

QUAND LE GEOGRAPHE FAIT DU SOL UNE INTERFACE ESSENTIELLE ENTRE AGRICULTURE DURABLE, SOCIETE ET ENVIRONNEMENT EXEMPLE DE DEUX ETUDES DE CAS TRAITEES EN BASSENORMANDIE (FRANCE)

Patrick Le Gouée, Maxime Marie, Olivier Cantat, Abdelkrim Bensaïd

▶ **To cite this version:**

Patrick Le Gouée, Maxime Marie, Olivier Cantat, Abdelkrim Bensaïd. QUAND LE GEOGRAPHE FAIT DU SOL UNE INTERFACE ESSENTIELLE ENTRE AGRICULTURE DURABLE, SOCIETE ET ENVIRONNEMENT EXEMPLE DE DEUX ETUDES DE CAS TRAITEES EN BASSENORMANDIE (FRANCE). ISDA 2010, Jun 2010, Montpellier, France. 10 p. hal-00521286

HAL Id: hal-00521286
https://hal.science/hal-00521286

Submitted on 27 Sep 2010

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.

ISDA 2010 Agriculture and Food
Innovation et Développement Durable
dans l'Agriculture et l'Agroalimentaire
Montpellier – France
28 Juin – 1er Juillet 2010
w w w . i s d a 2 0 1 0 . n e t



QUAND LE GEOGRAPHE FAIT DU SOL UNE INTERFACE ESSENTIELLE ENTRE AGRICULTURE DURABLE, SOCIETE ET ENVIRONNEMENT

EXEMPLE DE DEUX ETUDES DE CAS TRAITEES EN BASSE-NORMANDIE (FRANCE)

Patrick LE GOUÉE*, Maxime MARIE**, Olivier CANTAT***, Abdelkrim BENSAÏD****

* Esplanade de la Paix. 14 032 Caen Cedex. Université de Caen Basse-Normandie.
patrick.legouee@unicaen.fr
** Esplanade de la Paix. 14 032 Caen Cedex. Université de Caen Basse-Normandie.
maxime.marie@unicaen.fr
*** Esplanade de la Paix. 14 032 Caen Cedex. Université de Caen Basse-Normandie.
olivier.cantat@unicaen.fr
**** Esplanade de la Paix. 14 032 Caen Cedex. Université de Caen Basse-Normandie.
abdelkrim.bensaid@unicaen.fr

Résumé — Le sol est une ressource naturelle vitale au même titre que l'eau. Reconnu comme une interface majeure dans l'environnement, il constitue tout à la fois un véritable système écologique, un réservoir de biodiversité, un support passif des activités urbaines et industrielles ainsi qu'un facteur essentiel de productions agricoles et sylvicoles. Pour ces raisons, le sol constitue un patrimoine dont la gestion durable doit s'imposer comme une priorité tant au niveau local, national qu'international. Cette position se justifie aussi par l'accélération et la multiplication des formes de dégradation anthropique des sols depuis une cinquantaine d'années. Dans un contexte actuel de réchauffement climatique perturbant à moyen et long terme les composantes naturelles et les pratiques humaines des milieux, cette position se justifie également dans la mesure où le sol est considéré de plus en plus comme un patrimoine dont la protection permettra de renforcer la résilience des fonctions environnementales et sociétales des territoires. A partir de deux études de cas développées en Basse-Normandie (1) la première abordant la question de l'adéquation des pratiques agricoles actuelles face au changement climatique annoncé, (2) la seconde se positionnant sur les enjeux agri-environnementaux liés à la consommation du foncier agricole par l'étalement urbain, il s'agit de montrer comment le géographe peut s'approprier les connaissances sur les sols pour développer des applications originales, soulignant la nécessité que cette ressource naturelle soit reconnue par les organismes décisionnels locaux et régionaux et par les acteurs économiques comme une interface incontournable entre agriculture durable, société et environnement.

Mots clés : sol, géographie, interface, société, agriculture durable

Abstract — When the geographer takes the soil like an interface between sustainable agriculture, society and environment. Example of two case studies in Basse-Normandie (France).The soil is a vital natural resource as well as water. Recognized like a major interface in the environment, it represents a true ecological system, a wealth of biodiversity, a passive support of the urban and

industrial activities. It is also a crucial factor of agricultural and forestry productions. So, the soil is connected with an patrimony whose sustainable management must be essential like a priority so much at the local level, national that international. This position has been also justified by the acceleration and the multiplication of the forms of anthropic degradation of the soils since fifty years. In a current context of climate warming disturbing, in the medium and long term, the natural components and the human practices of the environment, this position is also justified insofar as the soil is considered more and more as a patrimony whose protection will allow us to reinforce the resiliency of the environmental and societal functions of the territories. From two studies carried out in Basse-Normandie, this paper try to show how the geographer can acquire the knowledge on soils to develop original applications. The first one broach the issues of climate change for farming practices. The second one deals with the agri-environmental issues related to consumption of agricultural land by urban sprawl. The aims of this paper is to demonstrate the need for this natural resource to be recognized by decision-making bodies and regional and local economic actors as a vital interface between sustainable agriculture, society and environment.

Key words: soil, geography, interface, society, sustainable agriculture

INTRODUCTION

Le sol est une ressource naturelle dont les propriétés et les fonctions sont indispensables à la présence et à la pérennité des écosystèmes et des sociétés humaines. Classiquement, le sol comme objet de recherche est l'affaire des pédologues et des agronomes. Les travaux qui lui sont dédiés démontrent que cette ressource est tout à la fois un véritable système écologique, un réservoir de biodiversité, un support passif des activités urbaines et industrielles ainsi qu'un facteur essentiel de productions agricoles et sylvicoles. Or, paradoxalement, ces travaux montrent aussi que cette composante essentielle des milieux enregistre une accélération et une multiplication des formes de dégradation anthropique.

A partir de deux études de cas développées en Basse-Normandie (1) la première abordant la question de l'adéquation des pratiques agricoles actuelles face au changement climatique annoncé, (2) la seconde se positionnant sur les enjeux agri-environnementaux liés à la consommation du foncier agricole par l'étalement urbain, il s'agit de montrer comment le géographe peut s'approprier les connaissances sur les sols pour développer des applications originales, soulignant la nécessité que cette ressource naturelle soit reconnue par les organismes décisionnels locaux et régionaux et par les acteurs économiques comme une interface incontournable entre agriculture durable, société et environnement.

1. LA SENSIBILITÉ DES SYSTÈMES DE PRODUCTION AGRICOLE NORMAND FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE (2000-2100)

1.1. Le changement climatique en Normandie : données globales et régionales

Les travaux du GIEC (2007) font ressortir 4 scénarii prédictifs du changement climatique. Pour étudier la sensibilité de l'agriculture normande face au changement climatique, nous nous sommes appuyés sur les projections de 3 scénarii : un scénario correspondant à un contexte socio-économique orienté vers une croissance et une économie équilibrées et basé sur une évolution mondiale cohérente (A1B), un scénario plus « pessimiste » (A2) et un scénario plus optimiste (B1).

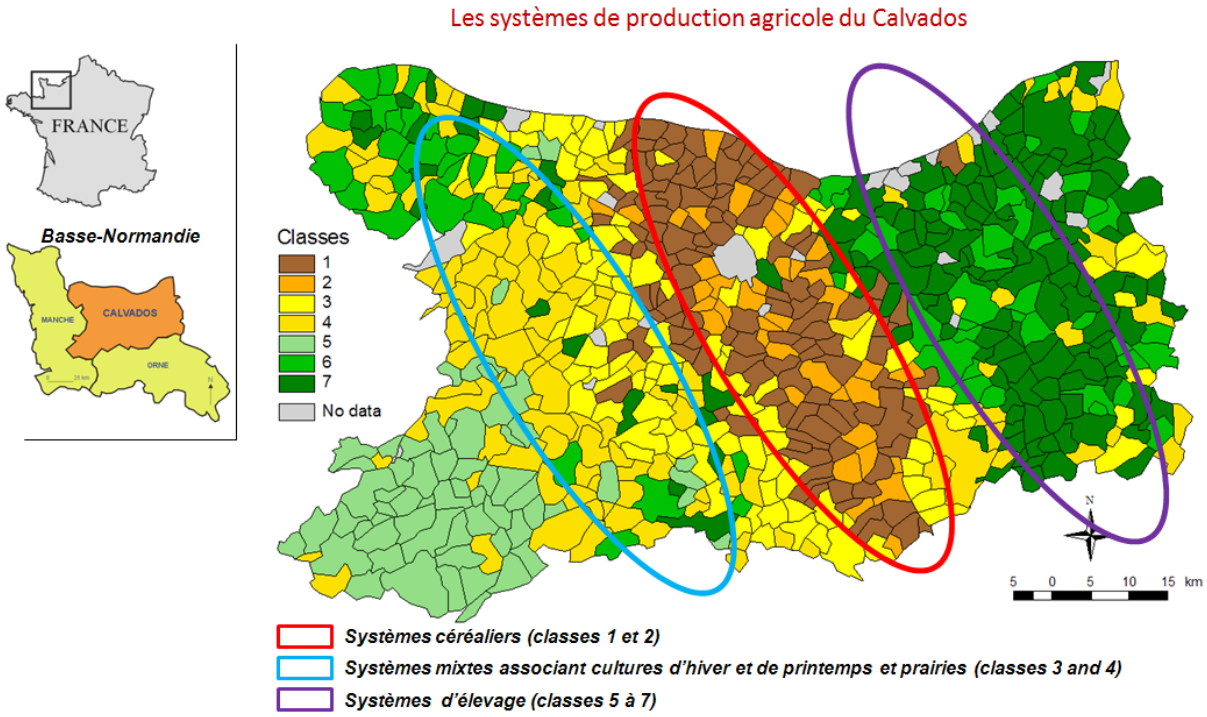
Les conclusions du scénario A1B révèlent pour la Normandie une augmentation annuelle des températures de l'ordre de 2,8° C d'ici à 2100 (Cantat *et al.*, 2009), le réchauffement étant plus intense l'été (+ 3,2° C). Concernant les précipitations, les cumuls annuels demeureraient stables masquant toutefois une opposition de tendance à l'échelle saisonnière : +9% l'hiver et -21% l'été (Cantat *et al.*, 2009). D'après les travaux de Cloppet *et*

al. (2009), les scénarii A2 et B1 à l'horizon 2070-2099 témoignent pour la Normandie d'un climat qui serait très différent d'aujourd'hui. On passerait ainsi d'un climat régional caractérisé par la fraîcheur et une humidité importante à un temps marqué par une évapotranspiration, des températures minimales et maximales ainsi qu'une vitesse du vent et un rayonnement solaire plus élevés.

1.2. L'impact du changement climatique sur les productions agricoles : état des connaissances

Le cas du Calvados (Figure 1) montre que les systèmes de production agricole normands sont très contrastés (Gain, 2007), rappelant à la fois les systèmes de grandes cultures et les systèmes d'élevage, dans un contexte géographique où le passage d'un système à un autre peut se faire de manière très rapide dans l'espace. Quelles peuvent être les conséquences du changement climatique sur les productions agricoles de ces différents systèmes ?

Figure 1. Les systèmes de production agricole du Calvados



Source (Gain, 2007)

Concernant les grandes cultures de printemps (maïs grain et maïs fourrage en sec), en considérant des itinéraires adaptés, des réserves utiles importantes (200 mm) et une augmentation de la teneur en CO2, il apparaitrait, selon les scénarii B1 et A2, que les rendements en région augmenteraient dans un futur proche (2020-2049) puis diminueraient dans un futur lointain (2070-2099) pour revenir à des niveaux comparables aux rendements actuels (Moreau et Lorgeou, 2007, Lacroix et al., 2009).

Pour les grandes cultures d'hiver de type blé, il ressort de travaux récents (Gate, 2007 et 2009) que, quels que soient les scénarii (A2 et B2) et pour des réserves utiles moyennes (70 mm) et fortes (150 mm), la perte de PMG (poids de 1000 grains) pour le Nord-Ouest de la France serait peu préjudiciable dans un futur proche (2020-2049) par rapport aux productions actuelles et très significative dans un futur lointain (2070-2099).

Enfin, à propos des prairies, les travaux de Ruget et Brisson (2007) montrent que, dans le Grand-Ouest de la France, la production annuelle de prairies de graminées augmenterait en A2 proche (2020-2049) et A2 et B1 lointain (2070-2099) sur sol à forte réserve utile. Sur sol à faible réserve utile, on noterait une diminution des productions en A2 et B1 lointain avec des résultats de production moindre qu'aujourd'hui.

1.3. Méthode d'évaluation et de cartographie de la sécheresse des sols agricoles pour la période actuelle et pour 2100 : l'exemple du Calvados

Le changement climatique régional, envisagé selon les différents scénarii, se traduira par un renforcement du déficit hydrique dont on sait qu'il intervient sur la production de biomasse. Le diagnostic d'échelle fine de la sécheresse des sols agricoles à l'horizon 2100 est donc très important pour appréhender la sensibilité des différents systèmes de production agricole normands. Cette démarche repose notamment sur l'élaboration des données spatialisées relatives aux sols. A titre d'exemple, ce travail a été mené pour le Calvados qui, comme la quasi-totalité des départements français, ne bénéficie pas d'une base de données pédologiques à haute résolution spatiale.

La cartographie d'échelle fine des sols du Calvados (Le Gouée *et al.,* 2010) a été obtenue à partir de la réalisation de près de 8000 sondages de terrain qui ont permis d'identifier et de localiser tous les types de sol rencontrés dans ce département. Le passage de données ponctuelles à la cartographie des couvertures pédologiques repose sur la mobilisation des concepts de lithoséquences, de toposéquences, de chronoséquences, de bioséquences et de climatoséquences. La carte des sols s'accompagne d'une base de données numériques à partir de laquelle nous avons pu dresser la carte des réserves utiles qui est l'une des entrées permettant de diagnostiquer la sécheresse des sols.

Pour estimer cette sécheresse à l'échelle locale et en tous points de l'espace, il est également nécessaire d'évaluer avec précision l'évapotranspiration potentielle. La première étape a alors consisté à déterminer le rayonnement global à partir de l'algorithme développé par Rich *et al.* (1994) et Fu et Rich (2002) au moyen d'un Système d'Information Géographique. Cet algorithme prend en compte la déclivité et l'exposition des versants, la hauteur solaire et la durée du jour. La seconde étape a porté sur l'intégration des données du rayonnement global dans la formule de Turc modifiée afin d'obtenir les données d'évapotranspiration.

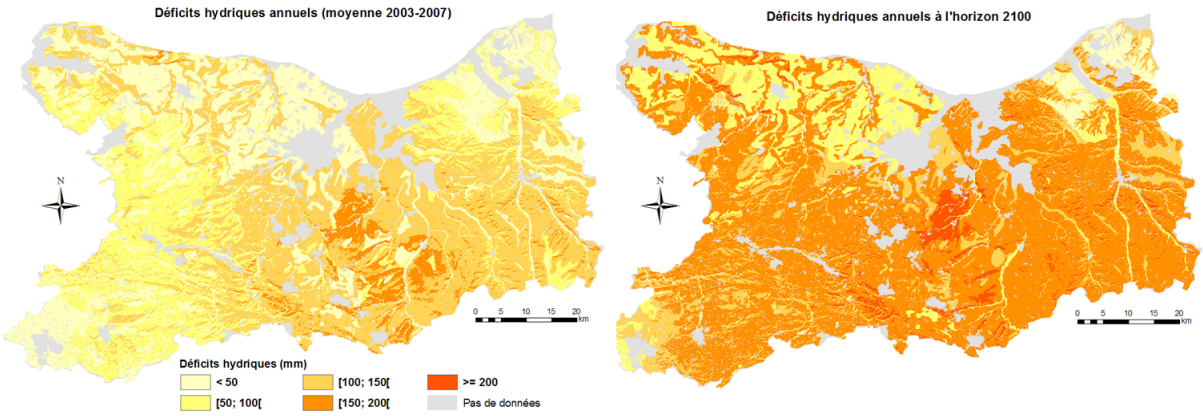
A partir des bases de données spatialisées relatives aux réserves utiles, aux précipitations (Météo France) et aux conditions évapotranspiratoires, nous avons développé un algorithme de calcul sous SIG permettant de cartographier toutes les modalités du bilan hydrique avec un niveau de précision au 1/25 000. L'estimation et la cartographie de la sécheresse des sols pour la période actuelle et pour 2100 selon le scénario A1B ont été réalisées à partir de requêtes des bases de données pédologiques et climatiques.

1.4. Résultats

Pour la période actuelle (figure 2, à gauche), les résultats montrent que, dans le Calvados, la sécheresse des sols agricoles de faible intensité (déficits entre 0-50 mm) concerne un peu plus de 1100 km², soit le tiers de la superficie des surfaces agricoles déclarées (3500 km²). La sécheresse édaphique de forte intensité (déficits ≥ 150 mm) apparaît très circonscrite puisqu'elle ne s'étend que sur 182 km² (environ 5% de la SAU déclarée). Les résultats obtenus pour 2100 sont particulièrement alarmants (figure 2, à droite). Ils témoignent d'un

accroissement spectaculaire des surfaces agricoles touchées par une sécheresse des sols de forte intensité. Celles-ci représenteraient près de 2500 km², soit 70% de la SAU déclarée.

Figure 2. La sécheresse des sols : période actuelle et horizon 2100



Source (Le Gouée et al., 2010)

En croisant la carte des déficits hydriques pour 2100 avec celle des systèmes de production agricole, il est possible d'avancer quelques éléments de réponse concernant la résilience de ces systèmes sur la base des itinéraires techniques actuels. On notera ainsi que :

- les systèmes agricoles (classes 1,3, 4 et 6) situés dans la partie septentrionale du Calvados devraient être relativement épargnés par l'accentuation attendue de la sécheresse des sols. Cependant, il faut nuancer ce propos en précisant, qu'à l'intérieur de ce secteur, on pourrait observer des situations très différentes à l'échelle de l'exploitation agricole, certaines étant directement concernées par des niveaux de sécheresse élevés.
- en systèmes céréaliers (classes 1 et 2), il apparaitrait une nette opposition entre les exploitations septentrionales et méridionales, ces dernières pouvant être confrontées à des déficits hydriques importants susceptibles d'impacter les rendements.
- globalement, les pertes de production pour les systèmes mixtes et d'élevage (classes 4 à 7) pourraient être les plus significatives compte tenu des fortes intensités de déficit hydrique et de la nature des couverts végétaux (maïs fourrage en sec et prairie à graminées). L'économie agricole départementale devrait être d'autant plus affectée que ces systèmes couvrent aujourd'hui près de 80% de la SAU du Calvados. Pour les systèmes renvoyant aux classes 4 et 5, la question de la pratique d'une culture irriguée pour le maïs fourrage pourrait se poser.

2. CONSÉQUENCES AGRI-ENVIRONNEMENTALES DE LA CONSOMMATION DU FONCIER AGRICOLE LIÉE A L'ÉTALEMENT URBAIN RÉCENT

2.1. L'étalement urbain récent : enjeux et premiers bilans

Le projet de directive-cadre sur la protection des sols, adopté en première lecture le 14 novembre 2007 par les députés européens, témoigne de la nécessité de lutter contre l'une des principales menaces : l'artificialisation des sols. Celle-ci a pour origine l'étalement urbain. Le développement des réseaux de transport, des espaces industriels et commerciaux, des espaces résidentiels, de services et récréatifs, se font principalement aux dépends des terres agricoles. Les conséquences de l'étalement urbain sur les sols sont importantes. Il occasionne la perte de fonction de régulation des eaux météoriques, la perte des fonctions d'épuration-filtration, il réduit l'espace de vie de nombreuses espèces édaphiques et isole

celles-ci en fragmentant le paysage. Plus encore, il annule le potentiel agricole des sols et réduit la capacité de production alimentaire des espaces ruraux.

Si les documents de planification intègrent aujourd'hui des informations concernant la richesse du patrimoine naturel ou la qualité des eaux, ils ne prennent que très rarement en compte la qualité agronomique des sols. Or, les outils d'aménagement du territoire (SCOT, PLU, cartes communales, CU en zones agricoles, plan agricole et rural…) peuvent remettre en cause le mode de gestion des espaces (urbains, naturels, ruraux) et déboucher sur des recompositions de territoires et de nouvelles dynamiques territoriales affectant l'utilisation agricole des sols. Par conséquent, il est nécessaire de pouvoir apporter aux acteurs et décideurs du territoire des éléments de sensibilisation sur la question de la consommation du foncier agricole liée à l'étalement urbain. Il est également indispensable de produire des connaissances nouvelles dédiées à la préservation durable des terres agricoles à haute valeur agronomique dans les espaces menacés par l'artificialisation des sols.

Selon le constat de l'Agence Européenne de l'Environnement dressé pour 23 pays de l'Union européenne (AEE, 2005), près de 800 000 hectares de terres ont été artificialisées entre 1990 et 2000, cela correspondant à une croissance de près de 7% des surfaces artificialisées. Selon cette étude, près de 85% des terres artificialisées avaient auparavant une fonction de production agricole. En France, les travaux de Laroche *et al*. (2006) rappellent que, selon Corine Land Cover, l'artificialisation a augmenté de près de 5% entre 1990 et 2000. Cette croissance tient principalement au développement des zones industrielles et commerciales et se produit globalement en périphérie des villes.

Au niveau régional et sur la base de traitements d'informations relatives aux notifications de vente, aux données cadastrales et aux données TERUTI et TERUTILUCAS, la Safer de Basse-Normandie révèle que, de 1982 à 2004, les surfaces urbanisées ont progressé de 40 % et ce, au détriment des terres agricoles. 50% des surfaces consommées par l'étalement urbain ont été le fait de la construction de logements alors que les besoins industriels et commerciaux et les besoins d'infrastructures ont consommé respectivement 30% et 20% des sols agricoles. Il ressort enfin de ces traitements que, de 2000 à 2009, la Basse-Normandie a perdu 3 % de sa surface agricole utile, soit un peu moins de 40.000 ha sur 10 ans.

2.2. L'étude DÉMÉTER : objectifs et méthode

Les traitements évoqués précédemment à propos de la Basse-Normandie donnent une idée générale de l'étalement urbain au niveau régional. Pour aller plus loin dans la compréhension du phénomène, nous avons développé le programme DÉMÉTER (Diagnostic gÉographique et Maîtrise de l'ÉTalement urbain dans les Espaces Ruraux) sur l'ensemble du Calvados. Celui-ci s'articule autour de 3 objectifs : 1° dresser un état des lieux, sur une période récente d'une dizaine d'années, de la consommation du foncier agricole liée à l'étalement urbain, 2° apporter une méthodologie originale et des connaissances nouvelles pour diagnostiquer l'étalement urbain dans le Calvados et mesurer ses conséquences agri-environnementales, 3° proposer un outil d'aide à la décision en matière d'aménagement territorial raisonné.

Le diagnostic de la consommation du foncier agricole lié à l'étalement urbain a été mené à partir d'un travail exhaustif de photo-interprétation sur l'ensemble du territoire du Calvados, soit 5 500 km². Cette démarche a permis d'identifier les anciens usages agricoles que nous avons regroupés en 5 classes : cultures, prairies, vergers, espaces boisés, friches. Un travail similaire a été effectué à propos des modalités d'urbanisation. Celui-ci fait ressortir 6 classes : logement individuel dispersé, logement individuel et semi-collectif groupé (lotissement), zone économique, espaces de loisirs, infrastructure de communication

(voierie), modalités inconnues (travaux en cours). Le diagnostic a été posé pour la période 1998-2006. Cela correspond dans la plupart des communes de ce département à la mise en place d'un cycle d'urbanisation. Par ailleurs, les supports à la photo-interprétation (photographies aériennes et orthophotoplans) pouvaient être mis à disposition.

Les conséquences agronomiques et environnementales ont porté sur une évaluation de la qualité des terres agricoles qui ont été consommées et sur le risque d'érosion hydrique susceptible d'affecter les nouvelles modalités urbaines.

Concernant les conséquences agronomiques, la base de données des sols du Calvados, présentée à propos de la première étude de cas, a été utilisée pour mettre au point le modèle NGQS (Notes Globales de Qualité des Sols, Figure 3). Celui-ci permet d'apprécier le potentiel de production agricole des sols à partir de facteurs édaphiques (épaisseur et texture des sols), topographique (déclivité des versants) et pédo-climatique (déficit hydrique). Pour chaque facteur, on définit une note de qualité (NQ) en associant à chacune des 6 modalités une note allant de 1 (très faible qualité) à 6 (excellente qualité). La sommation des notes puis leur classification conduit à définir la NGQS. Cette note peut être abaissée en affectant des points de pénalité lorsque le sol présente une charge caillouteuse et/ou une hydromorphie. Par dire d'experts, il est alors possible de mettre en relation les NGQS avec des potentiels de production agricoles concernant des rendements céréaliers et fourragers (cultures fourragères et herbages).

Figure3. Le modèle NGQS

Epaisseur		Déficit hydrique		Pentes		Texture	
cm	NQ	mm	NQ	%	NQ	Jamagne	NQ
<10	1	≥ 140	1	<1	6	LAS	6
[10; 30[	2	[110; 140[	2	[1; 2[	5	LSA/LA/LM	5
[30; 50[	3	[90; 110[	3	[2; 5[	4	LMS/LS/AS/AL	4
[50; 80[	4	[60; 90[	4	[5; 10[	3	LL/LLS/SA/	3
[80; 120[	5	[20; 60[	5	[10; 20[	2	SL/S/A	2
>= 120	6	< 20	6	>= 20	1	Alo	1

Hydromorphie		EG	
Classes	P	%	P
1	0	[10; 20[	-1
2	-1	[20; 40[	-2
3	-2	>= 40	-3
4	-2		
5	-3		
6	-4		

Sommation = note globale (de 4 à 24)		Appréciation de la qualités des sols
Sommation	NGQS	
[4; 7[	1	Très faible
[7; 10[	2	Faible
[10; 14[	3	Moyenne
[14; 18[	4	Bonne
[18; 22[	5	Très bonne
> =22	6	Excellente

Potentiel agronomique des sols		
Rdts céréales	Rdts C. fourr.	Rdts prairies
Qtx ha^{-1}	T/MS ha^{-1}	T/MS ha^{-1}
65	11	6
75	13	7
85	15	8
95	17	9
105	19	10
115	21	11

Source (Le Gouée P., 2009. Non encore publiée)

En superposant les surfaces consommées à la NGQS des sols du Calvados, il est alors possible d'apprécier la qualité des terres qui ont été consommées et d'estimer, en 2006 par rapport à 1998, la perte potentielle de production des sols urbanisés en équivalant quintaux céréaliers et équivalant tonnes de matière sèche (cultures fourragères et herbages).

Concernant les conséquences environnementales, un travail préalable (Le Gouée *et al.*, 2010) a permis de cartographier, à l'échelle de la parcelle agricole et pour le Calvados, l'aléa érosion des sols. Au moyen d'un SIG, nous avons pu affecter à chaque zone urbanisée entre 1998 et 2006 un niveau de risque d'érosion. Pour cela, nous leur avons attribuée la valeur de

l'aléa érosion de la parcelle agricole située en amont et se trouvant le plus au contact de la zone urbanisée (cf. doc.).

Compte tenu du haut niveau de résolution spatiale des bases de données relatives aux zones nouvellement urbanisées, aux NGQS et aux niveaux d'aléa érosion, nous avons pu proposer un outil d'aide à la décision en matière de création ou de révision de documents d'urbanisme à l'échelle des cartes communales, des PLU ou des SCOT. Ces nouveaux éléments doivent pouvoir guider avec plus de pertinence les arbitrages à venir à propos des zones agricoles à urbaniser en intégrant dans les réflexions la protection des meilleures terres agricoles et des futures infrastructures urbaines.

2. 3. Résultats

Entre 1998 et 2006, l'étalement urbain dans le Calvados a consommé un peu plus de 5100 ha de terres agricoles, ce qui représente l'équivalent de la surface de 6 communes du département, 7285 terrains de football ou encore l'emprise au sol d'une autoroute longue de 500 km. L'urbanisation s'est produite au détriment principalement des prairies (2940 ha consommés) et des cultures (1692 ha). Les logements individuels dispersés, les logements individuels et semi-collectifs groupés et les zones économiques ont consommé respectivement 28%, 25% et 23% des terres agricoles urbanisées.

En 2006, la perte potentielle de production céréalière s'est élevée à 153 000 quintaux par rapport à 1998, ce qui représente près de 2% de la production céréalière moyenne du département. Les pertes de production en fourrages (cultures et herbages) ont atteint 22 000 tonnes de matière sèche. Par ailleurs, les terres de qualités bonne, très bonne et excellente qui ont été consommées par l'urbanisation correspondent à 45% de la totalité des surfaces agricoles perdues. Enfin, l'étalement urbain a généré une augmentation des surfaces à risque important d'érosion hydrique de l'ordre de 850 ha.

Les cas des communes de Troarn (Figure 4, à gauche) et de Périers-sur-le-Dan (Figure 4, à droite.) montrent que les bases de données NGQS et aléa érosion des sols peuvent aider les acteurs du territoire à mieux concevoir les arbitrages en matière d'urbanisme. L'exemple de Troarn montre que les terres consommées entre 1998 et 2006 étaient caractérisées comme étant des bonnes terres agricoles. La connaissance de la diversité de la qualité des terres sur cette commune peut conduire à des arbitrages favorisant dorénavant la préservation de ces bons sols. L'exemple de Périers-sur-le-Dan, traduit un contexte de pression élevé sur les zones urbanisées lié à l'érosion hydrique. Les données proposées permettent d'orienter l'urbanisation sur des secteurs à pression nulle à faible et/ou de mobiliser les agriculteurs pour adopter des pratiques d'abaissement de l'aléa érosion des sols.

Figure 4. Les données NGQS et aléa érosion pour orienter l'urbanisation



* Surfaces urbanisées

Source (Le Gouée P., 2009. Non encore publiée)

CONCLUSION

A partir de deux études de cas normandes traitant de la sensibilité des systèmes de production agricoles au changement climatique et du bilan et des conséquences agri-environnementales de la consommation du foncier agricole liée à l'étalement urbain récent, il s'est agi de montrer comment le géographe peut s'approprier l'objet SOL, classiquement étudié par le pédologue et l'agronome, pour en faire une interface essentielle entre agriculture durable, société et environnement.

L'originalité et les contributions de ces deux actions de recherche à l'innovation et au développement durable sont multiples.
1° En France, la ressource en sol n'est pas considérée de manière courante par le géographe comme un objet de recherche à part entière. Il s'agit donc ici d'une posture nouvelle.
2° Les deux études de cas débouchent sur des résultats cartographiques de finesse locale couvrant un territoire de 5500km². Il n'est pas fréquent de disposer de données nouvelles très précises sur des espaces aussi vastes.
3° Il s'agit de démontrer aux acteurs et décideurs locaux et régionaux que la prise en compte des sols dans la gestion des territoires contribue à préserver cette ressource environnementale et soutenir une réflexion élargie sur la durabilité en agriculture.
4° Les études de cas permettent de montrer que la valorisation géographique des données de sol participe au développement de nouveaux savoirs tant au niveau de la régionalisation des problèmes agronomiques qu'au niveau de la durabilité des exploitations agricoles.
5° L'interdisciplinarité développée dans une approche géographique permet, au regard du changement climatique par exemple et en mobilisant les SIG, de créer un savoir local et communautaire pour soutenir des actions intégratives associant les chercheurs, les organismes institutionnels et les acteurs économiques.

Les exemples cités démontrent que la maîtrise et la combinaison de différents types de savoirs et de savoir-faire permettent, dans une démarche de création, de développer de

l'innovation au service de thématiques de recherche tournées vers le développement durable. Le géographe démontre ici que son positionnement scientifique, tant sur le plan des problématiques de recherche que sur les développements méthodologiques et la création de données et d'outils, révèle une position et une démarche interdisciplinaire puisqu'il est fondamentalement au contact des sciences et des sciences sociales et au cœur des interrogations et des attentes de la société.

Remerciements
Les auteurs souhaitent remercier le programme PSDR GO DYTEFORT et sa responsable Christine Margétic pour avoir soutenu ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

AEE, 2005. *The European environment - State and outlook 2005*, EEA, Office for Official Publications of the European Communities, 570 p.

CANTAT O., LE GOUÉE P., BENSAÏD A., 2009. Communication orale CNFG, « Climat et Société », Besançon, 2009.

CLOPPET E., GATE P., LACROIX B., LORGEOU J., MOREAU J.C., POISSON S., RUGET F., SOUVERAIN F., 2009. *Programme ACTA changements climatiques,* synthèse, compte-rendu d'étude.

FU P., RICH P.M., 2002. A geometric solar radiation model with application in agriculture and forestry, *Computers and Electronics in Agriculture*, 37, pp. 25-35.

GAIN N., 2007. *Les rotations culturales et la gestion des intercultures dans le département du Calvados : de la production de données à leur intégration dans le modèle environnemental SCALES*, Mémoire de Master 1. UFR de Géographie, Université de Caen Basse-Normandie, 193 p.

GIEC, 2007. *Climate change 2007: the physical science basis*, Summary for policymakers. Contribution of WG I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate change, website: ipcc.ch.

LACROIX B., RUGET F., LORGEOU J., SOUVERAIN F., 2009. Impact du changement climatique sur maïs grain et maïs fourrage. Questions posées et pistes d'adaptation, Colloque Changement climatique : Conséquences et enseignements pour les grandes cultures et l'élevage herbivore, *Recueil de communications*, pp. 73-84.

RUGET F., BRISSON N., 2007. Modéliser l'impact de la sécheresse sur la production fourragère par le modèle STICS, in : Journée AFPF – *Productions fourragères et adaptations à la sécheresse*, 2007, pp. 47-56.

LAROCHE B., THORETTE J., LACASSIN J-CL., 2006. L'artificialisation des sols : pressions urbaines et inventaire des sols, *Etude et Gestion des Sols*, 13, 3, pp. 223-236

LE GOUÉE P., DELAHAYE D., BERMOND M., MARIE M., DOUVINET J., VIEL V., 2009. SCALES : a large-scale assessment model of soil erosion hazard in Basse-Normandie (Northern-Western France), *Earth Surface Processes and Landforms* (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/esp.1942.

LE GOUÉE P., CANTAT O., BENSAÏD A., SAVOURET E., 2010. La sensibilité des systèmes de production agricole en Normandie face au changement climatique (2000-2100). Actes du Colloque de l'Association Internationale de Climatologie (à paraître, sept. 2010)

MOREAU J.C., LORGEOU J., 2007. Premiers éléments de prospectives sur les conséquences des changements climatiques, *Fourrages*, 191, pp. 285-296.

RICH P.M., DUBAYAH R., HETRICK W.A., SAVING S.C., 1994. Using viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology, *American Society for Photogrammetric and Remote Sensing*, Technical papers, pp. 524-529.