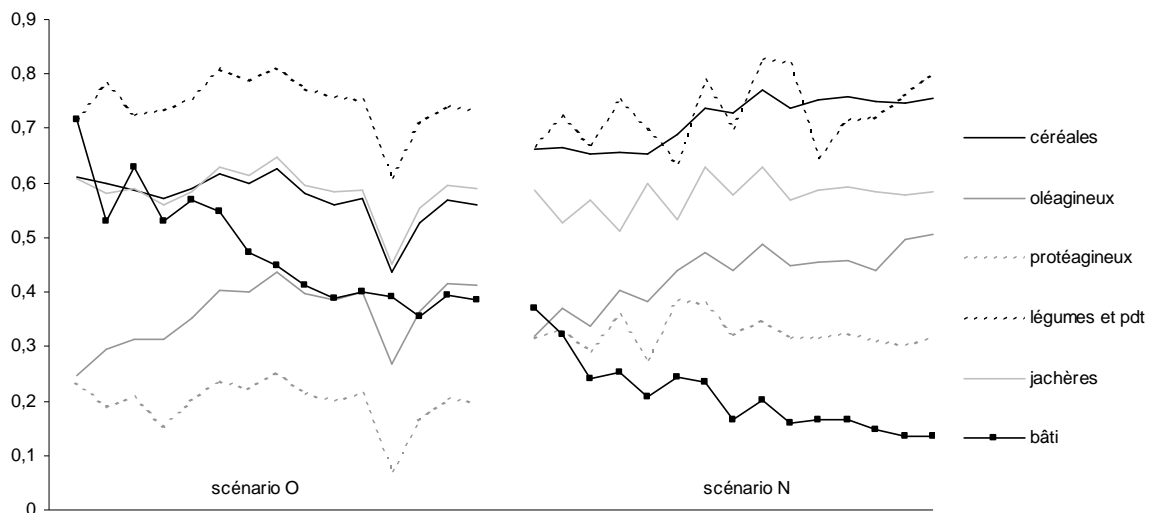


Figure 10: évolution du paramètre α_j au cours du temps pour les scénarios O et N

L'interprétation que l'on peut faire de α_j pour les mesures agri-environnementales est différente de celle des occupations du sol existantes. On a contraint le modèle pour imposer les MAE : si le paramètre α_{MAE} est élevé, il traduit le prix élevé qu'il faudrait payer pour les faire adopter, sans toutefois donner d'indication sur l'importance de ce prix (sauf de façon relative par rapport aux α_j des autres cultures). Ainsi dans le scénario VO (Figure 11), le gain relatif de la MAE1 (céréales plus bande enherbée) simulé est-il systématiquement supérieur à celui des céréales, ce qui implique une rémunération strictement positive de la MAE1 par rapport au gain des céréales. De la même façon, le gain associé à la MAE2 (oléagineux plus bande enherbée) est non seulement supérieur à celui d'un oléagineux, mais aussi d'une MAE1, montrant que la mise en œuvre de la MAE2 nécessiterait une compensation supérieure. Notons de plus que l'augmentation recherchée de bois sous forme de bosquets risque d'être onéreuse pour le régulateur local. Enfin, le gain relatif des mesures agri-environnementales évolue rapidement dans la première période de simulation, qui correspond à une augmentation de leur surface : les déterminants locaux induisent une offre de MAE qui est de moins en moins éloignée de la demande régionale.

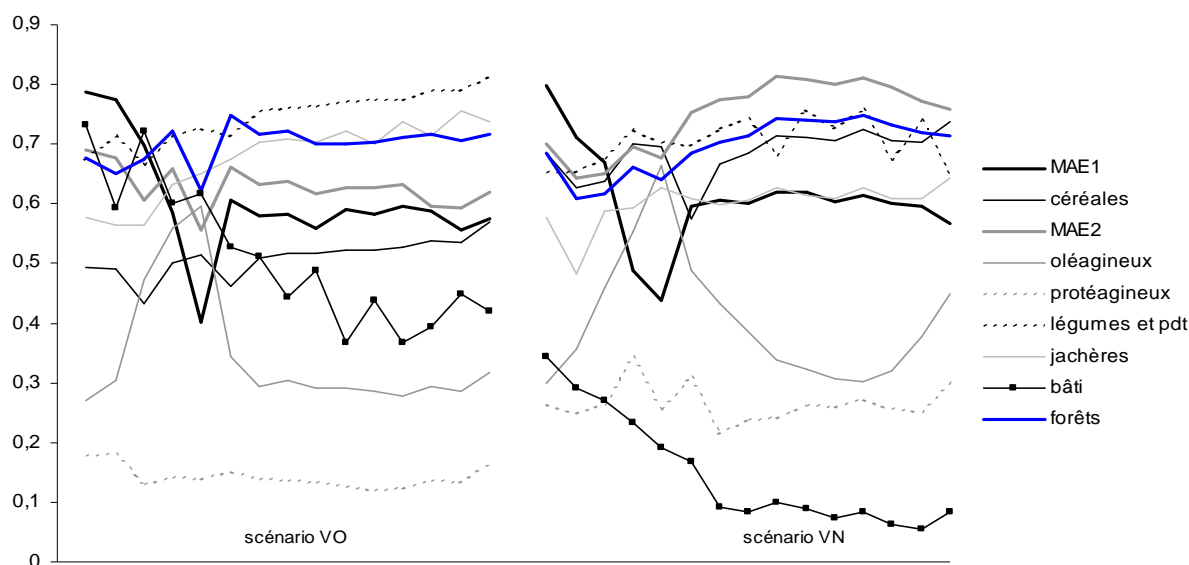


Figure 11: évolution du paramètre α_i au cours du temps pour les scénarios VO et VN

Dans le scénario N, le gain relatif de la MAE1 est inférieur à celui des céréales. Ce résultat a deux explications : tout d'abord, les surfaces bâties ne sont pas localisées au même endroit dans les scénarios N et VN (elles sont localisées préférentiellement hors de la zone Ogare). Ces surfaces bâties morcellent l'espace : hors zone Ogare, elles sont en compétition avec les céréales, mais dans la zone Ogare, leurs paramètres de voisinages sont compatibles avec les MAE1 (dont le nombre de pixels adjacents est limité). De ce fait, les déterminants locaux de l'occupation du sol par des surfaces bâties défavorisent l'implantation de céréales, et favorisent un peu celle de MAE1 : l'offre de céréales compte tenu de ces déterminants locaux est relativement plus faible, comparée à la demande, que celle de MAE1.

Par contre, compte tenu des paramètres de voisinage des différentes mesures agri-environnementales et des nouvelles zones boisées, mais aussi de l'accroissement important des zones bâties, l'offre liée aux déterminants locaux de nouvelles zones boisées et de MAE2 est très nettement inférieure à la demande régionale et le coût d'implantation de ces occupation du sol est élevé : le gain relatif associé aux nouvelles zones boisées est comparable à celui de zones en légumes, et celui des MAE2 encore supérieur.

6 Conclusion

Les simulations analysées dans le cadre de cet article constituent une première exploration de la marge de manœuvre d'une politique locale agri-environnementale, simulée sous deux scénarios d'évolution du paysage, l'un tendanciel, l'autre reposant sur des hypothèses de dérégulation. L'outil permet de tirer parti de données géoréférencées, de décrire et de hiérarchiser les déterminants de l'occupation de l'espace actuelle, en n'utilisant que des jeux de données facilement accessibles. Il permet de plus de donner des indications sur l'existence et l'influence de variables pertinentes omises.

Pour être efficace, cette politique locale doit influencer sur le comportement des agents (surtout ceux qui déterminent l'occupation de l'espace), en considérant que ces agents sont sous l'influence d'un contexte global : c'est le poids relatif de ces influences sur la compétition des différentes occupations du sol qui détermine la marge de manœuvre de la politique locale. Nous avons ainsi mis en compétition différentes occupations du sol sous l'influence de déterminants locaux et régionaux. De cette façon, il est possible d'analyser l'évolution la plus probable du paysage, mais surtout d'examiner comment une politique locale, exprimée sous forme de cahier des charges (déterminants internes) et de demande globale, influe sur le paysage non seulement de la zone sur laquelle elle s'applique, mais aussi sur

l'ensemble de la région. Les simulations spatialisées permettent d'évaluer des évolutions potentielles de l'occupation d'un territoire pour des usages variés, aussi bien agricoles que non agricoles et permettront dans un second temps de qualifier d'un point de vue écologique les différents scénarios analysés. Concernant la mesure des différences écologiques liées à l'occupation des sols et à leur organisation spatiale, de multiples mesures de connectivité sont possibles. Ces mesures sont issues des travaux en écologie du paysage (Burel et Baudry, 1999). La connectivité mesure la plus ou moins grande facilité qu'à un organisme à utiliser un paysage pour ses déplacements et établir son habitat. La mise en œuvre de ces mesures dépasse le cadre de cet article et nous n'en donnons que le principe de deux types de mesures. Le premier type de mesure porte sur la capacité de déplacement d'une espèce (ou d'un groupe d'espèce particulier). Il suppose la définition des milieux favorables et la résistance de l'ensemble des milieux au mouvement, ainsi qu'un seuil de distance au-delà duquel les individus de l'espèce considérée ne se déplacent plus. Les milieux urbains et périurbains ont aussi des capacités d'accueil de la flore et de la faune variable. Ces méthodes de surface d'accessibilité sont utiles pour différencier la capacité d'accueil de différents paysages agricoles (Baudry *et al.*, 2003). Ce type de mesure comporte deux inconvénients : il est spécifique, ne concerne qu'une espèce à la fois et il demande des données biologiques pas toujours disponibles. Dans notre cas d'étude, le scénario V, en introduisant des bandes enherbées facilitera le déplacement des insectes utilisant les graminées et les éventuelles plantes produisant du nectar. Le second type de mesure est plus général et ne porte que sur la mesure de l'habitat, composé d'un ou plusieurs types de milieux disponibles dans une fenêtre de taille variable (Schermann et Baudry, 2002). On peut ensuite évaluer les potentialités du territoire pour une espèce en sélectionnant les fenêtres comportant les habitats disponibles dans le rayon d'action de l'espèce (Suarez Seoane et Baudry, 2002). Ce type de mesure ne prend pas en compte l'existence de milieux infranchissables entre les habitats.

Au-delà de l'intérêt de l'outil pour comprendre l'occupation du sol et instruire des évaluations *ex-ante* de politiques locales, les résultats des simulations permettent dans une certaine mesure de comparer des scénarios tendanciel, dérégulé et environnemental, ainsi que le coût d'une même politique locale sous ces différents scénarios, de manière relative aux autres occupations du sol.

Les limites principales de cette approche sont doubles. Tout d'abord, nous avons utilisé dans la construction de scénarios des simulations de demande régionales, obtenues comme le résultat d'un équilibre entre différentes régions en compétition. Si une politique locale vient modifier les paramètres de compétition entre régions, il faudrait pour être tout à fait rigoureux utiliser les deux modèles de façon itérative. Dans notre analyse, nous nous sommes contentés d'une utilisation séquentielle, dans la mesure la politique locale simulée ne modifie que de façon négligeable l'offre de céréales et d'oléagineux de la région. La seconde limite concerne l'élaboration de la politique locale : si les simulations permettent de donner des indications sur les zones où l'adoption de cette mesure est la plus probable, ou sur l'importance de l'incitation à apporter pour que cette auto-sélection corresponde à la zone d'application retenue *a priori*, la modélisation réalisée ne donne que peu d'indications pratiques sur le coût effectif de cette politique (est-il supérieur au bénéfice qu'on en attend ?), ou plus simplement sur les conditions pratiques de sa mise en œuvre.

(Busch, 2006)

References

- Agreste, 2000, Recensement agricole, fiche comparative Région Centre, vol. 2000, Agreste.
Antrop M., 2004, Landscape change and the urbanization process in Europe, *Landscape and Urban Planning*, vol. 67, n° 1-4, p. 9-26.
Barkaoui A., Butault J.-P., 2004, Impacts sur l'offre des régions françaises des différentes options de la réforme de la PAC de 2003, *INRA Sciences sociales*, vol. 4-5, n° 03, p. 6.

- Baudry J., Burel F., Aviron S., Martin M., Ouin A., Pain G., Thenail C., 2003, Temporal variability of connectivity in agricultural landscapes: Do farming activities help?, *Landscape Ecology*, vol. 18, n° 3, p. 303-314.
- Belleflamme P., Picard P., Thisse J.-F., 2000, An economic theory of regional clusters, *Journal of Urban Economics*, vol. 48, p. 158-184.
- Boussemart J.P.e.a., 1996, Prevoir les effets de la reforme de la politique agricole commune sur deux regions agricoles francaises: Application d'un modele bio-economique. (With English summary.), *Canadian Journal of Agricultural Economics*, vol. 44, n° 2, p. 121-138.
- Burel F., Baudry J., 1999, *Ecologie du paysage: concepts, méthodes et applications*, Lavoisier, Paris, 359 p.
- Bürgi M., Hersperger A.M., Schneeberger N., 2005, Driving forces of landscape change - Current and new directions, *Landscape Ecology*, vol. 19, n° 8, p. 857-868.
- Busch G., 2006, Future European agricultural landscapes--What can we learn from existing quantitative land use scenario studies?, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. In Press, Corrected Proof.
- Carsjens G.J., W. van der Knaap, 2002, Strategic land-use allocation: dealing with spatial relationships and fragmentation of agriculture, *Landscape and Urban Planning*, p. 171-179.
- Cheng J., Masser I., 2003, Urban growth pattern modeling: a case study of Wuhan city, PR China, *Landscape and Urban Planning*, vol. 62, n° 4, p. 199-217.
- DATAR, 2003, Quelle France rurale pour 2020 ? Contribution à une nouvelle politique du développement durable, DATAR, Paris, 3 septembre 2003, 59 p.
- Fang S., Gertner G.Z., Sun Z., Anderson A.A., 2005, The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl, *Landscape and Urban Planning*, vol. 73, n° 4, p. 294-306.
- Geoghegan J., Villar S.C., Klepeis P., Mendoza P.M., Ogneva-Himmelberger Y., Chowdhury R.R., Turner I., B. L., Vance C., 2001, Modeling tropical deforestation in the southern Yucatan peninsular region: comparing survey and satellite data, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 85, n° 1-3, p. 25-46.
- Gude P.H., Hansen A.J., Rasker R., Maxwell B., 2006, Rates and drivers of rural residential development in the Greater Yellowstone, *Landscape and Urban Planning*, vol. In Press, Corrected Proof.
- Houghton J., 2005, Place and the implications of 'the local' for sustainability: an investigation of the Ugu District Municipality in South Africa, *Geoforum*, vol. 36, n° 4, p. 418-428.
- INSEE, 2001, Le zonage en aires urbaines en 1999, 4 millions d'habitants en plus dans les aires urbaines, *INSEE Première*, vol. 765, p. 4 p.
- Insee, 2003, Structuration de l'espace rural : une approche par les bassins de vie, rapport de l'INSEE (avec la participation de IFEN, INRA, SCEES) pour la DATAR, Paris, juillet 2003, 56 p.
- Insee Centre, 2005a, Bilan économique et social de la région Centre - année 2004, INSEE, Orléans, juillet 2005, 52 p.
- Insee Centre, 2005b, Portrait de l'aire urbaine de Chartres, Direction régionale de l'Insee Centre, Chartres métropole, Direction régionale de l'Équipement du Centre, Direction départementale de l'Équipement d'Eure et Loir, Centre d'études techniques de l'Équipement Normandie-Centre, Orléans, octobre 2005, 61 p.
- Irwin E.G., Geoghegan J., 2001, Theory, data, methods: developing spatially explicit economic models of land use change, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 85, n° 1-3, p. 7-24.
- Jonas A.E.G., Gibbs D.C., 2003, Changing Local Modes of Economic and Environmental Governance in England: A Tale of Two Areas, *Social Science Quarterly*, vol. 84, n° 4, p. 1018-1037.
- Kelly R., Sirr L., Ratcliffe J., 2004, Futures thinking to achieve sustainable development at local level in Ireland, *Foresight*, vol. 6, n° 2, p. 80-90.
- Loibl W., Toetzer T., 2003, Modeling growth and densification processes in suburban regions--simulation of landscape transition with spatial agents, *Environmental Modelling & Software*, vol. 18, n° 6, p. 553-563.
- Pauwels F., Gulinck H., 2002, Changing minor rural road networks in relation to landscape sustainability and farming practices in West Europe, *Agriculture Ecosystems & Environment*, vol. 77, p. 95-99.

- Rounsevell M.D.A., Berry P.M., Harrison P.A., 2006, Future environmental change impacts on rural land use and biodiversity: a synthesis of the ACCELERATES project, *Environmental Science & Policy*, vol. In Press, Corrected Proof.
- Schermann N., Baudry J., 2002, Analyse descriptive multi-échelle de la structure d'un paysage: Application à la mosaïque d'occupation du sol d'un territoire agricole dans le bocage breton, *Géomatique*, vol. 12, p. 169-186.
- Serneels S., Lambin E.F., 2001, Proximate causes of land-use change in Narok District, Kenya: a spatial statistical model, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 85, n° 1-3, p. 65-81.
- Sharma T., Carmichael J., Klinkenberg B., 2006, Integrated modeling for exploring sustainable agriculture futures, *Futures*, vol. In Press, Corrected Proof.
- Suarez Seoane S., Baudry J., 2002, Scale dependence of spatial patterns and cartography on the detection of landscape change. Relationships with species' perception, *Ecography*, vol. 25, p. 499-511.
- Van Eetvelde V., Antrop M., 2004, Analyzing structural and functional changes of traditional landscapes--two examples from Southern France, *Landscape and Urban Planning*, vol. 67, n° 1-4, p. 79-95.
- van Meijl H., van Rheenen T., Tabeau A., Eickhout B., 2006, The impact of different policy environments on agricultural land use in Europe, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. In Press, Corrected Proof.
- Vandermeulen V., Verspecht A., Van Huylenbroeck G., Meert H., Boulanger A., Van Hecke E., 2006, The importance of the institutional environment on multifunctional farming systems in the peri-urban area of Brussels, *Land Use Policy*, vol. In Press, Corrected Proof.
- Verburg P.H., de Nijs T.C.M., Ritsema van Eck J., Visser H., de Jong K., 2004, A method to analyse neighbourhood characteristics of land use patterns, *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 28, n° 6, p. 667-690.
- Verburg P.H., Soepboer W., Veldkamp A., Limpiada R., Espaldon V., Mastura S.S., 2002, Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model., *Environmental management*, vol. 30, n° 3, p. 391-405.
- Wu F., 2002, Calibration of stochastic cellular automata: The application to rural-urban land conversions, *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 16, n° 8, p. 795-818.