

# OCCUPATION DU SOL ET GESTION DE L'EAU

## Modélisation prospective en paysage agricole fragmenté

par Thomas Houet

Laboratoire GEODE UMR 5602 CNRS  
Université Toulouse 2 - 5 allée Antonio Machado  
31058 Toulouse Cedex  
E-mail : thomas.houet@univ-tlse2.fr

---

*À quoi pourront ressembler les paysages agricoles bretons en 2020-30 ? Cette question, au-delà de son acception esthétique, revêt un intérêt extrêmement important sur le plan environnemental. Si, à l'échelle de la planète, les changements manifestes des modes d'usage des terres (déforestation, urbanisation ...) ont de lourdes répercussions sur l'environnement, des changements plus subtils à l'échelle locale peuvent également induire des dommages importants. Afin de répondre au paradoxe de préservation et d'exploitation d'un milieu contraint (ou anthroposystème), cet article montre de façon succincte l'objectif de ma thèse : mettre en place une méthodologie générique destinée à fournir une vision à moyen et long termes des futurs possibles de petits territoires agricoles pour mettre en évidence des leviers d'action et s'assurer, en fonction des évolutions futures possibles, de l'efficacité et des effets durables des actions en cours et futures. Les résultats obtenus sur le bassin versant du Blavet, sous la forme de scénarios prospectifs spatialisés, ont contribué à aider les gestionnaires de l'eau à identifier des mesures efficaces à moyen ou long terme, mais également à sensibiliser l'ensemble des acteurs concernés à travailler de façon constructive et participative.*

### 1 Introduction

Il est clairement établi que l'évolution de la qualité de l'eau en Bretagne relève des mutations des structures paysagères (bocage, zones humides de fonds de vallées, types d'occupation des sols) (Caubel 2001 ; Viaud 2004) dont les évolutions sont plurielles aux échelles locales. Ainsi, s'il existe un modèle agricole breton (Canevet 1992), il ne gomme pas les particularités locales. De même, la gestion de l'eau constitue une compétence partagée par une multitude d'organismes, relevant d'un mille-feuille de règles. Cela ne facilite pas une gestion de l'eau efficace qui ne se limite plus désormais à des opérations d'ingénierie hydraulique (Narcy 2004), mais intègre les évolutions des usages des sols. Depuis la mise en place de la directive cadre européenne sur l'eau (directive 2000/60/CE), la gestion de l'eau est entrée dans une phase d'obligation de résultats à l'horizon 2015, voire 2027 dans le cas d'améliorations, notoires mais encore insuffisantes, de la qualité des eaux d'ici 2015. Pour être efficace, cette gestion nécessite de prendre en compte les changements qui se produisent à l'échelle de la haie

ou de la parcelle, où l'eau acquiert ses caractéristiques physico-chimiques. Ainsi, les grands enjeux actuels de la gestion de l'eau aux échelles locales et globales reposent notamment sur (1) une gestion spatiale de l'eau à travers une gestion concertée sur les territoires, et notamment de l'utilisation des sols, par les différents acteurs ; (2) la prise en compte d'une réflexion à moyen ou long terme dans une optique de développement durable.

Il est donc nécessaire de doter les aménageurs d'outils d'aide à la décision leur permettant de mener à bien cette gestion durable des territoires agricoles, et notamment de méthodes permettant de prédire dans le temps et dans l'espace l'utilisation des terres agricoles. Un état de l'art des méthodes de modélisation spatiale des changements d'usage des sols a permis de mettre en évidence que, si les modèles prédictifs sont adaptés aux échelles locales (Corgne 2004), ils ne permettent que de simuler des situations à court terme. Les modèles actuels permettant des simulations à long terme ne sont pas, quant à eux, adaptés aux échelles fines. Inversement, la méthode des scénarios en prospective est bien

adaptée à la prise en compte de la dimension temporelle des territoires à long terme, sous la forme de scénarios exploratoires ou normatifs, mais en général elle produit des résultats insuffisamment précis et principalement sous forme de récits. L'enjeu est donc de dépasser les limites des modèles existants en produisant différents types de scénarios prospectifs de l'évolution de l'occupation du sol et des structures paysagères en domaine bocager, utilisables par les gestionnaires et les acteurs locaux. Toutefois, une question fondamentale se pose : comment donner une « spatialité » aux scénarios prospectifs ? Partant du constat que, dans un système, « la difficulté de la détection des changements et de l'identification des causes de changement est accentuée par le décalage entre l'échelle où se passe le changement et l'échelle d'où provient le changement », l'idée est de s'appuyer sur la théorie de la complexité et les concepts et méthodes de la modélisation des systèmes complexes. L'inventaire de toutes ces méthodes, allant de la représentation des états successifs d'un système territorial (chorèmes, SIG) aux simulations dynamiques (automate, SMA) en passant par l'approche systémique, va permettre d'introduire la prise en compte de la dimension spatiale dans la construction de scénarios prospectifs spatialisés aux échelles fines.

## 2 Méthodologie

### 2.1 Adaptation et développement de la « méthode des scénarios »

La « méthode des scénarios » est une méta-méthode de construction de scénarios prospectifs, qui se décompose en deux phases principales : la construction de la « base » et l'élaboration des scénarios (Godet 1992). Elle a été adaptée de façon à intégrer la dimension spatiale tout au long du processus d'élaboration des scénarios. La première étape consiste à choisir des sites d'études représentatifs de la diversité paysagère agricole et/ou des enjeux liés à l'eau. La seconde étape vise à produire « la base », le fond de connaissances, nécessaire à la construction de scénarios. Elle constitue probablement la phase la plus conséquente où (1) les trajectoires d'évolution des paysages sont caractérisées finement à partir de données de télédétection et (2) les facteurs explicatifs des changements observés sont identifiés et hiérarchisés. La méthodologie développée pour construire la base des scénarios est décrite plus en détails dans T. Houet et alii (2008a). La troisième étape consiste, dans un premier temps, à construire les scénarios prospectifs suivant des enjeux de gestion de l'eau différenciés ; ensuite est choisie la méthode utilisée pour spatialiser les scénarios. En effet, cette méthode dépend du

type de scénario adopté (exploratoire ou normatif). Les bases méthodologiques de la construction des scénarios ont pour objectif de définir la gamme des « futurs possibles » à partir d'hypothèses de travail (réforme de la PAC et stratégies contrastées d'adaptation des exploitants, devenirs possibles les plus contrastés). Pour les scénarios exploratoires, une comparaison de huit plateformes différentes permet de s'orienter vers le choix de la plateforme L1 dont l'architecture et le fonctionnement semblaient les plus appropriés (Gaucherel et al. 2007) et qui a été adaptée aux paysages agricoles fragmentés et calibrée en reproduisant la simulation de la période 1981-1998 sur un des sites d'étude (Houet et Gaucherel 2007). Les scénarios normatifs ont, quant à eux, été spatialisés à l'aide d'un SIG et de requêtes multi-critères (Houet et al. 2008b). Enfin, la dernière étape vise à estimer l'apport des scénarios prospectifs spatialisés dans l'évaluation des changements futurs possibles des paysages et de leurs impacts sur la qualité de l'eau ainsi que pour les acteurs locaux. Pour cela, un ensemble de descripteurs qui vont permettre de qualifier l'impact environnemental, notamment sur la qualité de l'eau, sont définis (nombre d'occurrence en maïs, distribution de la surface cumulée de maïs par rapport au réseau hydrographique, etc.). Des modèles spatialement explicites et, pour certains, dynamiques sont également utilisés pour mesurer cet impact (Landbuf, Odissés, Ruicells). L'évaluation de l'apport des scénarios aux acteurs locaux (gestionnaires de l'eau, agriculteurs, etc.) a été réalisée par enquête anonyme auprès de ceux qui ont participé à la journée de restitution des scénarios prospectifs.

### 2.2 Sites d'études

La mise en place du SAGE du bassin versant du Blavet (2000 km<sup>2</sup>), deuxième bassin versant breton par sa superficie, inscrit dans un contexte agricole intensif, a constitué un cadre d'application concret à ces questions de recherche. La méthodologie est appliquée à trois petits sous bassins du Blavet choisis en partenariat avec l'institution interdépartementale du SAGE du Blavet : le Lestolet (13 km<sup>2</sup>, Côtes d'Armor), le Coët-Dan (12 km<sup>2</sup>, Morbihan) et le Stang Varric (15 km<sup>2</sup>, Morbihan) (fig. 1).

## 3 Résultats

Seuls les résultats et conclusions relatifs aux onze scénarios prospectifs spatialisés réalisés sont présentés ici. L'ensemble des résultats est consultable dans T. Houet (2006). La mise en œuvre des scénarios prospectifs exploratoires vise à mettre en évidence les stratégies différenciées d'adaptation à la PAC 2006, conduisant ainsi à élaborer trois scénarios

rios contrastés, pour chacun des sites d'étude, centrés sur l'évolution de l'occupation du sol. Le premier se caractérise par la non adaptation des exploitations à la nouvelle réforme de la PAC de 2006 et donc une stabilité de l'espace. Le second envisage une croissance des surfaces en herbe, et le dernier spécule sur la poursuite de la hausse de la part des cultures de rente (blé). Évidemment, la démarche reste simplificatrice, ce qui est propre au processus de modélisation car, pour chaque scénario, l'ensemble des agriculteurs est censé avoir un comportement identique. Fondé sur la même démarche (adaptation à la PAC 2006), trois autres scénarios sont construits en simulant l'évolution de la taille des exploitations, de la taille du parcellaire et des haies. La spatialisation des résultats engendre les cartes d'évolution de l'occupation du sol entre 1998 et 2020. Les implications spatiales entre le scénario 1 (pas de changement) et le scénario 2 (option herbe) sont évidentes avec une forte hausse des surfaces en herbe. En revanche, le scénario 3 (option culture) ne produit pas des cartes très différentes de celles du scénario 1, ce qui peut sembler décevant dans un premier temps. Mais ce résultat cache une réalité plus complexe. Si l'évolution de la nature de l'occupation du sol est peu marquée, chaque scénario se traduit par un changement de la dynamique des assolements et notamment de la fréquence de retour du maïs sur une parcelle. L'examen des résultats pour les différents bassins est représentatif de la complexité des processus de changements subtils des modes d'usage des sols et met en perspective les interactions entre les facteurs de changements et cela à différents niveaux scalaires. Ainsi, les changements des modes d'occupation et d'utilisation des sols à l'échelle d'un territoire agricole tel qu'un bassin versant, dépendent essentiellement de la mosaïque des exploitations agricoles. Cette mosaïque se caractérise à la fois par les différents systèmes de production, par la structure foncière des exploitations et leur imbrication. D'autre part, les changements liés à l'agrandissement des exploitations agricoles sont plus subtils mais restent potentiellement dommageables pour les ressources en eau et riches de sens pour les aménageurs (arase-ment de haies, croissance des îlots cultivés, risque de pollution). Il a été notamment possible de révéler un facteur « structurel » de risque de dégradation de la qualité des eaux dépendant de la configuration de la structure spatiale des exploitations agricoles par rapport au réseau hydrographique : plus les parcelles situées à proximité des cours d'eau correspondent à des parcelles éloignées par rapport au siège de l'exploitation dont elles dépendent, plus le risque sera important.

Les scénarios prospectifs normatifs s'attachent à décrire des images du futur très contrastées (scénario idéal, scénario catastrophique, scénario alternatif) et à étudier les processus d'évolution qui conduisent à l'une ou l'autre de ces situations. Le processus de modélisation est ici inverse au cas précédent (scénarios exploratoires) qui partait de la situation de 1998 (fig. 2a) pour créer les images du futur en 2027. La construction des scénarios normatifs s'effectue de façon rétrospective en partant d'images théoriques finales, fondées sur le croisement d'hypothèses plausibles et contrastées pour chacune des composantes paysagères (bocage, zone humide et occupation des sols), et en reconstituant le cheminement jusqu'à la situation actuelle. Les trois scénarios produits exclusivement sur le Lestolet ont mis en évidence le fait que, dans un contexte économique structurant et contraignant, les relations entre les acteurs locaux et les gestionnaires de l'eau peuvent entraîner des modes d'usage des sols fort différents. Un premier scénario projette ainsi un développement généralisé des cultures OGM (biocarburants, alimentation cheptel, cultures de rente) accompagnant la production laitière qui se fait alors sous forme d'élevages hors-sol, la fermeture quasi-totale des zones humides des fonds de vallées et une forte disparition des haies situées sur les versants (fig. 2b). Ce scénario est dans le prolongement des trajectoires paysagères observées depuis les années 1980 et est jugé le plus probable par les acteurs locaux. Le second envisage une gestion fonctionnelle optimale qui se traduit par le maintien et l'aménagement d'un bocage fonctionnel, une reconquête maximale des zones humides et la généralisation des surfaces en herbe résultant d'un changement des modes de production (extensification), largement accompagné par les structures agricoles en place et soutenu par l'Agence de l'eau (fig. 2c). Le dernier scénario envisage une évolution radicale des modes d'usage des sols : le territoire du Lestolet n'a plus de réelle vocation agricole et est devenu un espace largement privatisé. Les paysages ne sont guère différents du scénario précédent mais le paysage social et économique est exsangue, la dévitalisation du tissu rural sévère (fig. 2d). Au final, les investissements humains et financiers nécessaires à une gestion durable de l'eau sont importants tant pour les gestionnaires de l'eau que pour les acteurs locaux. Il apparaît que seules des synergies entre ces acteurs peuvent permettre d'éviter des évolutions aux conséquences potentiellement dramatiques tant sur la ressource en eau que sur le tissu rural, résultant le plus souvent des usages des sols, individuels et non concertés, par les différents acteurs du territoire.

## 4 Conclusion

Cet article présente succinctement des travaux de recherche de doctorat portant sur la mise en place d'une méthodologie générique pour la construction de scénarios prospectifs spatialisés. Au final, il apparaît que les deux démarches, exploratoire et normative, sont complémentaires : la première est sans

doute plus efficace pour décrire les processus de changement, la seconde permet de prendre plus de recul face aux enjeux généraux de la gestion de l'eau. Seule une approche combinée a permis d'établir un ensemble de préconisations pour aider à mettre en place des mesures de gestion de l'eau plus efficaces à moyen et long termes.

## Bibliographie

**Caubel V.**, 2001, *Influence de la haie de ceinture de fond de vallées sur les transferts d'eau et de nitrate*, thèse de doctorat, École nationale supérieure d'agronomie de Rennes, 155 p.

**Canevet C.**, 1992, *Le modèle agricole breton*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 397 p.

**Corgne S.**, 2004, *Modélisation prédictive de l'occupation des sols en contexte agricole intensif : application à la couverture hivernale des sols en Bretagne*, thèse de doctorat, Université de Rennes 2, 226 p.

**Gauchere C., Giboire N., Viaud V., Houet T., Baudry J. et Burel F.**, 2006, "A domain specific language for patchy landscape modelling : the Brittany agricultural mosaic as a case study", *Ecological Modelling*, vol. 194, n°1-3, p. 233-243.

**Godet M.**, 1992, *De l'anticipation à l'action*, Paris, Dunod, 390 p.

**Houet T.**, 2006, *Occupation des sols et gestion de l'eau : modélisation prospective en paysage agricole fragmenté (Application au SAGE du Blavet)*, thèse de doctorat, Université Rennes 2, 368 p.

**Houet T. et Gauchere C.**, 2007, « Simulation dynamique et spatialement explicite d'un paysage agricole bocager: Validation sur un petit bassin versant breton sur la période 1981-1998 », *Revue Internationale de géomatique*, vol. 17/3-4, p. 491-516.

**Houet T., Hubert-Moy L. et Tissot C.**, 2008a, « Modélisation prospective spatialisée à l'échelle locale: approche méthodologique », *Revue internationale de géomatique*, vol. 18/3, p. 345-373.

**Houet T., Hubert-Moy L., Corgne S. et Marchand J.-P.**, 2008b, « Approche systémique du fonctionnement d'un territoire agricole bocager », *L'espace géographique*, vol. 2008-3, p. 270-286

**Narcy J.-B.**, 2004, *Pour une gestion spatiale de l'eau : comment sortir du tuyau ?*, Ecopolis n° 4, Bruxelles, 342 p.

**Viaud V.**, 2004, *Organisation spatiale des paysages bocagers et flux d'eau et de nutriments*, thèse de doctorat, École nationale supérieure d'agronomie de Rennes, 281 p.

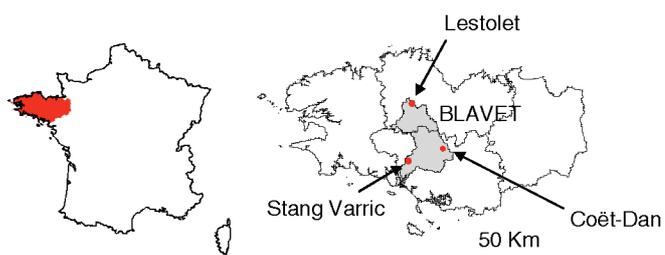


Figure 1 : Localisation des sites d'étude

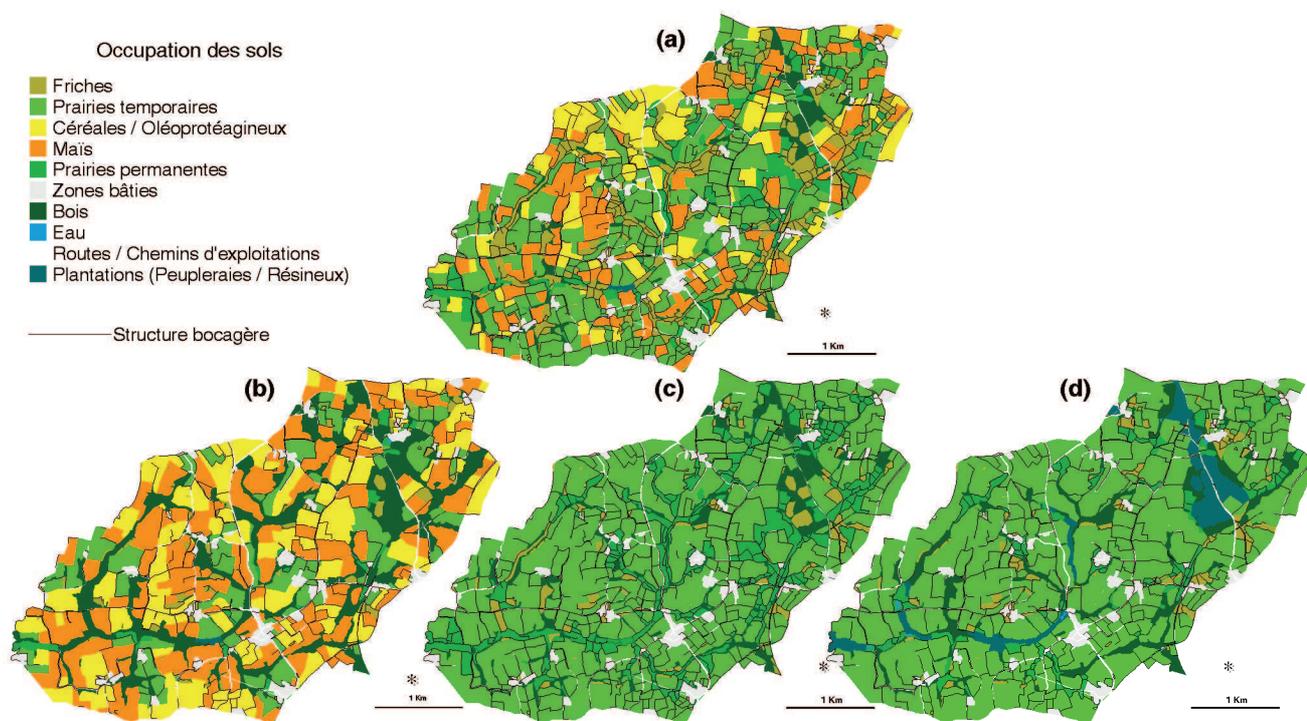


Figure 2 : Les images du Lestolet en (a) 1998 et 2027 pour les trois scénarios normatifs (b, c, d).