



PROFIL ENVIRONNEMENTAL DE BASSE-NORMANDIE



Les sols



DREAL BN

“ Les sols nourrissent l’humanité ”



Réalisation de la thématique

Ce document a été conçu grâce à la contribution de nombreux rédacteurs issus de services spécialisés dans le domaine de l'environnement. Il présente un état des lieux des sols bas-normands. Compte tenu de l'état de la connaissance et de l'importance du thème considéré, ce recueil ne peut être exhaustif. Il prend en compte les données qui ont été transmises par les acteurs mobilisés. Les services de l'État ont coordonné l'ensemble des travaux. Une rubrique internet dédiée permet l'actualisation et l'enrichissement de ce document grâce à son réseau de contributeurs.

Directeur de publication : Jean Charbonniaud, Préfet de la région Basse-Normandie, Préfet du Calvados

Directrice de la rédaction : Caroline Guillaume, Directrice régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Basse-Normandie (DREAL)

Cadrage : Michel Guéry, Ludovic Genet, Philippe Surville (DREAL)

Conception et management : Sandrine Hélicher (DREAL)

Développement graphique et mise en page : Séverine Bernard (DREAL)

Direction technique et expertise : Frédéric Gresselin (DREAL)

Rédaction

Un patrimoine riche, issu d'une évolution de plusieurs millénaires : Frédéric Gresselin (DREAL), Patrick Le Gouée (Université de Caen Basse-Normandie et association Vigisols)

Les fonctionnalités des sols, les pressions et menaces, les risques :

Sylvie Boutten (DREAL), Chloé Caillé (Autorité de Sûreté Nucléaire), Olivier Cantat (Université de Caen Basse-Normandie), Frédéric Gresselin (DREAL), Patrick Le Gouée (Université de Caen Basse-Normandie et association Vigisols), Pascal Lombezzi (DRAAF), Mathieu Morel (DREAL), Arnaud Pichonneau (DREAL), François Quesnel (DRAAF)

Avec les contributions : de Florence Magliocca et Fabrice Parais (DREAL)

Relecture

Conseil régional de Basse-Normandie : Isabelle Bureau

DREAL : François Anfray, Nathalie Desruelles (Tassements différentiels), Patrick Galineau, Olivier Lagneaux, Karine Lerouillois, Marie-Josée Lopez-Jollé

Institut Régional pour le Développement Durable : Sophie Raous

Ecovia : Roland Thaler

Secrétariat général aux Affaires régionales : Vincent Rivasseau

Cartographies : Julien Defenouillères, Ecovia, Frédéric Gresselin, Patrick Le Gouée

Photographies : Cet ouvrage a bénéficié de la transmission de photos de la part de nombreux contributeurs. Les droits de reproduction ont été accordés spécifiquement pour l'usage du profil environnemental. Toute reproduction complémentaire pour d'autres utilisations nécessite l'accord des auteurs.

ISBN : en cours

La réalisation de ce document a bénéficié de financements de l'Union Européenne (FEDER) et de l'État (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie).



Sandrine Hélicher/DREAL BN

La rapidité avec laquelle un sol peut être détruit contraste avec la lenteur de sa formation. S'il est dépourvu de vie, un sol meurt, il ne peut donc plus remplir ses fonctionnalités écologiques. Or, **les sols nourrissent l'humanité**. Ils produisent, entretiennent, accumulent l'ensemble des éléments nécessaires à la vie. C'est dire l'enjeu qui est lié à cette composante essentielle de l'écosystème.

Très minces au regard des différentes couches qui composent le globe terrestre, les sols sont une interface clé avec les autres composantes de l'environnement. Issus du socle géologique ou de sédiments, transportés par les vents et les cours d'eau, ils sont en constante relation avec l'air, l'eau, les organismes vivants... Avec le temps, les sols s'épaississent, se modifient : ils acquièrent des constituants (matières organiques, argiles...), des êtres vivants et des structures qui permettent de les caractériser, de les rendre fertiles et de les utiliser de manière durable.

Epiderme vivant et vital de nos surfaces terrestres, le sol est une ressource non renouvelable à l'échelle humaine. Il provient de la décomposition et de l'altération des roches par l'action de l'eau, de l'air et des êtres vivants sur de très longues périodes. La fabrication d'un sol s'étend sur plusieurs centaines voire plusieurs milliers d'années.

En Basse-Normandie, **leur formation a débuté il y a environ 10 000 ans**, à l'issue de la dernière glaciation, lorsque l'augmentation des températures a « réveillé » l'activité biologique nécessaire à leur formation. Depuis quelques décennies, ils font l'objet de pressions très fortes qui en altèrent considérablement le fonctionnement et mettent en jeu leur devenir.

La préservation des sols est un enjeu essentiel. Il convient donc de considérer leur gestion et leur conservation avec une très grande attention dans l'ensemble des politiques locales.

1

Un patrimoine riche, issu d'une évolution de plusieurs millénaires

7

- Une ressource naturelle vivante et vitale, non renouvelable à l'échelle humaine
- Les grands types de sols bas-normands
- L'observation des sols en Basse-Normandie

2

Les fonctionnalités des sols

25

- Un moteur de vie et de recyclage
- Un rôle de réservoir
- Une fonction d'épuration et de régulation
- Un support de développement pour les activités humaines

3

Les principales altérations des sols

39

- L'artificialisation des sols
- Les altérations physiques des sols : l'érosion
- Les altérations chimiques
- La radioactivité
- Les sites et sols pollués identifiés en Basse-Normandie

4

Les risques

- La diminution de la capacité productive des sols
- Les tassements différentiels

5

Synthèse et enjeux

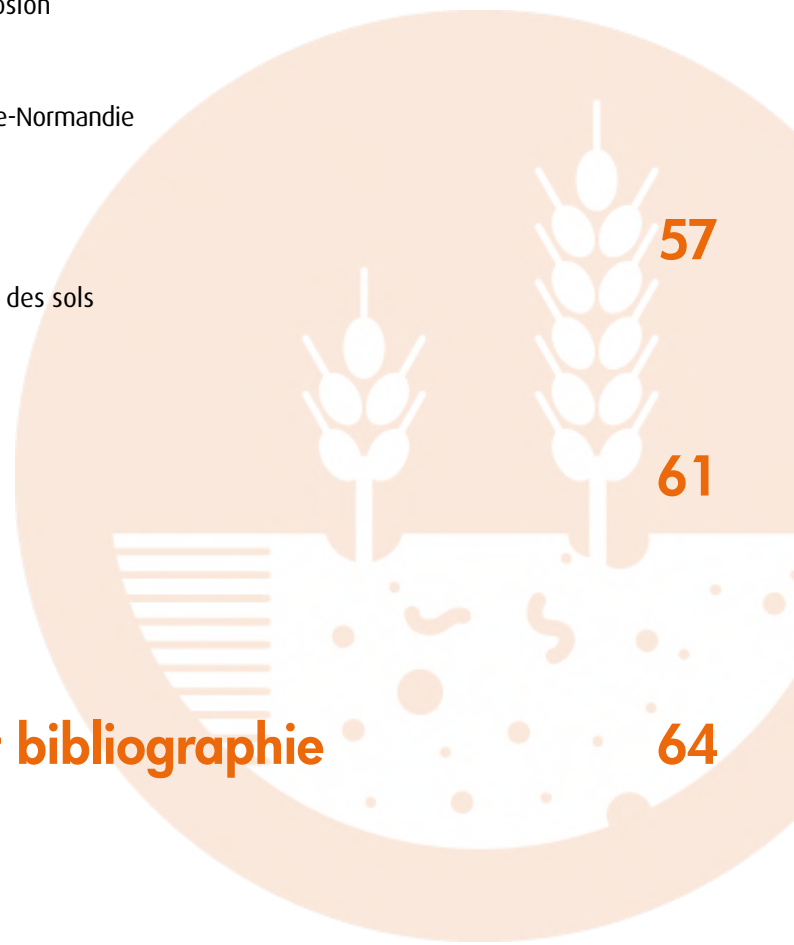
- Chiffres clés
- Grilles « AFOM »
- Enjeux et orientations

6

Acteurs régionaux et bibliographie

64

- Acteurs régionaux
- Bibliographie



1. Un patrimoine riche, issu d'une évolution de plusieurs millénaires

Le sol a longtemps été considéré comme le simple support de nos activités humaines : agriculture, urbanisme... Or, c'est une ressource essentielle, fragile et vitale qui a été considérablement altérée lors des dernières décennies. Ses nombreuses fonctionnalités commencent à être mieux connues aujourd'hui.

Face aux différentes sources de pollutions, les sols ont un rôle essentiel à jouer : ils sont au cœur des processus de résilience des écosystèmes (cf. encadré).

À découvrir dans ce chapitre

- ▶ Une ressource naturelle vivante et vitale, non renouvelable à l'échelle humaine
- ▶ Les grands types de sols bas-normands
- ▶ L'observation des sols en Basse-Normandie

1 Une ressource naturelle vivante et vitale, non renouvelable à l'échelle humaine

Le sol est une ressource naturelle vitale au même titre que l'air et 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 des activités urbaines et industrielles ;
- un facteur essentiel de productions agricoles et sylvicoles ;
- un réservoir patrimonial (mémoire des civilisations).

Pour ces raisons, le sol constitue un patrimoine dont la gestion durable doit s'imposer comme une priorité. Or, depuis une cinquantaine d'années, on observe une accélération et une multiplication des formes de dégradation liées à l'activité humaine.

Qu'est-ce qu'un sol ?

Le sol est la couche superficielle, meuble, de la croûte terrestre. Il s'étend en volume :

- verticalement depuis la surface jusqu'au front de roche altérée ;
- horizontalement, de façon quasi continue à la surface des continents, interrompu principalement par les affleurements rocheux, les cours d'eau, les constructions humaines et les glaciers.

L'épaisseur d'un sol est très variable : de quelques centimètres à plusieurs mètres. Le sol repose sur une roche qui peut être dure ou meuble (formation superficielle).

Le sol se forme principalement à partir de la roche mère (socle géologique), sa spécificité provient de l'association qui existe entre les constituants minéraux issus de la roche et les apports organiques d'origine végétale et animale.

?

Définition

La résilience

En écologie, le terme de résilience fait référence à « la capacité d'un écosystème à absorber un changement perturbant (pollutions...) et à se réorganiser tout en conservant ses fonctionnalités majeures, sa structure, son positionnement et ses capacités réactionnelles. »

Dans le contexte des communautés humaines, la résilience peut exprimer la capacité à se réorganiser lors d'une pénurie et à répondre à cette crise en s'adaptant.

Sol calcaire formé à partir de la roche mère



Sandrine Héricher/DREAL BN

Les conditions de formation et d'évolution des sols : la pédogenèse

Les roches ne peuvent pas affleurer à la surface sans être transformées : elles sont instables dans les conditions environnementales qui règnent à la surface du globe (pression, température...). Elles se transforment par fragmentation ou dissolution. Cette altération conduit à la formation d'altérites. La roche mère est encore reconnaissable.

Puis, sous l'effet notamment du climat et de l'activité biologique, **l'assemblage des constituants évolue et les structures de la roche de départ deviennent méconnaissables : le sol se forme, c'est la pédogenèse.**

La formation d'un sol résulte ainsi de l'interaction de 6 facteurs :

- la nature du matériau géologique ;
- le climat ;
- l'activité biologique ;
- le temps ;
- le relief ;
- l'activité humaine.

L'importance relative de chacun de ces facteurs varie dans le temps et l'espace.

Le **matériau géologique** peut se présenter sous la forme de roches cohérentes, comme les granites, les calcaires ou bien encore les schistes, ou sous la forme de roches meubles à l'image des loess et des alluvions.

Les **conditions climatiques** agissent sur la désagrégation physique de la roche entraînant un fractionnement mécanique et la formation de fragments de plus en plus petits.

La **faune et la flore** provoquent une altération biochimique des minéraux initiaux se traduisant par des nouvelles formations (minéraux secondaires) telles que l'argile. Dans les régions froides, la formation de l'altérite résulte avant tout de la désagrégation physique alors que dans les régions chaudes du globe, celle-ci dépend principalement de l'altération biochimique.

Les processus de désagrégation physique et d'altération biochimique doivent être **durables** pour que la pédogenèse se mette en place. **On considère que la durée nécessaire pour qu'un sol se développe d'un centimètre en épaisseur varie d'une cinquantaine d'années à plusieurs siècles.** Ainsi, les sols actuels des régions tempérées sont issus d'une histoire de plusieurs centaines à plusieurs milliers d'années. C'est pourquoi cette ressource naturelle n'est plus considérée aujourd'hui comme une ressource renouvelable compte tenu des activités humaines qui épuisent le sol plus vite qu'il ne peut se renouveler.

Les **caractéristiques topographiques** des étendues terrestres constituent un autre facteur essentiel de la formation d'un sol. Les conditions d'exposition, de pente, de forme des versants tout comme les conditions de site (sommet, milieu de versant, fond de vallée...) interviennent dans la redistribution des flux d'énergie (chaleur) et de matière (eau).

Enfin, **l'homme** joue un rôle essentiel sur le milieu qu'il exploite. Les modalités d'occupation du territoire et les pratiques de gestion des espaces peuvent intervenir à différents degrés sur les processus de la constitution des sols.



Sandrine Héricher/DREAL BN

L'observation d'un sol

L'observation d'un sol se fait en général par le biais d'une **tarière manuelle** qui permet d'extraire des échantillons de terre (carottes). Associés les uns aux autres, ces échantillons permettent de visualiser le sol dans sa profondeur. L'ouverture d'une fosse pédologique au moyen d'engins mécaniques complète cette approche.

Les différents niveaux d'organisation

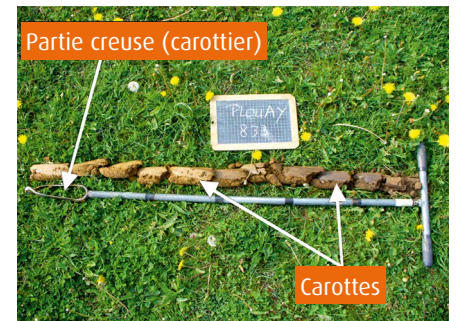
Le sol est organisé en plusieurs couches distinctes, appelées « horizons », dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres. Les horizons se distinguent par des critères de couleur, de texture et de structure. Chacun est caractérisé par des propriétés spécifiques. Les horizons situés dans la partie supérieure du sol forment un ensemble nommé « l'épisolum ». La partie inférieure réunit ce que l'on appelle « les horizons profonds ».

Evrecy (14)



Séverine Bernard/DREAL BN

Sol reconstitué au moyen d'une tarière à main



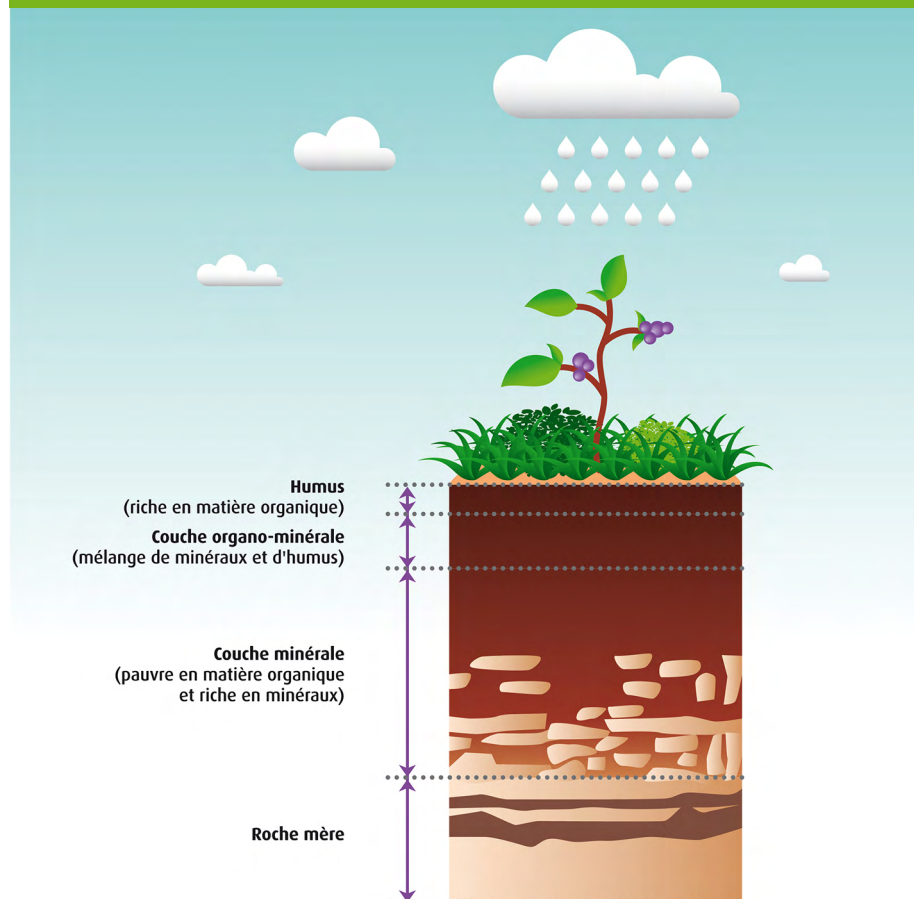
Patrick Le Gouée

Ouverture d'une fosse pédologique au moyen d'une pelle mécanique



Patrick Le Gouée

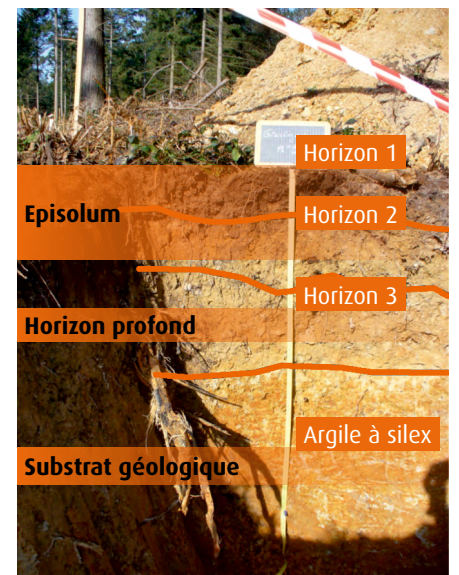
Les horizons d'un sol



Réalisation : DREAL de Basse-Normandie et Agence Bingo

Les zones de couleurs et de structures différentes sont les horizons. Un drainage du sol s'effectue naturellement : les substances solubles sont entraînées vers le bas (les ions minéraux notamment) : c'est le lessivage

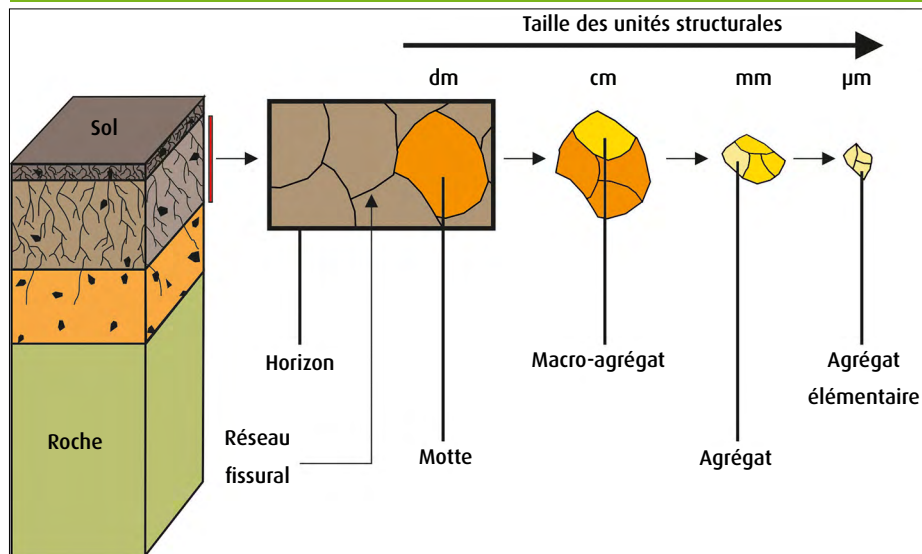
Organisation générale d'un sol : les horizons



Patrick Le Gouée

A un niveau plus fin, l'observation du sol montre qu'il est constitué d'une juxtaposition d'éléments structuraux : mottes, macro-agrégats, agrégats et agrégats élémentaires.

Organisation d'un sol : une juxtaposition d'éléments



Patrick Le Gouée

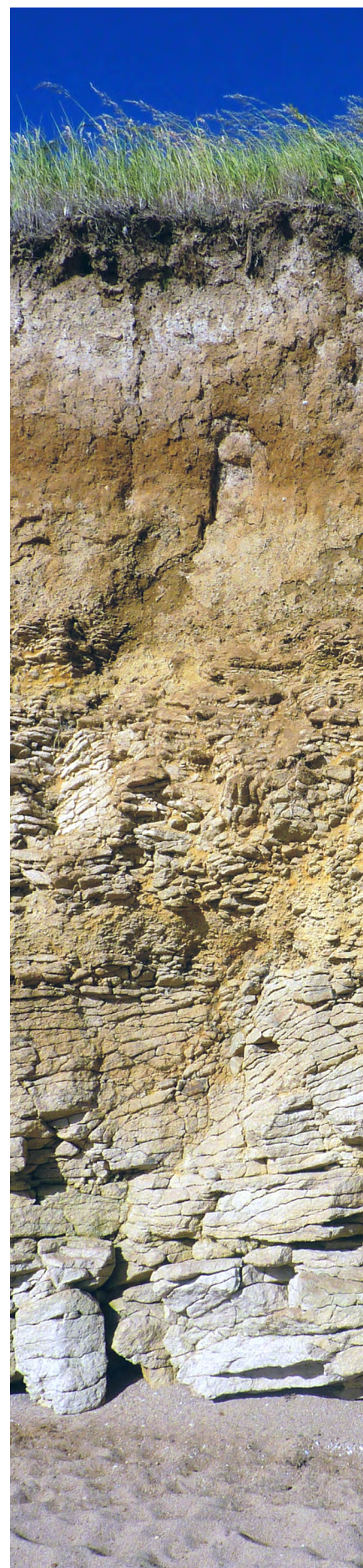
La manière dont les particules minérales sont agencées entre-elles caractérise la **structure d'un sol**.

On distingue :

- la **structure compacte**, dans laquelle les éléments du sol sont très cohérents ce qui limite la présence de pores où l'eau et l'air peuvent circuler ;
- la **structure particulaire**, où les éléments sont libres entre-eux ce qui confère une grande porosité au sol ;
- la **structure fragmentaire** qui présente des agrégats plus ou moins solidement liés avec de nombreuses lacunes favorisant l'oxygénation et le drainage du sol.

Cette organisation résulte de l'activité biologique et du comportement de certains constituants, comme les argiles, dont le volume varie selon l'état hydrique du sol. Ainsi, en phase de dessèchement, ces constituants se rétractent et génèrent un réseau de fissures complexes.

Falaises de Lion-sur-Mer



Séverine Bernard/DREAL BN

La biodiversité des sols

Le sol constitue un **habitat abritant une grande diversité d'organismes vivants** : on parle de **pédoflore** pour les végétaux et de **pédofaune** pour les espèces animales.

La flore du sol : pédoflore

On trouve dans le sol des **micro-organismes invisibles à l'œil nu** tels que des bactéries, des champignons ou des algues unicellulaires, considérés par les spécialistes comme de la « flore ». Ces micro-organismes représentent jusqu'à 90 % en masse des organismes vivants du sol. Ils sont très impliqués dans la plupart de ses fonctions :

- ils décomposent la matière organique en la transformant en nutriments ;
- ils participent à l'altération des minéraux, à la structuration du sol et à la dégradation des polluants.

Leur abondance et leur diversité varient en fonction des caractéristiques naturelles du sol, des conditions climatiques et des usages qui en sont faits. La microflore est le premier élément d'une chaîne très complexe dont le fonctionnement repose principalement sur la décomposition de la matière organique accumulée.

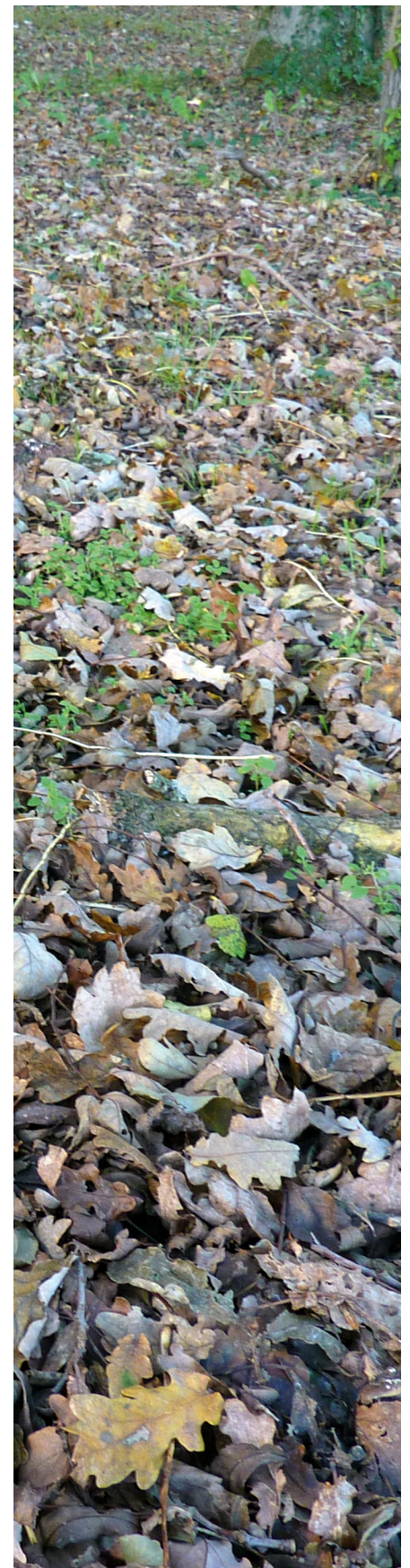
La connaissance de la pédoflore de Basse-Normandie reste assez limitée. La carte de France des densités microbiennes, estimées à partir de la quantité d'ADN contenu dans les sols, permet d'en cerner néanmoins quelques caractéristiques générales.

La densité microbienne des sols de Basse-Normandie semble se positionner dans la moyenne nationale. Elle est considérée comme plus faible que celle des sols montagneux (Alpes, Pyrénées) ou de Champagne-Ardennes et de Lorraine, deux régions qui disposent pourtant d'un substrat géologique comparable au nôtre.

Cependant, d'après la littérature scientifique, les plus fortes densités microbiennes correspondent généralement à des sols argileux, basiques (pH élevé) et riches en carbone organique. Les sols sous prairie disposent par ailleurs d'une densité microbienne bien supérieure à celle des sols cultivés ou de vignobles.

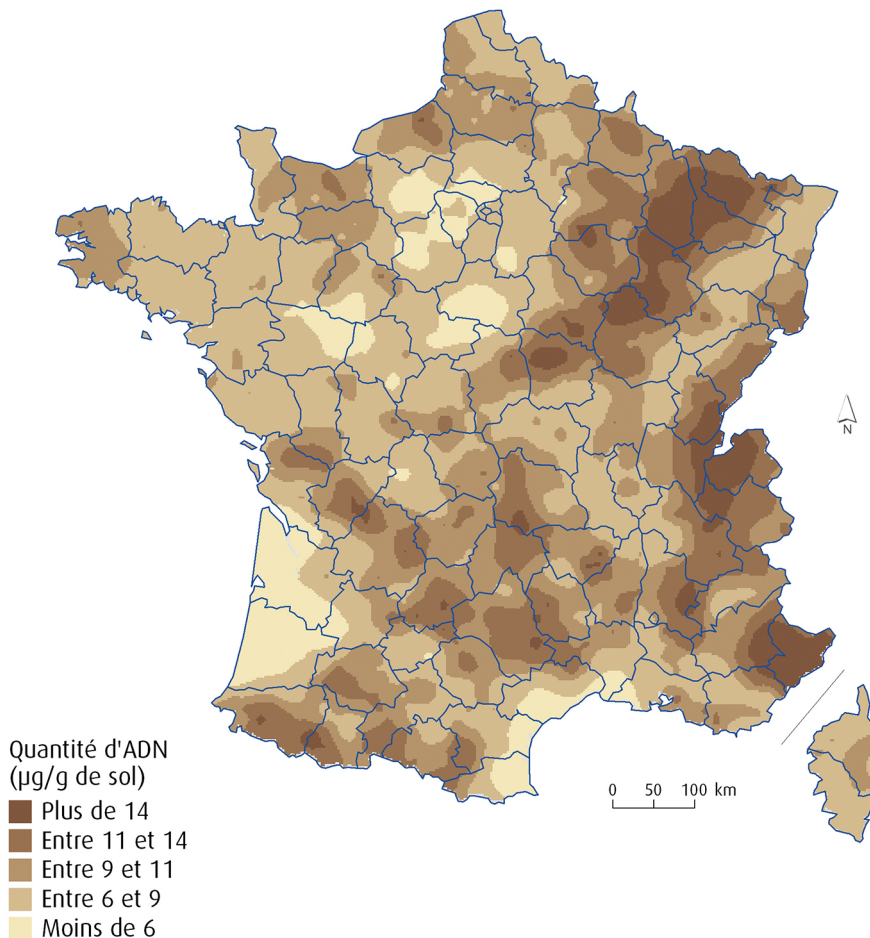
Selon ces principes, les sols les plus riches devraient donc être, à l'échelle régionale, ceux qui couvrent la partie occidentale du Pays d'Auge, du Pays d'Ouche et du Perche. De nombreuses prairies y subsistent. Le substrat, relativement riche en calcium, est favorable à un pH neutre ou basique. En tout état de cause, ces conditions montrent l'intérêt qu'il y aurait à améliorer la connaissance de terrain dans ce domaine.

Un milieu vivant



Séverine Bernard / DREAL BN

Densité microbienne des sols



Source : © Inra Dijon, plateforme GenoSol - Gis Sol, 2012. Traitements : Gis Sol - SOeS, 2012.

La densité microbienne des sols de France métropolitaine a été analysée pour 1 900 sites sur les 2 200 que compte le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS). Elle est estimée par la quantité d'ADN extraite des échantillons de sol provenant de la première campagne de mesures (2000-2009).

Cloporte



Fabrice Parais et Florence Magliocca/DREAL BN

Collembole



Fabrice Parais et Florence Magliocca/DREAL BN

Iule



Fabrice Parais et Florence Magliocca/DREAL BN

Geophile



Fabrice Parais et Florence Magliocca/DREAL BN

La faune du sol : pédofaune

Les espèces de la pédofaune sont classiquement regroupées en trois classes :

- la microfaune (les protozoaires, les nématodes, les rotifères, les tardigrades...) ;
- la mésofaune (acariens et collemboles principalement) ;
- et la macrofaune (arthropodes, annélidés...).

Aucune donnée très précise n'existe dans la région sur les organismes vivant dans le sol. Concernant les vers de terre, qui disposent d'un métabolisme endocrinien nécessitant du calcium, les populations doivent *a priori* être plus denses à l'Est qu'à l'Ouest. Leur densité moyenne est estimée en France à environ une tonne par hectare, certaines prairies pouvant en contenir jusqu'à quatre tonnes.

Une étude régionale spécifique serait nécessaire pour mesurer l'impact des activités humaines sur le territoire. Les sols sont notamment impactés par :

- l'utilisation de pesticides qui agissent également sur les espèces non ciblées ;
- l'usage des engrais minéraux, qui entraîne une baisse de la diversité biologique ;

- le travail mécanique du sol, qui, dans certaines conditions, peut en détériorer la structure.

La fertilisation avec les formes ammoniacales de l'azote contribue par exemple à en assurer une acidification.

Certaines pratiques, *a contrario*, permettent d'améliorer la biodiversité des sols, en particulier le développement, depuis une vingtaine d'années de la simplification du travail du sol. Celui-ci engendre en effet une moindre perturbation des organismes vivants par rapport au labour.

Acariens



Fabrice Parais et Florence Magliocca/DREAL BN

Faune et flore du sol : ordres de grandeur par famille

Girard MC et al. *Sols et Environnement*. 2005

		Nombre d'espèces	Taille	Abondance	Biomasse (g/m ²)	Régime alimentaire
Faune du sol						
Microfaune (Microphages consommateur des colonies bactériennes)	Nématodes	65	0,1 à 5 mm	10 ⁶ à 10 ⁸ /m ²	1 à 30 g/m ²	Champignons, bactéries, débris organiques, algues (action de prédation stimulant le renouvellement de la microflore)
	Protozoaires	68	0,2 mm	10 ³ à 10 ¹¹ /m ²	6 à >30 g/m ²	
Mésafaune (Broyeurs de feuilles)	Arthropodes inférieurs et enchytraéides	Arthropodes : 140 Enchytraéides : 36	de 0,2 à 0,4 mm	2x10 ⁴ à 4x10 ⁵ /m ²	0,2 à 400 g/m ²	Résidus de végétaux, champignons, bactéries, cadavres d'invertébrés
Macrofaune (« ingénieurs de l'écosystème » : fragmentation des matières organiques et brassage avec les matières minérales)	Lombrics, araignées, myriapodes (mille-pattes), fourmis...	Lombrics : 11 Myriapodes : 6 ...	Taille > 4 mm (ex : lombrics : 3 à 30 cm, jusqu'à 1 m)	Lombrics : 10 à 10 ³ /m ² Myriapodes : 20 à 700/m ²	Lombrics : 20 à 400 g/m ² Myriapodes : 0,5 à 12,5 g/m ²	Résidus de végétaux, champignons, bactéries, cadavres d'invertébrés
Microflore du sol (micro-organismes)						
Bactéries	Indispensables au fonctionnement des cycles du carbone et de l'azote	10 ⁴ génotypes microbiens différents/g de sol	0,01 à 0,05 mm	10 ⁸ à 10 ⁹ /g de sol	2 à 200 g/m ²	Matière organique, azote atmosphérique
Champignons	Dégradent la matière organique morte		< 1 micromètre	10 ⁴ à 10 ⁶ /g de sol	100 à 150 g/m ²	Résidus de végétaux, parasite ou symbiote mycorhysien
Algues	Capables de créer de la matière organique à partir d'éléments minéraux		0,2 mm	10 ² à 10 ⁴ /g de sol	5 à 20 g/m ²	

Les constituants du sol

Particules élémentaires et éléments grossiers

Un sol se décrit également à travers la composition et l'importance des **particules minérales qui le constituent**. Celles-ci peuvent être de grande taille, supérieure à 2 mm de diamètre, et qualifiées alors d'éléments grossiers. Ils s'agit de graviers, de pierres ou de blocs dont la présence définit la charge caillouteuse du sol.

En-dessous de 2 mm, ces éléments sont dénommés « **particules élémentaires** ». En fonction de leur taille, elles sont classées en limons, sables ou argiles. Leur part respective permet de déterminer la **texture du sol**.

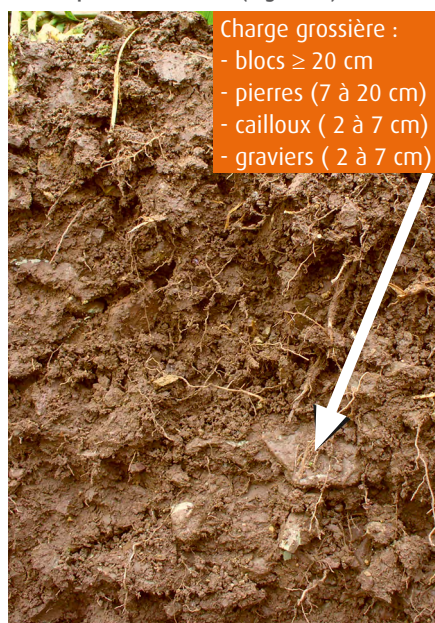
Cette **texture** influence :

- la capacité de réserve en eau utile pour les végétaux ;
- les échanges d'eau et de gaz entre le sol et l'atmosphère ;
- et les modalités de distribution des organismes du sol.

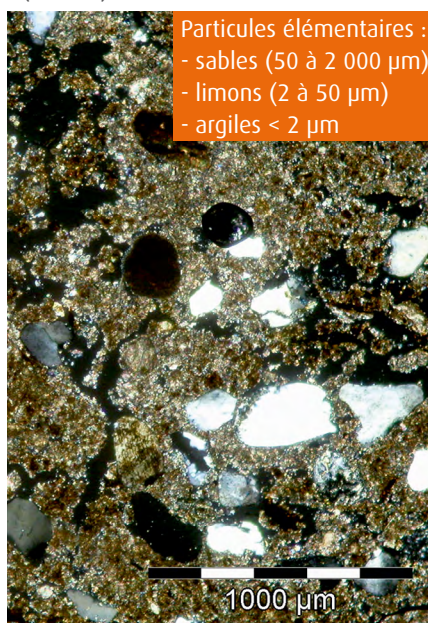
Tableau de classification des sols selon leur classe granulométrique
 1 000 µm = 1 mm

	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers
Limites de taille	< 2 µm soit < 0,002 mm	2 à 20 µm	20 à 50 µm	50 à 200 µm	200 à 2000 µm (0,2 à 2 mm)

Clichés pris sur le terrain (à gauche) et au microscope (à droite)



Charge grossière :
 - blocs ≥ 20 cm
 - pierres (7 à 20 cm)
 - cailloux (2 à 7 cm)
 - graviers (2 à 7 cm)

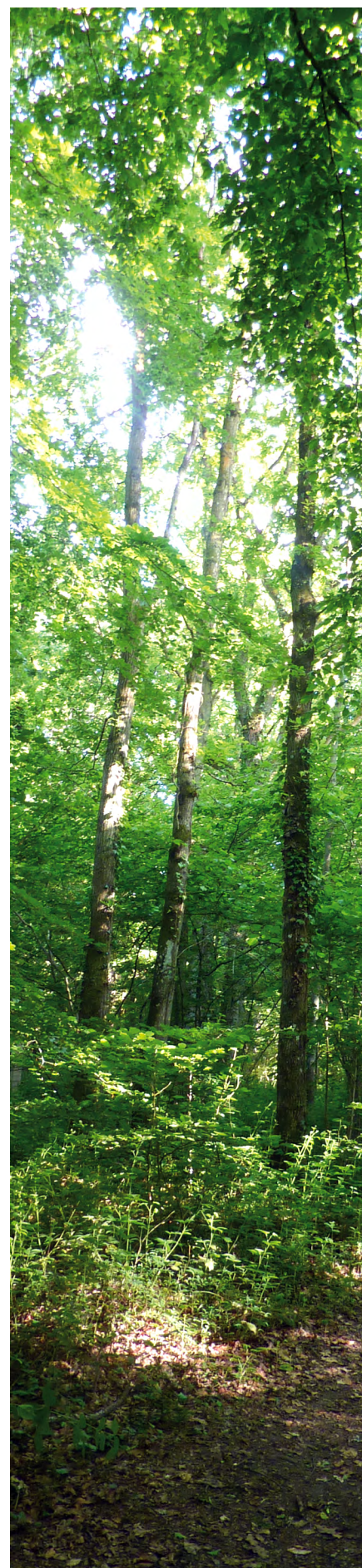


Particules élémentaires :
 - sables (50 à 2 000 µm)
 - limons (2 à 50 µm)
 - argiles < 2 µm

Patrick Le Gouée

Patrick Le Gouée

Bois de Baron sur Odon (14)



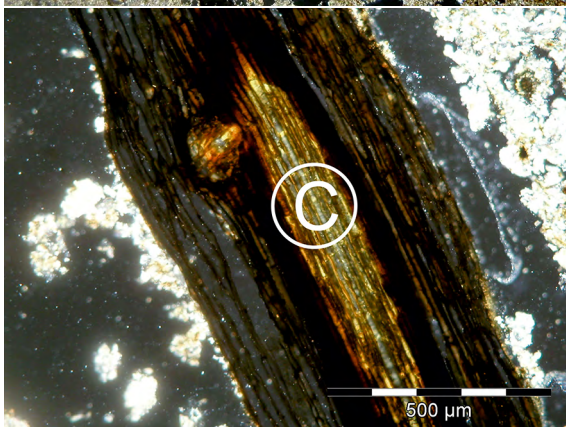
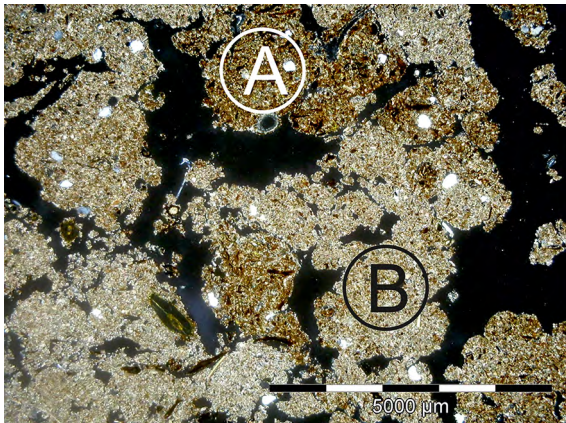
Séverine Bernard/DREAL BN

Les éléments du sol

- ▶ La **fraction sableuse et une grande part de la fraction limoneuse** du sol sont constituées de minéraux non altérés : grains de quartz, silicates (micas, feldspaths) et minéraux carbonatés...
- ▶ Les **limons les plus fins et les argiles sont des minéraux altérés** : phyllosilicates, oxyhydroxydes de fer et d'aluminium, carbonates, phosphates... Les phyllosilicates interviennent fortement dans l'organisation du sol et sont capables de fixer l'eau et les nutriments.
- ▶ La **matière organique du sol** est composée d'organismes vivants, de résidus de végétaux et d'animaux et de produits en décomposition. Elle ne représente, en général, qu'une infime fraction de la masse du sol (0,5 à 10 %).

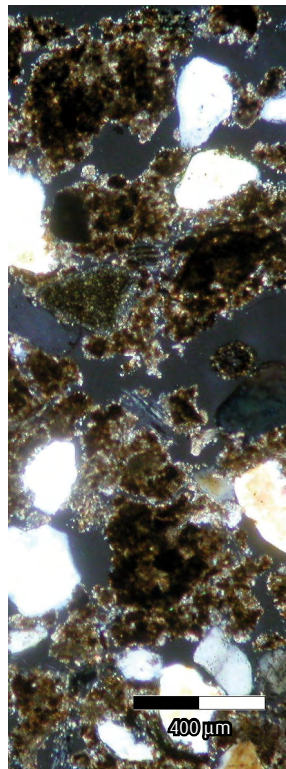
La fraction la plus fine de la matière organique (inférieure à 30 μm) est l'**humus**. La matière organique de taille supérieure à 30 μm est qualifiée de **fraction organique grossière**. Ces substances sont le résultat d'une transformation complexe de débris végétaux ou animaux (humification). En association avec les autres éléments minéraux du sol, l'humus tient également un rôle central dans la structuration et la richesse chimique du sol. Sous l'action de nombreux facteurs, la matière organique se transforme en matière minérale.

Les constituants organiques et minéraux



Patrick Le Gouée

Juxtaposition de particules argilo-limoneuses (couleurs sombres) et de particules sableuses (couleurs claires)



Patrick Le Gouée

A : Humus + constituants minéraux. B : Constituants minéraux. C : Fraction organique grossière (>30 μm).

Caumont l'Éventé (14)



Sandrine Hélicher/DREAL BN

2 Les grands types de sols bas-normands

Dans les régions tempérées à influence océanique dont fait partie la Basse-Normandie, les sols sont principalement issus de processus liés à l'humification et à l'oxydo-réduction.

Les principaux phénomènes de pédogénèse observés en Basse-Normandie correspondent à :

- la carbonatation (humification) ;
- la brunification (humification) ;
- le lessivage (humification) ;
- la podzolisation (humification) ;
- et l'hydromorphie (oxydo-réduction).

Ces processus peuvent être combinés et confèrent au sol toutes ses spécificités.

Tableau de synthèse des processus et phénomènes de pédogénèse observés en Basse-Normandie

Source : Patrick Le Gouée

Type de processus	Phénomènes	Description du phénomène	Types de sols principaux
Humification : <i>Transformation de la matière organique fraîche en humus sous l'influence de la matière vivante du sol</i>	Carbonatation <i>Substrats calcaires</i>	<i>Blocage de l'humification par les carbonates</i>	Rendosols Calcosols
	Brunification <i>Substrats bien drainés</i>	<i>Libération en quantité suffisante de l'argile et des oxydes de fer</i>	Rankosols Brunisols
	Lessivage	<i>Entraînement des particules fines vers les horizons profonds</i>	Néoluvisols Luvisols
	Podzolisation	<i>Migration de composés organiques en profondeur</i>	Podzosols
Oxydo-réduction : <i>Réaction d'une substance liée à un transfert d'électrons en lien avec l'engorgement du sol en eau</i>	Hydromorphie	<i>Réduction du fer mobilisable induit par un état d'engorgement permanent ou temporaire d'un sol en eau</i> <i>Réoxydation estivale possible si engorgement temporaire</i>	Redoxisols Réductisols



Définition

L'humification est un mécanisme de transformation de la matière organique fraîche en humus sous l'influence notamment de la matière vivante du sol (micro-organismes) et du climat.

L'oxydo-réduction exprime la réaction d'une substance (fer, manganèse ou aluminium), l'amenant à un état oxydé ou réduit en raison d'un transfert d'électrons : l'oxydation correspondant à une perte d'électrons, la réduction à un gain d'électrons. Cette réaction est liée principalement aux caractéristiques physiques du milieu (excès d'eau...).

Reprécipitation des carbonates de calcium en période sèche



Patrick Le Gouée

Les sols issus de la carbonatation

La carbonatation est liée à la présence de calcaire facilement soluble dans l'eau. Il provient généralement de la roche mère (calcaire, craie, marne). Le blocage par le calcaire soluble de l'humification à un stade précoce aboutit à la formation d'un horizon de surface très développé et à une structure aérée.

Le calcaire soluble est soumis à des phases saisonnières de dissolution et de précipitation. Les sols issus de ce processus sont qualifiés de **RENDOSOL** (sol à 1 seul horizon calcaire) ou de **CALCOSOL** (sol à 2 horizons calcaires).

Rendosol (Esquay-Notre-Dame)



Patrick Le Gouée

Calcosol (Falaise)



Les sols issus de la brunification

La brunification s'observe sur des substrats géologiques bien drainés et non calcaires qui libèrent en quantité suffisante de l'argile et des oxydes de fer. Ce processus permet ainsi la mise en place d'un complexe argile/humus avec une liaison des particules ferriques (pont ferreux) caractéristiques. Les **RANKOSOLS** (sols à 1 horizon) et les **BRUNISOLS** (sols à 2 horizons) sont affiliés à ce type de processus.

Rankosol (Pont-d'Ouilly)



Patrick Le Gouée

Brunisol (Ménil-Hermei)



Sol cultivé



Séverine Bernard/DREAL BN

Les sols issus du lessivage

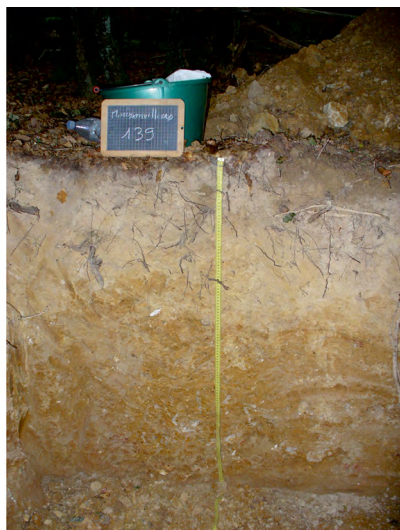
Le lessivage est un processus d'entraînement mécanique par les eaux de gravité des particules fines dispersées (argiles fines, hydroxydes de fer...). Ce lessivage s'opère depuis les horizons supérieurs appauvris et partiellement décolorés (éluviaux) vers les horizons profonds enrichis et plus colorés (illuviaux). Lorsque le lessivage entraîne un enrichissement significatif en argiles de la partie inférieure du sol, des difficultés de drainage peuvent survenir, avec un engorgement saisonnier. Les sols lessivés comportent la plupart du temps 3 horizons. Selon l'intensité du lessivage, on parle de **NEOLUVISOL** (peu lessivé) et de **LUVISOL** (lessivage marqué).

Néoluvisol : peu lessivé (Mauves-sur-Huisne)



Patrick Le Gouée

Luvisol (Moussonvilliers) : lessivage marqué



Podzsol (Condeau)



Patrick Le Gouée

Rédoxisol (Tourouvre)



Patrick Le Gouée

Réductisol (Cahan)



Patrick Le Gouée

Les sols issus de la podzolisation

La podzolisation nécessite la présence d'un horizon de surface produisant des quantités massives de composés organiques qui migrent en profondeur. Ces composés organiques altèrent les minéraux argileux et entraînent le fer et l'aluminium vers la base du sol sous l'action des eaux pluviales. Les minéraux argileux se déplacent vers les horizons profonds. L'horizon supérieur ne contient plus que de fins grains de quartz et prend un aspect cendré. Les **PODZOSOLS** s'observent dans des espaces forestiers en présence de roches cristallines (granite) et sédimentaires détritiques cohérentes ou meubles (grès, sables).

Les sols issus de l'hydromorphie

L'hydromorphie est un phénomène de réduction ou d'oxydation du fer mobilisable. Elle est induite par un état d'engorgement permanent ou temporaire du milieu qui se manifeste par la présence d'une nappe d'eau superficielle ou profonde. Le phénomène est différent selon l'horizon considéré (de surface ou profond) et la durée de l'hydromorphie. Lorsqu'il s'agit d'hydromorphie temporaire de surface, l'engorgement survient en période hivernale. Une réduction et une mobilisation partielle du fer et du manganèse interviennent alors en hiver dans les horizons de surface, suivie de leur précipitation localisée en été sous forme de tâches rouilles ou de concrétions, par réoxydation.

③ L'observation des sols en Basse-Normandie

Approche méthodologique : la construction d'un sol

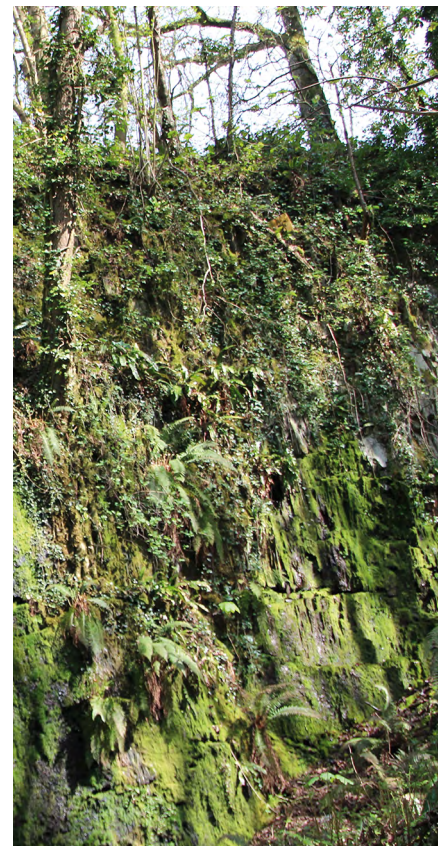
La construction d'un sol (pédogenèse) s'inscrit dans un contexte particulier dont **les principales caractéristiques varient presque à l'échelle de la parcelle** en Basse-Normandie.

Les types de sols diffèrent non seulement selon la roche mère, la topographie, l'exposition, mais aussi selon leur mode d'occupation et de gestion agricole... Ainsi, chaque déterminant peut créer d'innombrables combinaisons possibles. L'analyse et la cartographie des sols sont très complexes et nécessitent de s'appuyer sur quelques règles clés qui obéissent aux principes suivants :

- ▶ Une lithoséquence exprime les variations en lien avec les roches ;
- ▶ Une toposéquence montre l'effet des caractéristiques du relief (pente, forme et orientation des surfaces) ;
- ▶ Une chronoséquence fait référence à l'âge des surfaces ou des roches ;
- ▶ Une bioséquence révèle l'impact des occupations humaines passées et actuelles (herbages, cultures) ;
- ▶ Une climatoséquence montre l'influence du climat.

A titre d'illustration, 2 exemples sont présentés concernant la lithoséquence et la toposéquence.

Les types de sols diffèrent notamment selon la roche mère



Sandrine Héricher/DREAL BN

Vallées de la Touques et du Chaussey



Patrick Galineau/DREAL BN

La lithoséquence

Les caractéristiques des sols peuvent être étroitement associées aux propriétés des roches qui les supportent. Leur apparition résulte fréquemment d'une transformation du manteau d'altération des substrats.

En contexte de roches schisto-gréseuses, on observe communément des sols brunifiés plus ou moins acides dont l'épaisseur ne dépasse pas généralement 30 cm (profils 1, 2 et 3). Ces sols sont caractérisés par une charge caillouteuse comprise entre 10 et 20 % qui rappelle la proximité du front d'altération de la roche sous-jacente. Leur réserve utile est inférieure à 50 mm.

Sur roches calcaires, les sols sont caractérisés aussi par une faible épaisseur ne dépassant pas souvent 30 cm (profils 7, 9 et 10). La présence du calcaire total dans les horizons peut varier fortement. On note la présence d'éléments grossiers compris entre 10 et 20 %. La réserve utile des sols carbonatés est fréquemment inférieure à 50 mm.

L'Orne au Moulin à papier



Patrick Galineau/DREAL BN

?

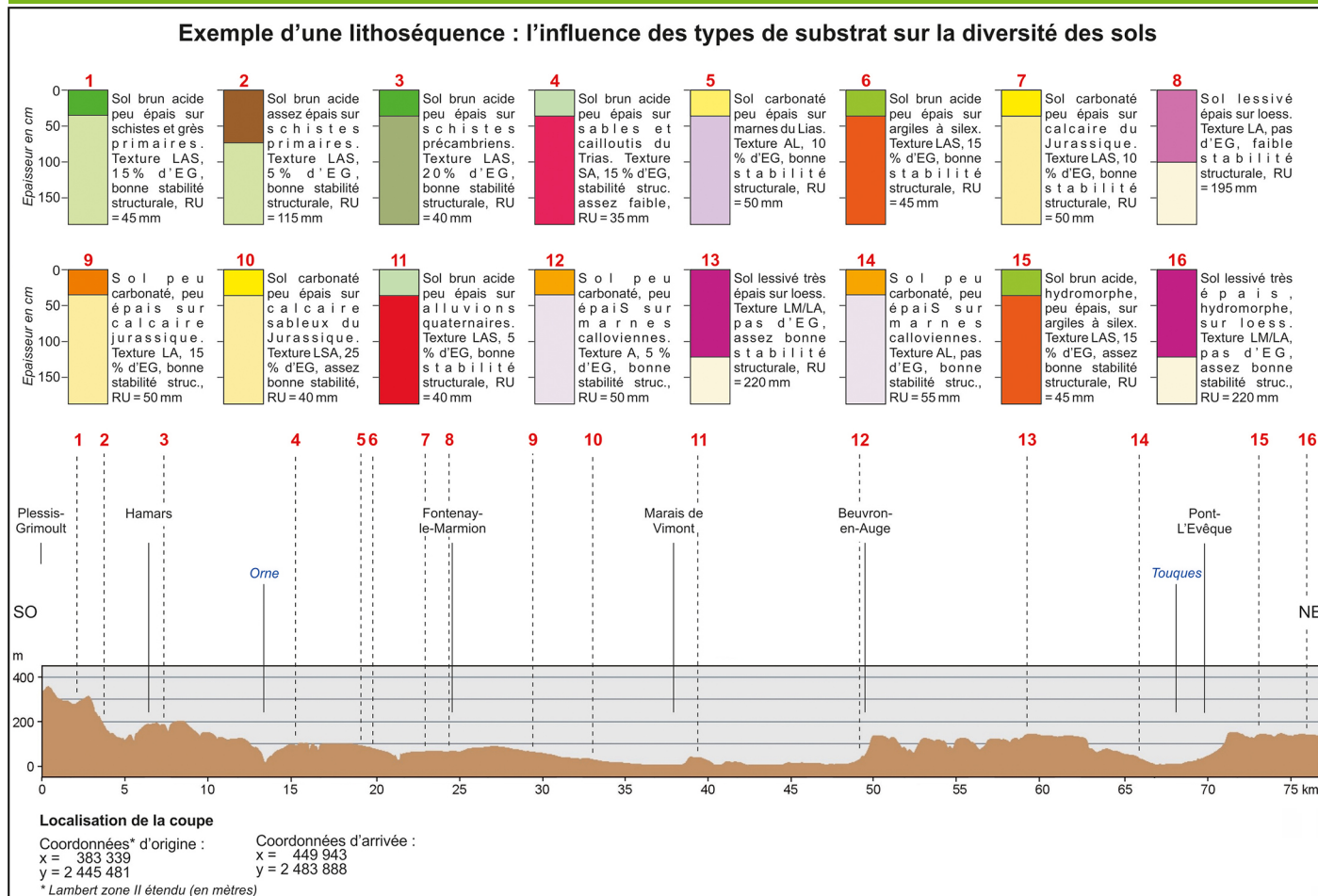
Définition

Réserve utile : eau présente dans le sol qui est utilisable par les végétaux.

- LAS : limon argilo-sableux
- SA : sable argileux
- AL : argile limoneuse
- LA : limon argileux
- LSA : limon sablo-argileux
- A : argile
- LM/LA : limon moyen/limon argileux
- % EG : pourcentage d'éléments grossiers (charge caillouteuse)
- RU : réserve utile exprimée en mm d'eau

Lithoséquence : l'influence des types de substrats sur la diversité des sols

Source : Patrick Le Gouée



La toposéquence

Le rôle de la topographie peut s'exprimer par le biais des conditions de site (interfluve, haut, milieu, bas de versant, fond de vallée), de la pente (déclivité et forme des versants) et par l'orientation des versants.

La principale caractéristique de cette toposéquence réside dans l'orientation de son tracé, d'Ouest en Est, et dans sa localisation, à mi-distance entre le Nord et le Sud du département du Calvados (secteur de Cormolain).

L'orientation du tracé souligne l'opposition entre les versants exposés à l'Ouest et ceux tournés vers l'Est. On note ainsi que les sols des versants exposés à l'Ouest (profils 1, 4, 6 et 9) sont caractérisés par :

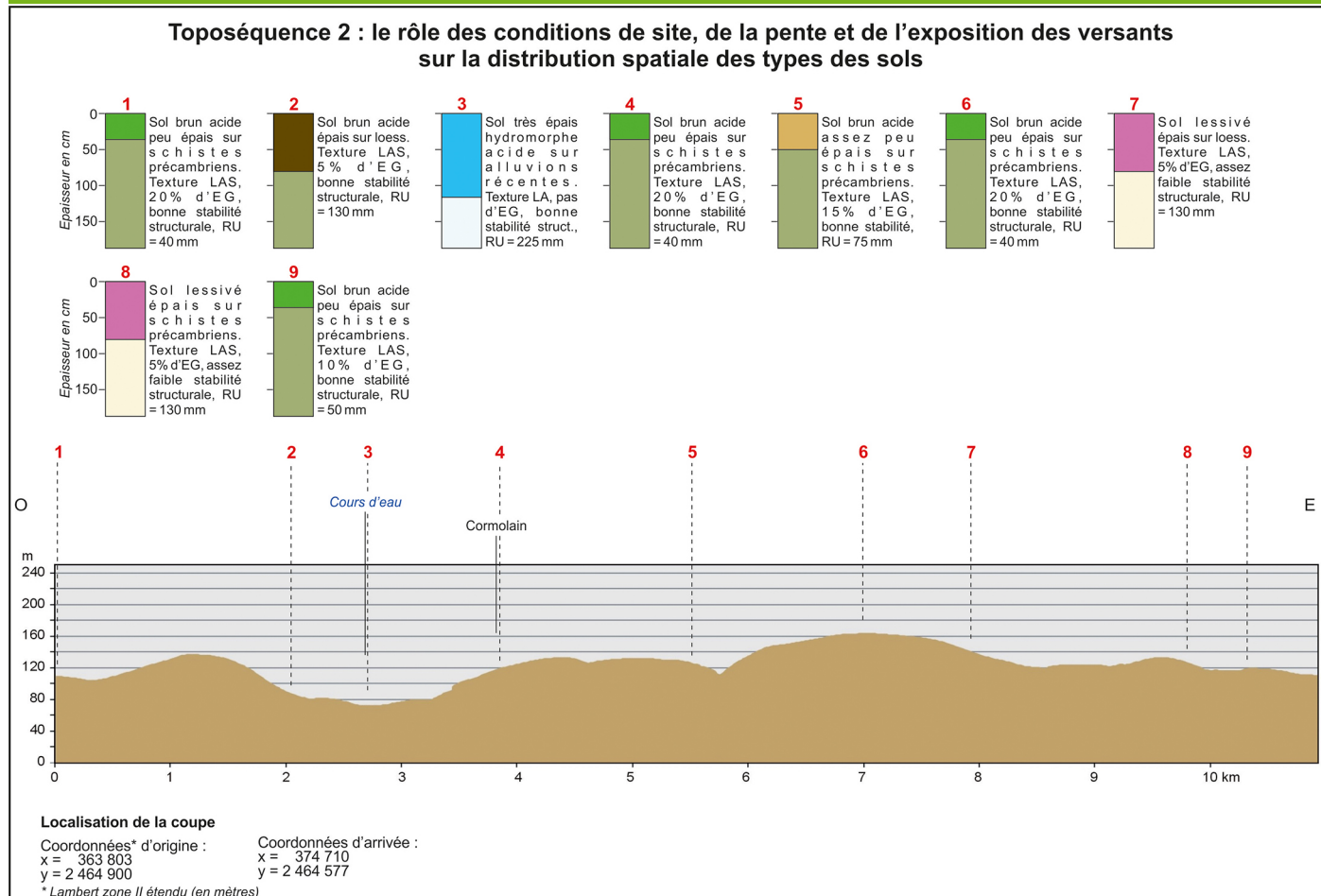
- une faible épaisseur (30 cm) ;
- une charge caillouteuse comprise entre 10 et 20 cm ;
- et par une faible réserve utile (40 mm).

Il s'agit de sols bruns acides. Ce type de sol s'observe généralement sur ces versants indépendamment des conditions de site (haut, milieu, bas de versant) et de l'inclinaison des pentes.

LAS : limon argilo-sableux
 SA : sable argileux
 AL argile limoneuse
 LA : limon argileux
 LSA : limon sablo-argileux
 A : argile
 LM/LA : limon moyen/limon argileux
 % EG : pourcentage d'éléments grossiers (charge caillouteuse)
 RU : réserve utile exprimée en mm d'eau

Toposéquence 2 : le rôle des conditions de site, de la pente et de l'exposition des versants sur la distribution spatiale des types de sols

Source : Patrick Le Gouée



Les sols situés sur les versants exposés à l'Est, sont très différents (profils 2, 7, 8 et dans une certaine mesure le profil 5). Il s'agit de :

- sols épais, de l'ordre de 80 cm ;
- à faible charge caillouteuse (5 %) ;
- et à forte réserve utile (130 mm).

Ce sont des sols bruns faiblement acides ou des sols lessivés.

L'opposition Ouest-Est des versants peut être un facteur fondamental de la variation latérale des sols. Cela tient à l'histoire géomorphologique locale. Au Quaternaire, des limons éoliens (loess) se sont déposés préférentiellement sur les parties basses et planes du Nord du département et, dans une partie plus centrale du Calvados, sur les versants situés en position d'abri par rapport aux vents chargés de limons. Ces vents d'Ouest/ Sud-Ouest, se sont délestés de ces sédiments fins au passage des versants, en position d'abri. La présence d'une faible charge caillouteuse dans la partie supérieure des profils indique un remaniement partiel des limons éoliens par colluvionnement. Il est à noter que l'influence de cette opposition de versant sur la diversité des sols tend à disparaître à mesure que l'on se déplace vers le Sud et le Sud-Ouest du département.

L'état des connaissances sur les sols

Les connaissances sur les sols régionaux ont été peu développées comparativement à d'autres composantes. On dispose notamment de très peu d'éléments sur leurs caractéristiques biologiques (pédoflore et pédofaune). Seuls quelques laboratoires en France proposent aujourd'hui de réaliser ces analyses en routine.

La production régionale de données relatives aux sols relève soit de programmes nationaux labellisés soit d'études locales :

- programmes d'inventaires cartographiques et de suivi temporel de leur qualité ;
- travaux universitaires ou privés en réponse à des problématiques d'aménagement et d'environnement.

Les programmes nationaux

Des dispositifs nationaux d'observation des sols existent, ils sont alimentés par les partenaires locaux. Ils relèvent à la fois :

- d'inventaires ;
- de bases de données ;
- de réseaux spécifiques.

On peut notamment citer :

- le programme « Inventaire, Gestion et Conservation des Sols » (IGCS) ;
- la « Base de Données Géographique des Sols de France » ;
- le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS).

Fosse



Patrick Le Gouée



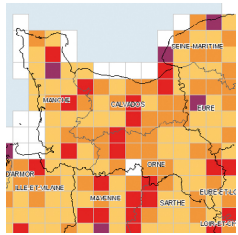
Repères

Le programme d'inventaire multi-échelle « **Inventaire, Gestion et Conservation des Sols** » vise à constituer des bases de données sur les sols et leur répartition géographique. Elles sont gérées au sein d'une base à structure unique « Donesol » permettant le transfert des données des échelles les plus détaillées vers les échelles couvrant des espaces plus vastes.

La « **Base de Données Géographique des Sols de France** » à l'échelle du 1 / 1 000 000 est une représentation simplifiée de la diversité spatiale de la couverture de sol.

La méthodologie utilisée pour différencier et nommer les principaux types de sols est basée sur la terminologie de la légende de la carte des sols du monde établie en 1974 à l'échelle du 1 / 5 000 000 par la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture). Elle distingue les processus pédologiques responsables de la différenciation des sols, c'est-à-dire la brunification, le lessivage, la podzolisation, l'hydromorphie... Elle a été revue et adaptée pour prendre en compte les spécificités des paysages français.

Le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS)



Source : GIS Sol

Pour observer l'évolution de la qualité des sols, un réseau de sites, dit « **Réseau de Mesures de la Qualité des Sols** » (RMQS) a été mis en place. Il repose sur le suivi de 2 200 sites répartis uniformément sur le territoire français, selon une maille carrée de 16 km de côté. Le RMQS est un réseau à maille trop lâche pour pouvoir représenter la très grande diversité des sols locaux. Néanmoins, un tel réseau n'existait pas il y a quelques années et les connaissances qu'il produit permettent déjà des avancées techniques considérables.

Les programmes locaux

Trois démarches contribuent en Basse-Normandie au programme « **Inventaire, Gestion et Conservation des Sols** » de manière ponctuelle. Ils n'assurent donc pas une connaissance exhaustive en tout point de la région, il s'agit notamment des programmes :

- « Opération Secteur de Référence (OSR) » ;
- « Carte Départementale des Terres Agricoles (CDTA) » ;
- et « Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP) ».

Le programme « Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP) » est une priorité pour la région afin d'obtenir une couverture à l'échelle du 1/250 000. Les connaissances se sont considérablement développées sous l'impulsion des programmes nationaux et de l'université de Caen. Une carte de synthèse existe pour le Calvados et l'Orne. Une démarche analogue est entreprise dans la Manche.

Le Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (GIS Sol) a été créé en France en 2001. Il regroupe des représentants :

- du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt ;
- du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) ;
- de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (Ademe) ;
- de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) ;
- et de l'Inventaire Forestier National (IFN).

L'objectif du GIS Sol est de constituer et de gérer un système d'information sur les sols de France, compte tenu de leur distribution spatiale, leurs propriétés et l'évolution de leurs qualités. Ce système d'information doit répondre à échéance réaliste aux besoins régionaux et nationaux dans le contexte européen.

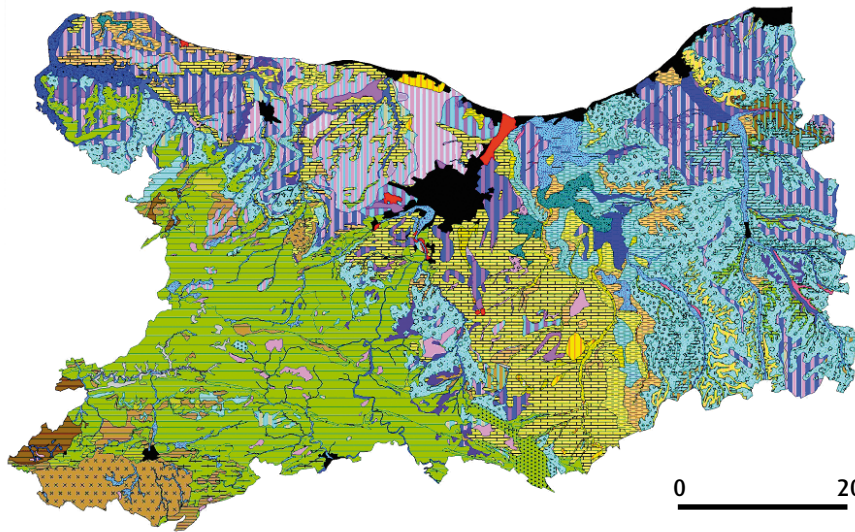
Domaines d'action

Le GIS Sol a pour mission de s'assurer que se réalisent dans les meilleures conditions :

- des actions d'inventaire géographique des sols ;
- de suivi opérationnel de leurs qualités ;
- de création et de gestion d'un système d'information répondant aux demandes des pouvoirs publics et de la société.

Le GIS Sol s'assure en particulier de la valorisation des données et résultats obtenus par ces actions et de la coordination avec les programmes européens.

Cartographie des sols du Calvados

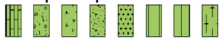


Source & réalisation : P. Le Gouée, RRP BN, 2011

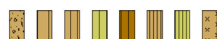
Sols peu ou moyennement épais issus de la carbonatation



Sols peu épais issus de la brunification



Sols moyennement épais issus de la brunification



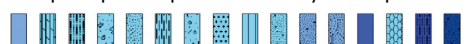
Sols moyennement épais ou épais issus du lessivage



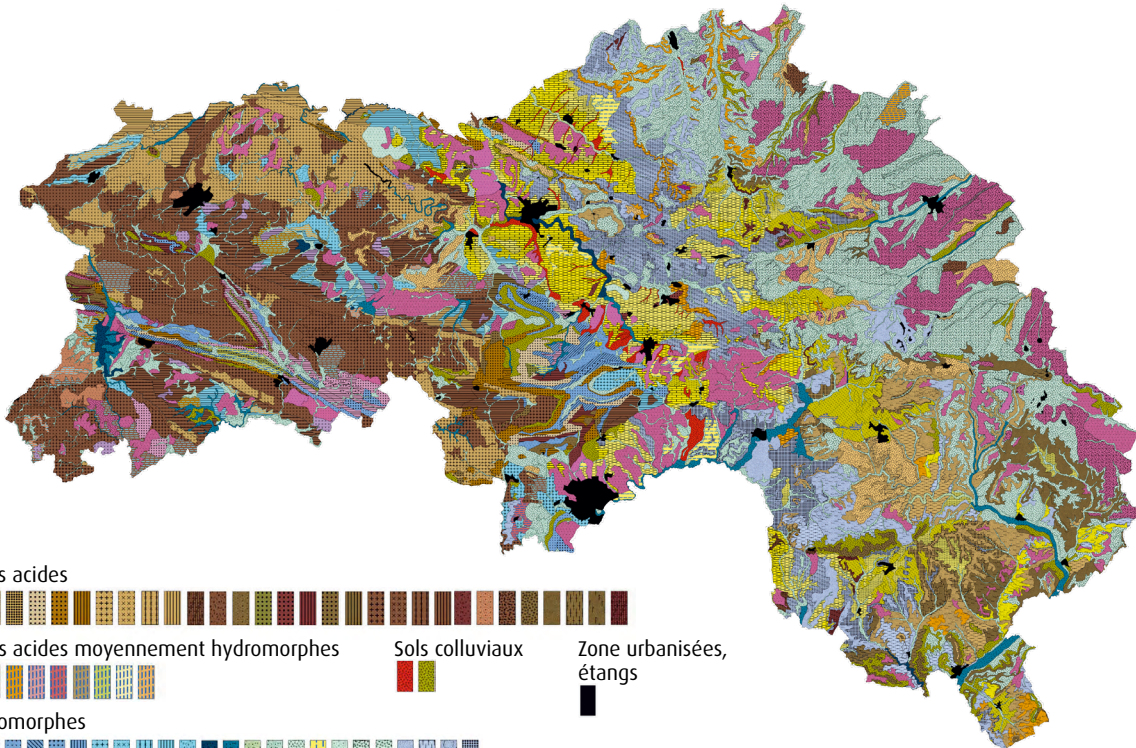
Sols moyennement épais ou épais issus du lessivage et de l'hydromorphie



Sols peu épais à épais issus de l'hydromorphie



Cartographie des sols de l'Orne



Sols bruns acides



Sols bruns acides moyennement hydromorphes



Sols colluviaux



Zone urbanisées, étangs



Sols hydromorphes



Sols calciques et calcaires



Sols faiblement lessivés hydromorphes



Sols faiblement lessivés



0 20 km

Maquettage : P. Le Gouée, F. Guérin
Digitalisation : F. Guérin, C. Foubert
Réalisation : P. Le Gouée, décembre 2013

2. Les fonctionnalités des sols

Les sols occupent des fonctions vitales pour l'ensemble des êtres vivants : moteurs de vie, ils sont aussi un réservoir de nourriture et un épurateur de nos milieux. Ainsi, ils constituent un support fondamental pour le développement des activités humaines, en particulier pour l'agriculture, l'urbanisation et l'industrie.

À découvrir dans ce chapitre

- ▶ Un moteur de vie et de recyclage
- ▶ Un rôle de réservoir
- ▶ Une fonction d'épuration et de régulation
- ▶ Un support de développement pour les activités humaines

1 Un moteur de vie et de recyclage

Le sol est un moteur de vie. Support des nombreuses activités humaines, il permet aussi le recyclage de la matière vivante. Il joue ainsi un rôle global d'interface pour l'ensemble des écosystèmes terrestres.

Sans la biodiversité qui l'habite, le sol meurt et ne peut plus assurer l'évolution, la croissance des végétaux et la décomposition des matières.

Certaines pratiques agricoles s'appuient sur l'usage systématique d'engrais artificiels plus que sur la valorisation de la qualité intrinsèque des sols. Or, globalement, l'augmentation de la fertilisation permise par les engrais de synthèse a eu pour conséquence une homogénéisation des milieux (INRA, *Agriculture et biodiversité, valoriser les synergies*, juillet 2008).

Le rôle de la pédoflore

Bien qu'invisible, **l'activité bactérienne est un des éléments clés des cycles terrestres du carbone, de l'azote et du phosphore.** Les qualités agronomiques et les capacités de dépollution d'un sol reposent donc sur de l'infiniment petit (cf. chapitre 1).

Le rôle de la pédofaune

La faune du sol **joue un rôle complémentaire de celui de la microflore** en contribuant à l'enfouissement de la matière organique, à sa fragmentation et à son assimilation. Elle seconde en cela les micro-organismes dont le rôle principal est de la décomposer. A l'image de tout autre écosystème terrestre, chaque espèce contribue au processus de recyclage et d'assimilation des nutriments.

Les vers de terre, les cloportes, les coléoptères se positionnent au sommet de la chaîne. Leur travail d'enfouissement et de fragmentation est complété par celui des myriapodes, puis des collemboles et des acariens. En bout de chaîne, après l'action des nématodes, la matière organique, suffisamment fragmentée, s'offre à l'attaque des champignons et des bactéries. Seuls ces deux derniers ont la capacité de digérer certains composés organiques (ce sont les décomposeurs). N'ayant cependant pas celle de se déplacer, ils vivent souvent en dormance en attendant d'une part que les conditions (température, hygrométrie) leur soient

Filaments de mycélium sur feuille en décomposition



Florence Magliocca et Sandrine Hélicher/DREAL BN

Samare en décomposition



Florence Magliocca et Sandrine Hélicher/DREAL BN

Cloportes



Séverine Bernard/DREAL BN

favorables, d'autre part que la pédofaune les mettent en relation avec leur nourriture.

Pour la plupart d'entre eux, leur rôle ne s'arrête pas au découpage de la matière organique. Ils la pré-digèrent, contribuent au mélange des matières minérales et fécales, aèrent le sol... Les vers de terre sont ainsi d'excellents laboureurs. Ils participent à l'amélioration de la structure du sol, à sa résistance à l'érosion, à sa restructuration et à sa restauration après tassement. Ils remuent en moyenne 1,5 tonnes de terre par jour.

Cette chaîne simplifiée où seuls les brouteurs paraissent jouer un rôle est en fait beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît. Dans la réalité, elle accueille, comme dans tous les écosystèmes de surface, son lot de parasites, d'associations symbiotiques et de prédateurs. En tout, bien que très variable d'une saison à une autre, le poids cumulé de ces organismes, grands et petits, brouteurs et prédateurs, atteint en moyenne 2,5 tonnes à l'hectare pour un sol de prairie.

Nematode



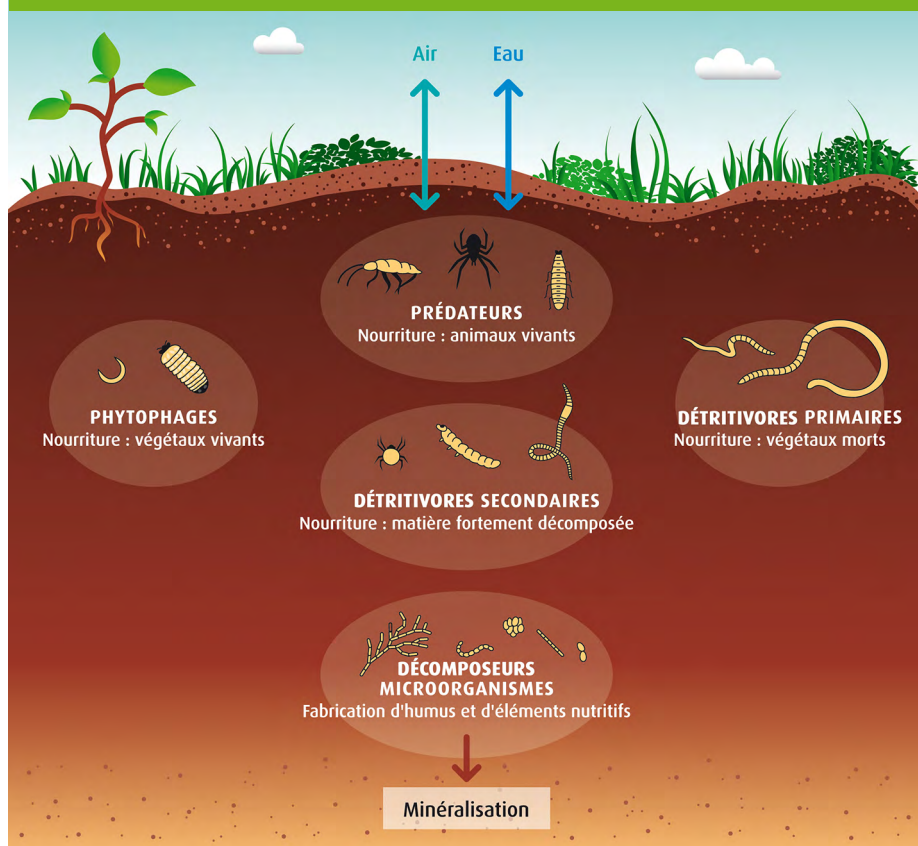
Fabrice Parais et Florence Magliocca/DREAL BN

Larve de coléoptère



Fabrice Parais et Florence Magliocca/DREAL BN

Les sols : des milieux vivants



Réalisation : DREAL de Basse-Normandie et Agence Bingo

Larves de termites



FCBA, l'Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement.



Définitions

La **pédofaune** est la faune du sol.

La **microfaune** est composée d'espèces invisibles à l'œil nu qui vivent dans les pores ou films d'eau du sol. De longueur inférieure à 0,2 mm elle a une vie quasi-« aquatique » avec des capacités d'enkystement pour résister à la dessiccation du sol. L'univers de vie pour la majorité des espèces de la microfaune est l'agrégat, le substrat, de 0,5 à 5 cm, sauf les amibes qui auraient des capacités de déplacement assez importantes.

La **mésafaune** rassemble les espèces animales présentes dans le sol de 0,2 et 4 mm de longueur qui se déplacent au sein des espaces existants, sans creuser le sol de manière significative. L'univers de vie pour la majorité des espèces de la mésafaune est la motte de terre, de 5 à 50 cm.

La **macrofaune** désigne l'ensemble des animaux dont la taille est supérieure à un millimètre, c'est à dire une taille suffisante pour être facilement distingués à l'œil nu, par opposition à la microfaune (non visible à l'œil nu).

La macrofaune (grandes larves d'insectes, majeure partie des myriapodes et des lombriciens) comporte des individus de 0,4 à 8 cm de longueur. Ils peuvent modifier la structure physique du sol en creusant des galeries ou en ingérant la terre.

2 Un rôle de réservoir

Les sols sont un réservoir d'eau et de nutriments indispensables à la vie.

Un réservoir d'eau

Le sol est une zone d'échanges entre l'atmosphère et les nappes phréatiques. Il stocke des volumes d'eau considérables en automne et en hiver, permettant ainsi la survie des plantes en période sèche. Les premières pluies de l'automne servent à reconstituer la réserve. L'eau peut ensuite s'infiltrer en direction des nappes phréatiques.

Il est possible d'évaluer la réserve du sol en eau avec le bilan hydrique. Celui-ci permet de calculer la quantité d'eau présente dans le sol. Il constitue de ce fait un bon indicateur pour évaluer les ressources disponibles pour les cultures. Pour vivre, une plante exige de **l'énergie et de l'eau**. Il n'y aurait pas de photosynthèse sans la prise d'eau par les racines du sol. Les besoins en eau sont conditionnés principalement par :

- le rayonnement solaire ;
- la température ;
- la force du vent ;
- et la sécheresse de l'air.

Cette demande végétale est connue sous le nom d'évapotranspiration potentielle.

L'eau nécessaire à la plante est directement prélevée par les racines dans la réserve utile des sols. Cette consommation d'eau sert à la transpiration, fonction biologique permettant à la fois le refroidissement et la croissance du végétal.

Une partie de l'eau de la réserve utile est également consommée par l'évaporation issue des sols, conduisant au dessèchement progressif de ces derniers à partir de la surface. La quantité d'eau réellement prélevée dans le sol par les plantes et par l'atmosphère constitue l'évapotranspiration réelle.

Quand les sols se dessèchent, la plante ne parvient plus à prélever toute l'eau nécessaire à son bien-être : un stress hydrique apparaît, provoquant une baisse de production de matière végétale, voire son arrêt. Si la situation perdure, la plante meurt.

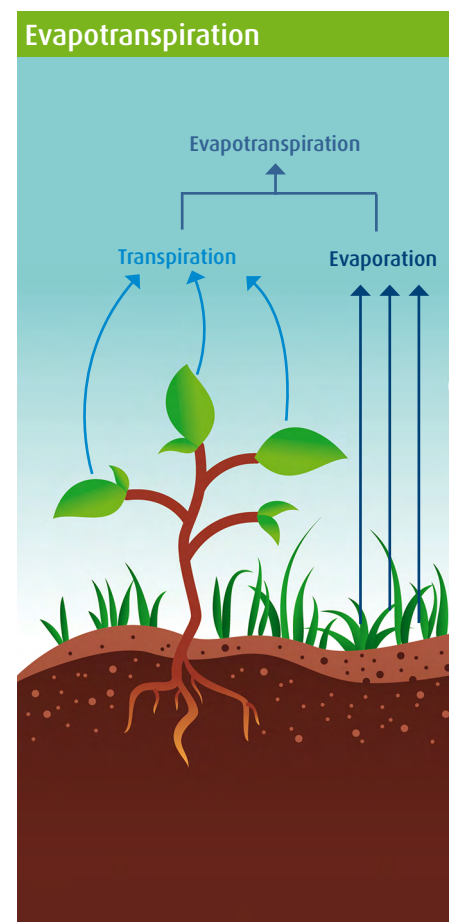
Le bilan hydrique répond donc à certains principes :

- les disponibilités en eau sont constituées par les précipitations et la réserve agricole utile du sol ;
- les besoins en eau dépendent des conditions climatiques (principalement chaleur, ensoleillement, vent et déficit d'humidité de l'air), exprimés par une valeur globale d'évapotranspiration potentielle.

?

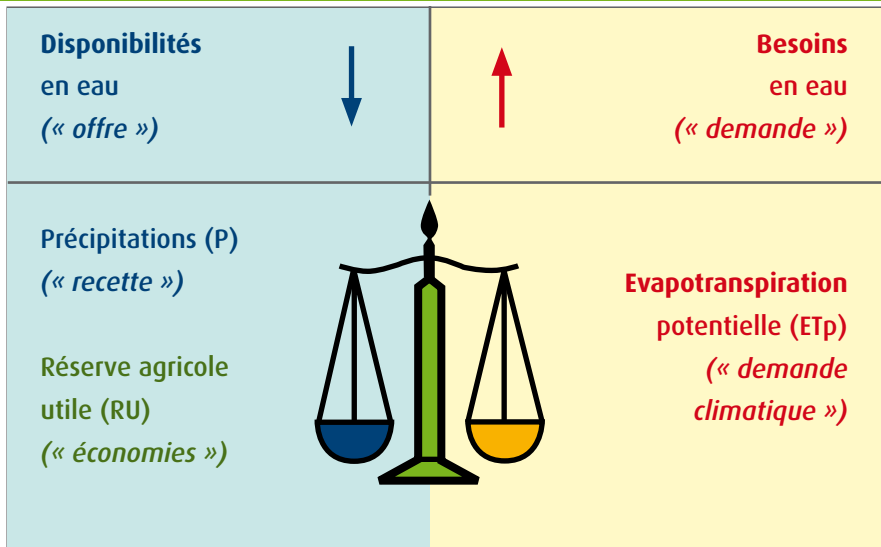
Définition

Evapotranspiration : phénomène naturel qui résulte à la fois de l'évaporation de l'eau des surfaces terrestres et aquatiques et de la transpiration des plantes. Elle s'exprime en « mm » qui correspondent à des litres/mètres carrés (l/m²). En Basse-Normandie, elle atteint en moyenne 3 mm par jour l'été mais peut dépasser 4 voire 5 mm les jours de forte chaleur. Elle est dix fois moins élevée en hiver.



Réalisation : DREAL de Basse-Normandie et Agence Bingo

La balance hydrique : disponibilités et besoins en eau des plantes (Cantat, 2013).



L'équation du bilan hydrique est : $P = ETR + S \pm \Delta RU$
 P : précipitations ; ETR : évapotranspiration réelle ; S : surplus hydrologique ;
 ΔRU : variations de la réserve utile du sol
 La valeur (ETP - ETR) constitue le déficit hydrique D

En fonction des précipitations, des pertes par évapotranspiration et de la réserve utile du sol, les différentes couleurs du graphique montrent la succession des quatre phases du bilan hydrique sous notre climat océanique de latitudes moyennes. L'ampleur des phases de surplus (en bleu foncé) et de déficits (en jaune) est pondérée par la capacité en eau des sols, le sol absorbant en automne les premiers excédents d'eau et les restituant au printemps quand les précipitations ne sont plus suffisantes pour satisfaire la demande des plantes.

Sur la partie méridionale de la Plaine de Caen par exemple, le bilan hydrique fait apparaître une période estivale durant laquelle l'eau vient systématiquement à manquer, nécessitant pour les agriculteurs le recours éventuel à une irrigation d'appoint pour assurer le meilleur rendement à leurs cultures (graphique a).

La situation est très différente d'un secteur à un autre car la réserve utile peut varier couramment de moins de 50 mm pour les sols squelettiques et caillouteux (graphique b), à plus de 200 mm pour les terres limono-argileuses et profondes (graphique c). Ces différences ne sont pas sans conséquences sur la quantité et la qualité des productions agricoles pour des exploitations soumises pourtant à un même climat.

Arrosage des cultures



Laurent Mignaux/MEDDE-MLETR

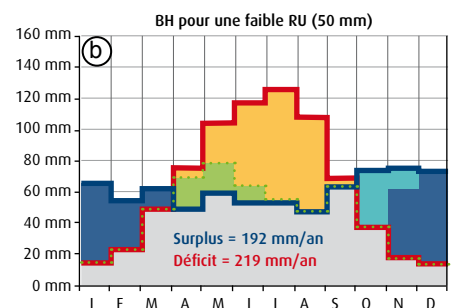
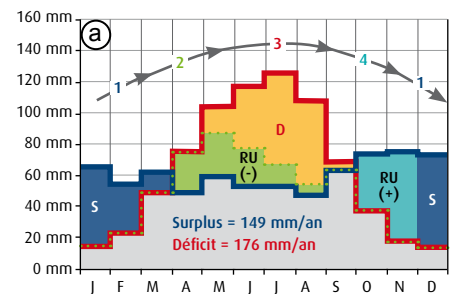
Bilan hydrique mensuel sur la Plaine de Caen pour la période 1971-2010

(calculé selon une décroissance exponentielle de la RU pour trois sols de capacités hydriques contrastées : 50, 100 et 200 mm). (Cantat, 2011, Programme Climaster)

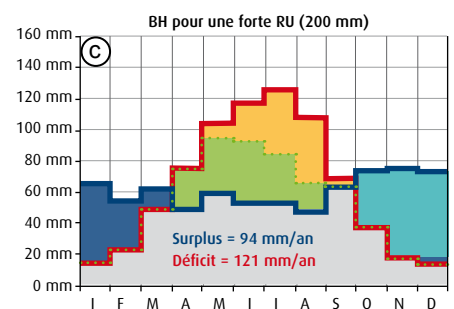
Offre et demande de l'écosystème :
 — P : précipitations (mm)
 — Etp : évapotranspiration potentielle (mm)
 - - - - - ETr : évapotranspiration réelle (mm)

Succession des phases hydrologiques :
 ■ phase 1. S : surplus hydrologique
 ■ phase 2. RU(-) : sollicitation RU
 ■ phase 3. D : déficit hydrique
 ■ phase 4. RU(+) : reconstitution RU

Bilan hydrique pour un sol « standard » (réserve utile RU = 100 mm)



rôle minime de la RU :
 vidange et recharge rapides
 déficit hydrique et surplus hydrologique plus précoces, plus longs et plus importants (219 et 192 mm)



rôle majeur de la RU :
 vidange et recharge durables
 déficit hydrique et surplus hydrologique plus tardifs, plus brefs et moins importants (121 et 94 mm)

Un réservoir de nutriments

Les trois éléments nutritifs majeurs du sol sont :

- l'azote ;
- le phosphore ;
- et le potassium.

Ces éléments sont indispensables au développement des organismes du sol et au maintien des chaînes alimentaires des écosystèmes. Ils sont fixés dans le sol par l'intermédiaire du complexe argilo-humique.

L'azote

L'azote se présente sous différentes formes. C'est sous forme ammoniacale ou nitrique qu'il est prélevé par les racines. Leur présence dépend de mécanismes complexes tels que la minéralisation, la nitrification ou la dénitrification réalisée par les micro-organismes.

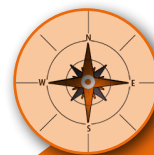
La présence et l'importance de l'azote assimilable par les végétaux est liée à la minéralisation des composés organiques comme les résidus de culture, les apports d'amendements organiques, les effluents d'élevage ou bien encore la matière organique du sol.

L'azote ammoniacal ou nitrique peut provenir également de la fertilisation minérale. En Basse-Normandie, la teneur en azote totale dans les horizons de surface varie entre 2,5 et 5,0 g/kg. C'est sur la façade occidentale de la Manche et dans le Perche que les teneurs sont les plus faibles, oscillant entre 1,0 et 2,5 g/kg.

Racines



Sandrine Hélicher/DREAL BN



Repères

La Base de Données Analyse des Terres (BDAT)

Environ 250 000 analyses de terres sont réalisées en France chaque année. Elles sont majoritairement demandées par les **agriculteurs pour gérer au mieux la fertilisation**. Par leur nombre et la diversité d'origine des échantillons, elles constituent une source d'information intéressante et originale sur la variabilité des horizons de surface des sols cultivés. Elles concernent de plus plusieurs paramètres fortement influencés par l'activité anthropique (teneurs en éléments fertilisants, pH...), pour lesquels les informations cartographiques existantes sont peu pertinentes.

A l'échelle nationale, et avec la collaboration de laboratoires d'analyses de terre, la BDAT a été construite à partir de 790 000 échantillons d'horizons de surface de sols cultivés, prélevés en France entre 1990 et 2000. Elle est alimentée chaque année par de nouveaux résultats d'analyses. Cette banque de données est un outil pertinent pour l'étude à moyenne échelle de questions pédologiques, agronomiques ou environnementales impliquant l'horizon de surface des sols ou le suivi dans le temps de ses caractéristiques. Il s'agit donc d'un outil complémentaire des approches de surveillance du Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS) et d'Inventaire pédologique (IGCS). Les résultats des traitements, agrégés par canton, sont disponibles gratuitement sur le lien : <http://bdat.gissol.fr/geosol/index.php>

Source : site internet GISSOL

Le phosphore

Le phosphore peut être soit minéral, soit organique. Dans le premier cas, son origine dépend de la nature des roches dont les sols sont issus. Dans les sols carbonatés dont la roche-mère est par exemple du calcaire, cet élément nutritif est présent sous la forme de phosphates calciques alors que dans les autres sols, il se présente sous une forme liée au fer et à l'aluminium.

La forme organique du phosphore relève de la décomposition des végétaux et des animaux. La teneur en phosphore assimilable dans le sol et son évolution sont fortement conditionnées par le contexte géologique local, l'export par les cultures et les pratiques de fertilisation, qu'elle soit minérale ou organique. Seul le phosphore en solution dans l'eau peut être assimilé par les racines soit 0,5 % du phosphore total.

Dans notre région, les teneurs en phosphore assimilable dans les horizons de surface sont fortes le long d'un axe qui s'étend des marais de la Dives à l'Avranchin. Les faibles teneurs concernent presque exclusivement le département de l'Orne et renvoient aux secteurs d'Ecouves, du Houlme occidental et du Pays d'Auge méridional.

Le phosphore re-largué par l'érosion des sols est susceptible de déclencher des dysfonctionnements sévères des milieux aquatiques dénommés « eutrophisation ».

Le potassium

A la différence de l'azote et du phosphore, le potassium n'est pas présent dans les matières organiques du sol. Constituant de minéraux comme les micas, il provient à l'état naturel de l'altération des roches.

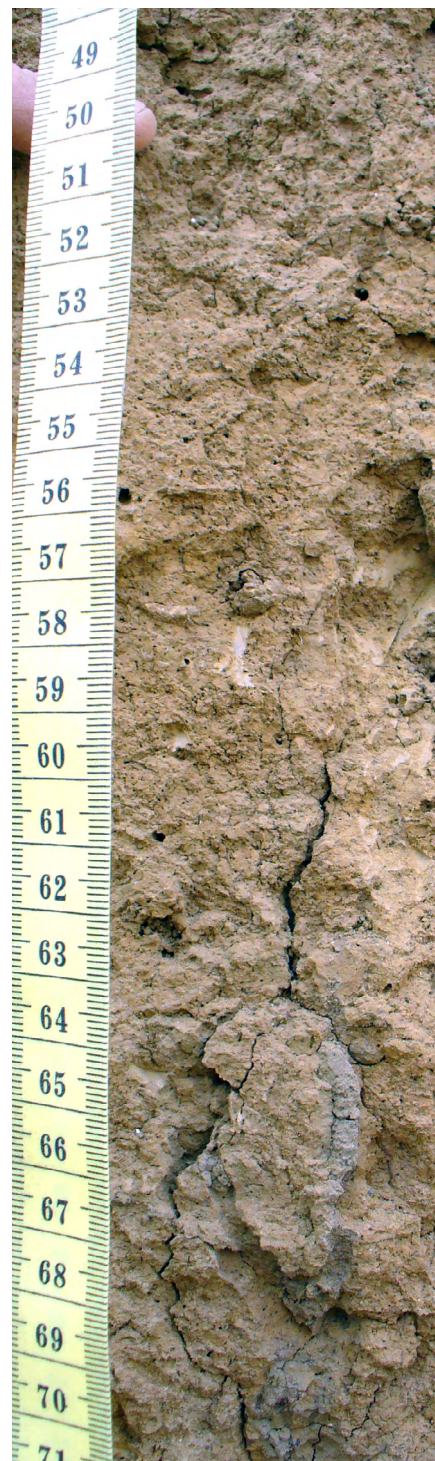
Il est assimilables sous sa forme ionique K^+ , via le complexe argilo-humique. La capacité du sol à le fixer dépend de sa teneur en argile.

Dans les régions de culture, la consommation du potassium est supérieure à sa production par l'altération des substrats géologiques. **Sa présence n'est donc due qu'à la pratique d'une fertilisation permanente sous forme :**

- d'engrais simple ;
- de mélange avec d'autres fertilisants ;
- ou d'effluents d'élevage, le potassium étant contenu dans ce dernier cas dans les urines.

Les teneurs en potassium échangeable dans les horizons de surface montrent une très grande homogénéité à l'échelle régionale. Celles-ci sont comprises entre 100 et 300 mg/kg. Les valeurs les plus fortes sont relevées dans le secteur de Saint-Hilaire-du-Harcouët et Céton et dans le Perche, variant de 300 à 400 mg/kg.

Fosse



Patrick Le Gouée

③ Une fonction d'épuration et de régulation

L'épuration et la régulation de l'eau

Les sols permettent le stockage et le transit des eaux de pluie. Ils régulent les écoulements et jouent un rôle de filtre naturel pour épurer les eaux.

L'épuration de l'eau

Le rôle de filtrage du sol permet l'amélioration de la qualité de l'eau. Les micro-organismes et les autres composés qu'il renferme participent à la dégradation des produits épandus, qu'ils soient sous forme solide ou liquide, minérale ou organique.

Les capacités de filtrage d'un sol dépendent :

- de sa nature ;
- de sa structure ;
- de ses propriétés chimiques ;
- et du climat (intensité des pluies, par exemple).

Or, les types de sols et le climat sont très variables : la texture du sol, la pluie ou l'irrigation peuvent être très différentes à quelques mètres ou centaines de mètres près. Il est donc **particulièrement compliqué de modéliser précisément, même à partir d'une origine précise, les phénomènes de dispersions de pollutions dans les sols et en direction des nappes et des cours d'eau.**

La régulation des écoulements aquatiques

La circulation de l'eau dans un sol dépend de **sa porosité et de sa structure** (connectivité entre les pores...). L'importance de la biodiversité dans le sol, par ses fonctions d'aération, participe ainsi à améliorer les possibilités de stockage et de mise à disposition de l'eau. En cas de pluies importantes et intenses, une structure aérée contribue à ralentir les écoulements et à retenir l'eau mise à disposition pour les végétaux (cf. risques inondations, partie « eaux »).

La régulation des flux de gaz à effet de serre

Le sol joue le rôle de puits ou d'émetteur de carbone, principalement sous forme de dioxyde de carbone (CO₂).

L'évolution du stock de carbone organique dans les sols résulte de l'équilibre entre le volume des apports végétaux au sol et la vitesse de minéralisation. Certains changements d'usage ou de pratiques agricoles favorisent le stockage de carbone dans les sols, comme la conversion des cultures en prairies ou en forêts. Au contraire, la mise en culture des prairies ou des forêts entraîne une diminution du stock de carbone.

A l'échelle régionale, les **sols des plaines céréalières sont celles qui stockent le moins de carbone** (cf. partie « Climat »).

Ruissellement



Patrick Le Gouée

Culture de colza en plaine de Caen (14)



Sandrine Hélicher/DREAL BN

4 Un support de développement pour les activités humaines

Les sols sont le support de nos activités humaines : l'agriculture, l'urbanisation et la construction de voiries en sont les principales illustrations.

L'agriculture

La Basse-Normandie est sans doute une des régions françaises où l'agriculture est la plus représentée sur le territoire. **La surface agricole utilisée (SAU) couvre presque les trois quarts du territoire (73 %), ce qui représente la plus forte proportion de France.**

Pourtant, comme partout ailleurs, cet espace agricole se rétracte. Entre 1988 et 2010, la SAU a reculé d'environ 20 ha par jour en Basse-Normandie, soit une baisse de 13 % sur la période. Cette baisse est globalement plus forte qu'au niveau national (- 6 %).

L'emprise agricole est essentielle et vitale mais elle peut avoir divers impacts suivant le mode d'utilisation. Dans la région, les terres labourables, plus lucratives, gagnent de l'espace. Le blé et le maïs fourrage assoient leur hégémonie sur les autres cultures.

Les prairies reculent

Les cheptels des bovins et des équidés restent cependant importants. **La Basse-Normandie demeure encore une région d'élevage, même si les terres consacrées à l'herbe continuent de régresser.** Entre 1970 et 2010, sur le territoire régional, **610 000 ha de prairies permanentes ont ainsi disparu.** La plupart du temps, les prairies ont laissé la place à des cultures (*GraphAgri Régions*, édition 2013).

Les terres labourables sont devenues majoritaires

En 1970, les terres labourables couvraient 15,5 % du territoire dont un tiers en blé ou en maïs. Quarante années plus tard, elles occupent 37,5 % du territoire régional. Les superficies de blé et de maïs ont été quadruplées. **Six hectares labourés sur 10 sont destinés à produire du blé et du maïs.** Ce dernier est principalement voué à l'ensilage pour l'alimentation des bovins.

Chiffres clés



Superficie terrestre de la Basse-Normandie : 1 773 950 ha
Surface agricole utile (SAU) : concept statistique destiné à évaluer le territoire consacré à la production agricole.

En Basse-Normandie, elle représente 73 % du territoire, soit 1 293 000 ha.

La SAU est composée de :

- terres arables (grande culture, cultures maraîchères, prairies artificielles...);
- surfaces toujours en herbe (prairies permanentes, alpages);
- cultures pérennes (vignes, vergers...).

Elle n'inclut pas les bois et forêts mais intègre les surfaces en jachère (comprises dans les terres arables).

En France, la SAU représente environ 29 millions d'hectares, soit 54 % du territoire national.

Evolution du nombre d'exploitations agricoles

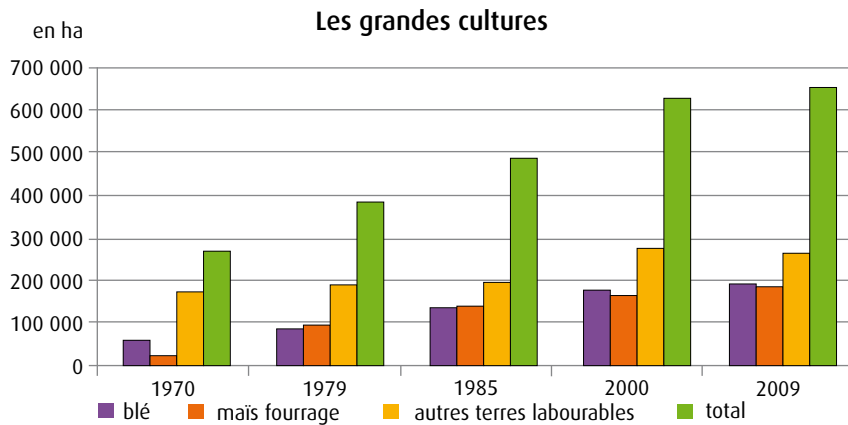
- 1970 : 78 100
- 2010 : 12 900



Séverine Bernard/DREAL BN

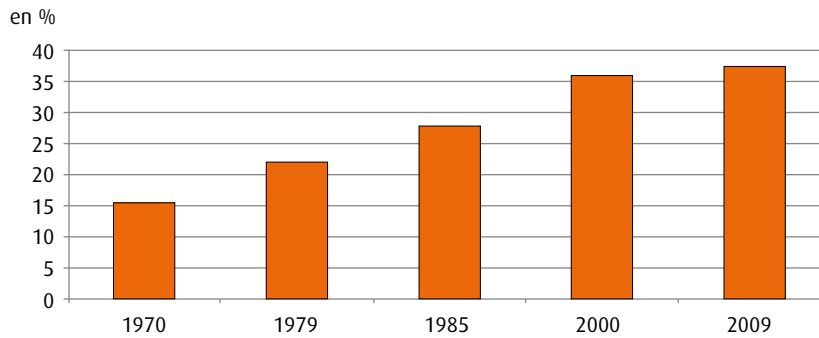
L'essor du blé et du maïs

Source : Agreste – Enquête Teruti-Lucas 2010 (traitement statistique du Service régional de l'information statistique et économique à la DRAAF de Basse-Normandie).

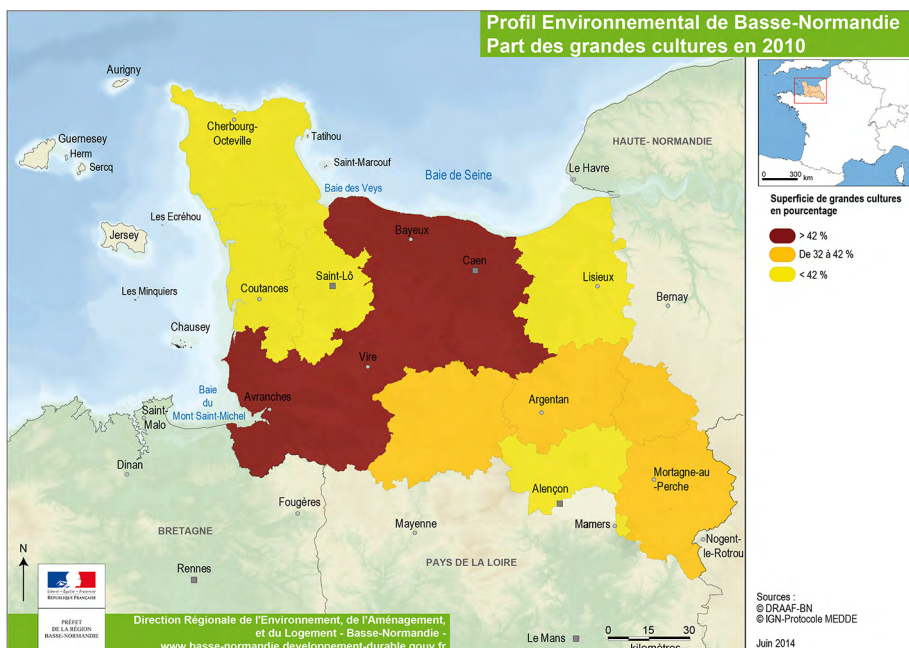


La progression des grandes cultures

En pourcentage du territoire régional



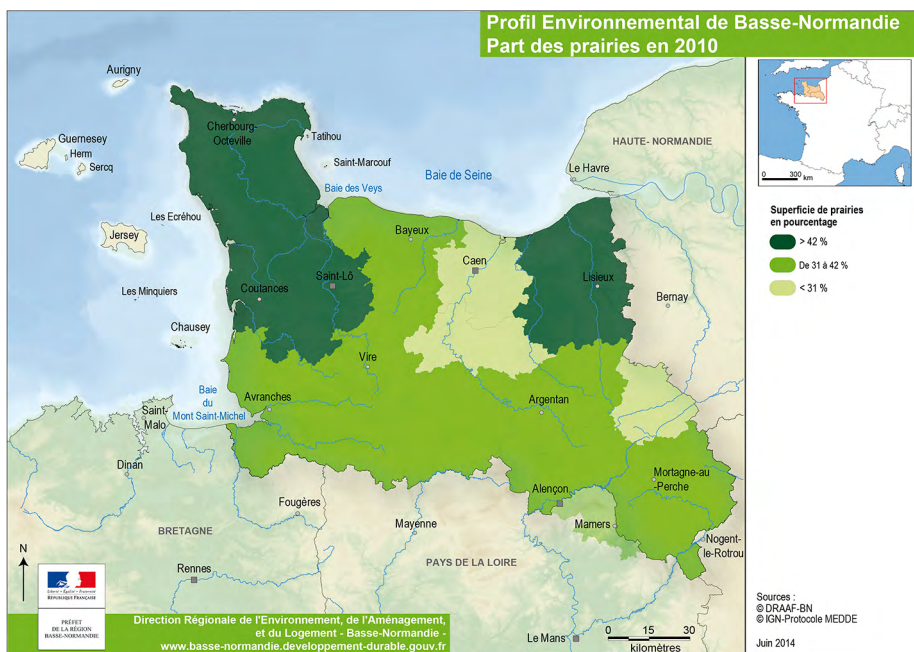
Sandrine Hélicher/DREAL BN



?

Définition

Grandes cultures : cultures de céréales, oléagineux, légumes secs et protéagineux, pommes de terre, légumes frais de plein champ et jachère.



?

Définitions

Les prairies

Prairies artificielles : surfaces ensemencées exclusivement en légumineuses fourragères vivaces (pures ou en mélanges). Il s'agit le plus souvent de cultures de luzerne, de trèfle violet ou de sainfoin. Ces prairies sont généralement fauchées et occupent le sol plus d'un an, mais leur durée peut théoriquement aller jusqu'à 10 ans. Les légumineuses pures, même semées depuis plus de 5 ans sont toujours considérées comme des prairies artificielles. Elles sont toujours composées de plus de 80 % de légumineuses semées.

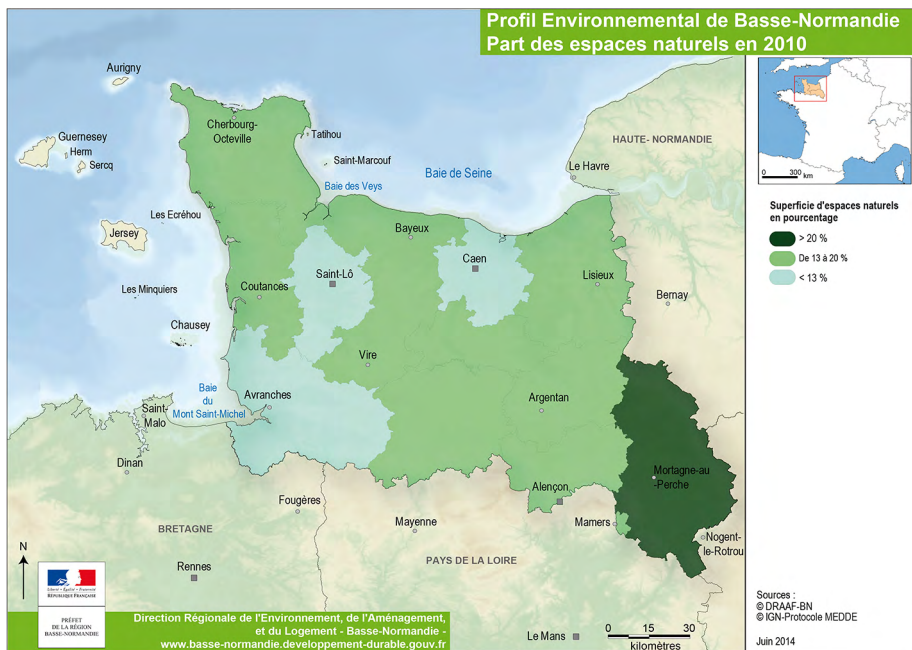
Prairies temporaires : superficies à base de graminées fourragères. Elles peuvent être semées en culture pure (raygrass anglais, dactyle, etc.), en mélanges de graminées fourragères ou bien de graminées fourragères mélangées à des légumineuses fourragères. Elles sont exploitables en fauche et/ou pâture. Leur flore est composée d'au moins 20 % de graminées semées. Ces prairies sont dites temporaires jusqu'à ce qu'elles aient donné lieu à six récoltes, c'est-à-dire jusqu'à leur sixième année d'exploitation. À partir de leur septième récolte (ou année d'exploitation) elles sont assimilées à des surfaces toujours en herbe.

Prairies permanentes ou superficie toujours en herbe : prairies naturelles productives, les prairies temporaires semées depuis plus de 6 ans et les prairies peu productives (parcours, landes, alpages...). Destinées à l'alimentation des animaux, elles peuvent être fauchées et/ou pâturées.

Tournebu (14)



Sandrine Hélicher/DREAL BN



?

Définition

Espaces naturels : zones humides et sous les eaux, sols nus naturels, landes et friches et sols boisés.

Les sols boisés sont caractérisés à la fois par la présence d'arbres d'essences forestières et par l'absence d'autre utilisation prédominante du sol. Les arbres atteignent une hauteur minimale de 5 m. Ils comprennent les forêts, les peupleraies, les bosquets. Les haies et alignements d'arbres leur sont rattachés.

Les landes et friches, appelées selon les régions landes, friches, maquis, garrigues ou savanes, sont caractérisées par la présence d'arbustes et de végétaux ligneux ou semi-ligneux bas. Les sols nus naturels sont les zones où le couvert végétal occupe moins de 50 % de la surface. Ils comprennent les dunes littorales, les plages de sable ou de galets, les zones à roche affleurante, les éboulis, etc. Les zones humides et sous les eaux comprennent les eaux intérieures courantes ou non, les marais salants et étangs d'eau saumâtre, les tourbières et marais intérieurs, les estuaires.

Marais du Grand Hazé (61)



Sandrine Hélicher/DREAL BN

L'urbanisation : un hectare sur dix est « artificialisé »

L'urbanisation consiste en l'aménagement d'espaces collectifs et individuels avec imperméabilisation de surfaces naturelles. Ces aménagements constituent des fragmentations continues et importantes en terme de surfaces utilisées. Ces emprises empêchent au sol de jouer son rôle d'évacuation des eaux et d'épuration naturelle des milieux.

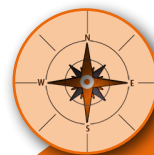
Les voiries constituent une emprise nécessaire pour les déplacements au sol. Elles constituent cependant une fragmentation importante des espaces naturels et des sources de pollutions chimiques des milieux avec les gaz d'échappements et les matériaux utilisés, notamment les bitumes.

Entre 2006 et 2010, les espaces artificialisés ont progressé de 4 %. Ils recouvrent 9 % du territoire en Basse-Normandie, en raison de l'essor des constructions de maisons individuelles et du développement des infrastructures routières. Cette artificialisation affecte surtout les sols agricoles car très peu de surfaces boisées sont concernées. **En 4 ans, ce sont près de 7 000 ha de terres agricoles qui ont ainsi été affectées à un autre usage. Depuis 2006, cette urbanisation a été deux fois plus forte dans la Manche (+6 %) que dans le Calvados et l'Orne (Source : Agreste, Données Basse-Normandie n°43, janvier 2011, *Vision statistique de l'occupation du territoire et son évolution récente à partir de l'enquête Teruti-Lucas*).**

Le chantier de l'A88 entre Argentan et Falaise



Valérie Guyot/DREAL BN



Repères

TERUTI-LUCAS

Utilisation du territoire

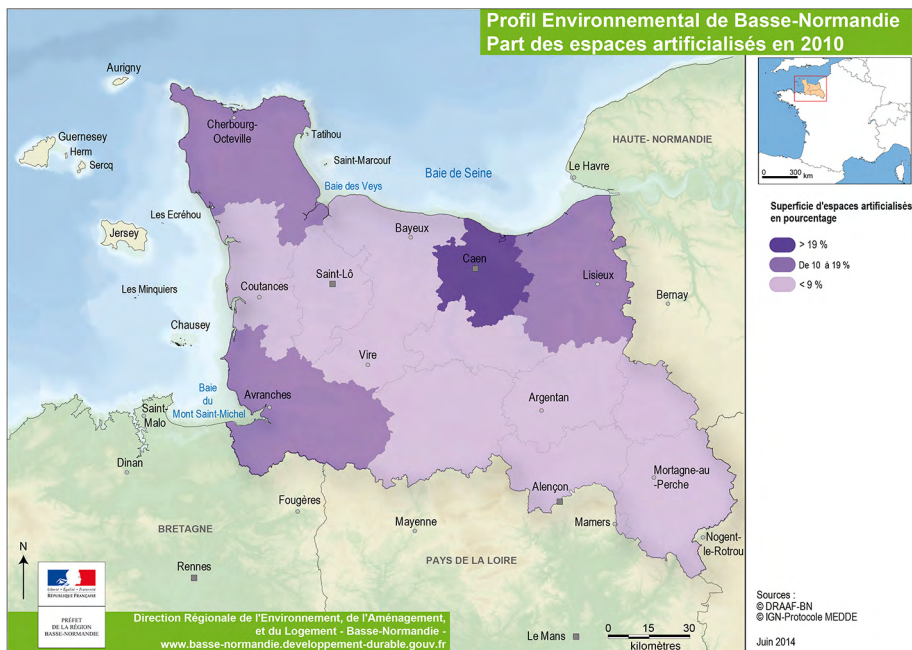
L'enquête Teruti-Lucas est réalisée par le ministère de l'Agriculture. La connaissance et le suivi de l'occupation du territoire sont des préoccupations anciennes de la statistique agricole.

L'enquête Teruti-Lucas poursuit au moins trois objectifs :

- connaître annuellement les différentes catégories d'occupation et d'usage de l'ensemble du territoire (agricole, naturel et urbanisé) ;
- suivre et quantifier les changements d'occupation et d'usage des sols et de la structure des paysages au fil du temps ;
- constituer une source de données pour d'autres analyses et études, par exemple l'élaboration d'indicateurs agri-environnementaux ou d'indicateurs paysagers.

L'enquête est effectuée par sondages auréolaires à deux niveaux de tirage, segments et points :

- Le segment est le premier niveau de tirage. Il s'agit d'une portion de territoire dont la taille peut varier de 1,5 km sur 600 m à 1,5 m sur 1,5 km ;
- Le point est le second niveau de tirage. Il s'agit également d'une portion de territoire, un cercle de 3 m de diamètre (fenêtre d'observation de base) dans le cas général ou 40 m de diamètre (fenêtre d'observation étendue) dans le cas des occupations hétérogènes. Les points sont espacés de 300 m à l'intérieur d'un segment.



Construction de la sortie n° 41 de l'A84 mise en service en 1998 à Saint-Ouen-des-Besaces (14)



DDTM 14

Définition

Espaces artificialisés : sols artificialisés non bâtis, sols revêtus ou sols bâtis.

Les sols artificialisés comprennent les sols bâtis, clos et couverts comme les immeubles et maisons d'habitation, les immeubles de bureaux ou commerciaux, les usines et les bâtiments agricoles, ou couverts seulement comme les halles de marchés, les quais de gare ou les hangars agricoles. Les serres et abris hauts leur sont rattachés. Les sols revêtus ou stabilisés tels que les routes, autoroutes, voies ferrées, chemins forestiers et agricoles, places, squares, ronds-points, parcs de stationnement, les cours de ferme et les sols stabilisés par le passage fréquent d'engins de chantier leur sont rattachés. Les autres sols artificialisés comprennent les mines, carrières, décharges, chantiers, terrains vagues, ainsi que les espaces verts artificialisés : espaces verts urbains, équipements sportifs et de loisirs.

Rond-point à Ifs (14)



Valérie Guyot/DREAL BN

Les utilisations industrielles

En plus des territoires utilisés pour les sites d'implantations, **les sols fournissent à l'industrie des ressources pour certains matériaux**. Leur exploitation a parfois eu des conséquences néfastes en particulier pour ce qui concerne les tourbières qui ont été exploitées pour le chauffage domestique par le passé et plus récemment par l'industrie.

Les tourbières sont issues d'un processus qui s'est déroulé sur plusieurs milliers d'années (5 à 10 cm par siècle). Elles forment des écosystèmes constitués de végétaux dont la croissance, dans certaines conditions, engendre l'accumulation d'importantes quantités de matière végétale. Celles-ci, après une transformation modérée biochimique et mécanique (décomposition très lente et très incomplète), forment une roche **combustible renfermant jusqu'à 50 % de carbone : la tourbe**.

Les tourbières sont des milieux très fragiles qui abritent des espèces animales et végétales peu communes. Elles ont une **valeur biologique** dans la mesure où ce sont de véritables « musées vivants » où sont conservés des types de milieux et d'espèces en voie de disparition (habitats, faune et flore spécifiques).

Elles ont également une **valeur hydrologique** : elles retiennent l'eau et participent à la régulation du cycle hydrologique dans les marais (intérêts en périodes d'inondations et de sécheresse).

Elles ont aussi une **valeur scientifique** : le caractère très acide de ces formations empêche la décomposition des végétaux en favorisant ainsi la fossilisation (pollens, spores, invertébrés et vertébrés), ce qui permet de retracer le paysage botanique et le climat au cours des 15 000 dernières années.

Les impacts environnementaux de l'exploitation des tourbes présentent un enjeu important qui doit être intégré dans les procédures d'autorisation de ces sites, et l'exploitation de ces tourbes ne peut se réaliser que dans un équilibre entre les intérêts économiques et les intérêts de protection de l'environnement.

La tourbière de Baupré est située au cœur des Marais du Cotentin et du Bessin (Manche). Elle a été fortement et longtemps exploitée. D'abord traditionnelle avant la seconde guerre mondiale, l'exploitation est devenue industrielle et a perduré jusqu'à nos jours.

L'usage de la tourbe a évolué de la production de briquettes pour le chauffage domestique à l'alimentation de chaudières, puis à la production de tourbe à usage horticole.

Tourbières à Sphaignes dans la forêt de Saint-Evroult (61)



Michel Provost

3. Les principales altérations des sols

À découvrir dans ce chapitre

- ▶ L'artificialisation des sols
- ▶ Les altérations physiques des sols : l'érosion
- ▶ Les altérations chimiques
- ▶ La radioactivité
- ▶ Les sites et sols pollués identifiés en Basse-Normandie

Les sols régionaux ont subi ces dernières décennies une érosion et des dégradations très importantes. La plupart sont dues à l'urbanisation et à l'intensification des techniques agricoles.

1 L'artificialisation des sols

L'artificialisation altère les sols par différents processus :

- imperméabilisation ;
- pollution ;
- tassement.

Comme dans la plupart des régions européennes, l'une des principales formes de dégradation des sols tient au processus d'urbanisation. Celui-ci se fait aux dépens des terres agricoles par développement :

- des réseaux de transport ;
- des espaces industriels et commerciaux ;
- des espaces résidentiels, de services et de loisirs.

L'extension importante de l'urbanisation a des conséquences fortes pour l'environnement :

- elle prive l'agriculture d'une ressource pour la production alimentaire ;
- elle accentue les phénomènes de pollutions chimiques (développement et intensification des transports, imperméabilisation par des matériaux bitumeux...) ;
- elle détériore les milieux en empêchant les sols de jouer leur rôle d'épuration et de régulation ;
- elle aggrave les phénomènes d'inondation en accélérant le ruissellement ;
- elle fractionne les écosystèmes et réduit leurs fonctionnalités.

Au niveau régional, une étude de la SAFER de Basse-Normandie montre que, de 1982 à 2004, les surfaces urbanisées ont progressé de 40 % (Source SAFER et Patrick Le Gouée). Le volume a été consommé :

- à 50 % pour la construction de logements ;
- à 30 % pour les besoins industriels et commerciaux et d'infrastructures ;
- à 20 % pour l'agriculture (bâtiments...).

Au cours de la dernière décennie, la consommation d'espace en Basse-Normandie est de l'ordre d'1 ha par commune et par an. L'urbanisation s'est renforcée principalement autour des pôles urbains, en bordure littorale et à proximité des axes routiers de première importance. Elle s'est implantée surtout au détriment des prairies (70 % des surfaces consommées) et des cultures (25 %). Environ 59 000 ha dédiés à l'agriculture ont trouvé une autre vocation dans cette période, dont l'habitat, les loisirs et les infrastructures.



Définition

Selon la nomenclature de l'occupation des sols de Corine Land Cover :

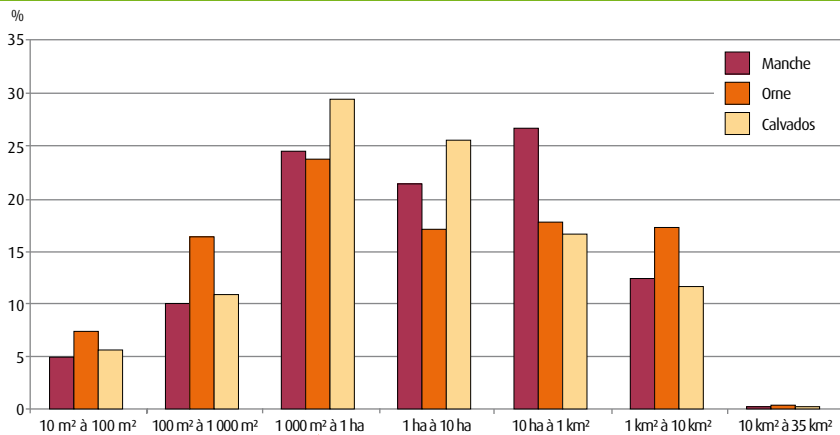
Les **espaces artificialisés** recouvrent les zones urbanisées (tissu urbain continu ou discontinu), les zones industrielles et commerciales, les réseaux de transport, les mines, carrières, décharges et chantiers, ainsi que les espaces verts artificialisés (espaces verts urbains, équipements sportifs et de loisirs).

Les **milieux naturels** comprennent les forêts, les pelouses et pâturages naturels, les landes et broussailles, la végétation sclérophylle, les forêts et végétation arbustive en mutation, les plages, dunes et sables, les roches nues, la végétation clairsemée, les zones incendiées, les glaciers et neiges éternelles, les marais intérieurs, tourbières, marais maritimes, marais salants, les zones intertidales, les cours et voies d'eau, les plans d'eau, les lagunes littorales, les estuaires, les mers et océans.

La Basse-Normandie est sillonnée et fragmentée par un tissu très dense de voiries routières et ferroviaires. Leur surface cumulée atteint 4 % du territoire (716 km²).

Le développement du tissu routier et ferroviaire fragmente les espaces. La région est morcelée en une **multitude d'îlots dont près de la moitié font moins de 1 ha**. Le plus grand de ces îlots ne fait que 23,56 km² dans le Calvados. Les plus grands îlots de la Manche et de l'Orne représentent respectivement 37,2 et 29,96 km² (Source : DREAL de Basse-Normandie).

Fractionnement du territoire bas-normand par les voies routières ou ferroviaires - Classes de répartition des surfaces enclavées



25 % des territoires représentent une surface comprise entre 1 000 et 10 000 m²

? **Définition**

Les **territoires agricoles** regroupent les terres arables, y compris rizières, les cultures permanentes, les prairies, les zones agricoles hétérogènes (cultures annuelles associées aux cultures permanentes, systèmes culturaux et parcellaires complexes, territoires principalement occupés par l'agriculture, avec présence de végétation naturelle importante, territoires agro-forestiers).

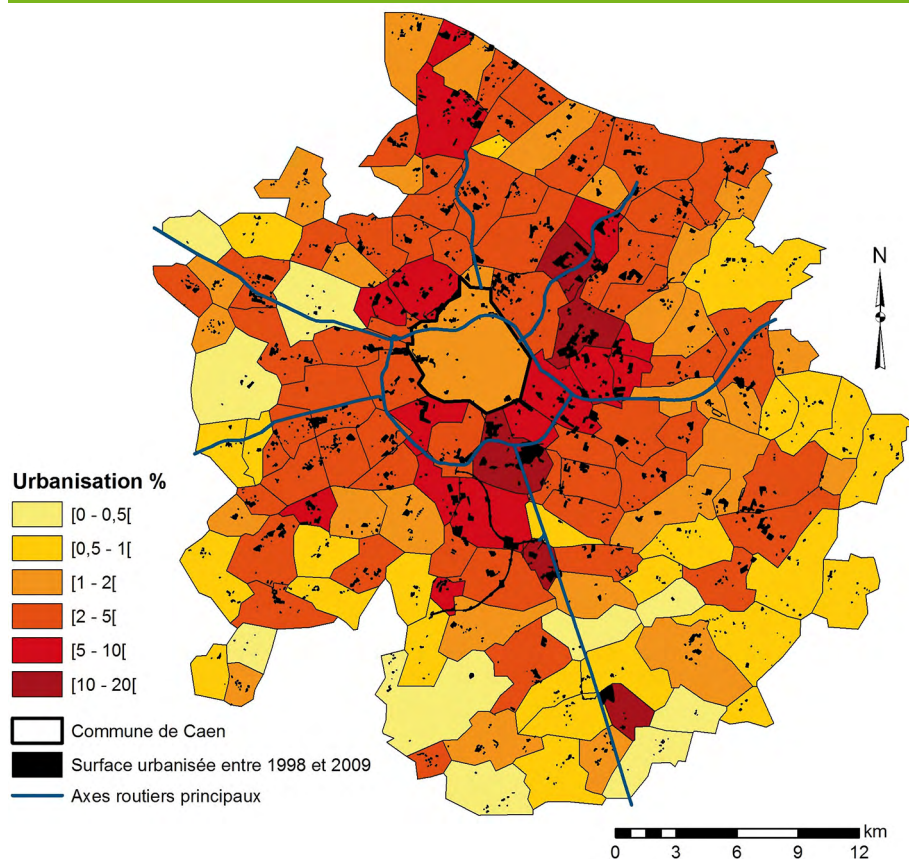
Les territoires non fragmentés de surface supérieure à 10 km² ne représentent que 0,25 % des territoires de l'Orne, 0,15 % de la Manche et 0,16 % du Calvados.



La représentation cartographique de l'urbanisation récente sur le territoire du SCoT de Caen-Métropole (915 km²) permet d'illustrer les dynamiques foncières en périphérie des espaces urbains et périurbains.

Taux de consommation des sols pour l'urbanisme dans l'agglomération caennaise dans la période 1998-2009

Source : Patrick Le Gouée et Safer de Basse-Normandie, 2011



Un gradient décroissant du taux de consommation des sols pour l'urbanisme apparaît à mesure que l'on s'éloigne de Caen. Les taux les plus élevés (>2 %) se concentrent préférentiellement dans un rayon de 5 à 10 km. Les axes routiers principaux (2x2 voies) ne semblent pas influencer la distribution spatiale des surfaces urbanisées. **Pour 90 % des communes situées dans la périphérie caennaise, la dynamique spatiale de l'urbanisation s'exprime sous la forme d'un étalement urbain.**

A l'échelle du Calvados, les conséquences de l'urbanisation récente sont importantes pour la production alimentaire. Il apparaît que sur l'ensemble des surfaces agricoles ayant été urbanisées entre 1998 et 2006 :

- 45 % étaient des terres de bonne qualité agronomique ;
- et 22 % des terres de très bonne qualité (Source : Patrick Le Gouée).

Les bonnes et très bonnes terres agricoles ont été plus consommées par l'urbanisation récente que les terres de moindre qualité. En 2006, la perte potentielle de production céréalière induite par l'urbanisation 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) atteindraient quant à elles 22 000 tonnes de matière sèche.



Séverine Bernard/DREAL BN

La préservation des terres à forte valeur agronomique apparaît donc comme une véritable nécessité.

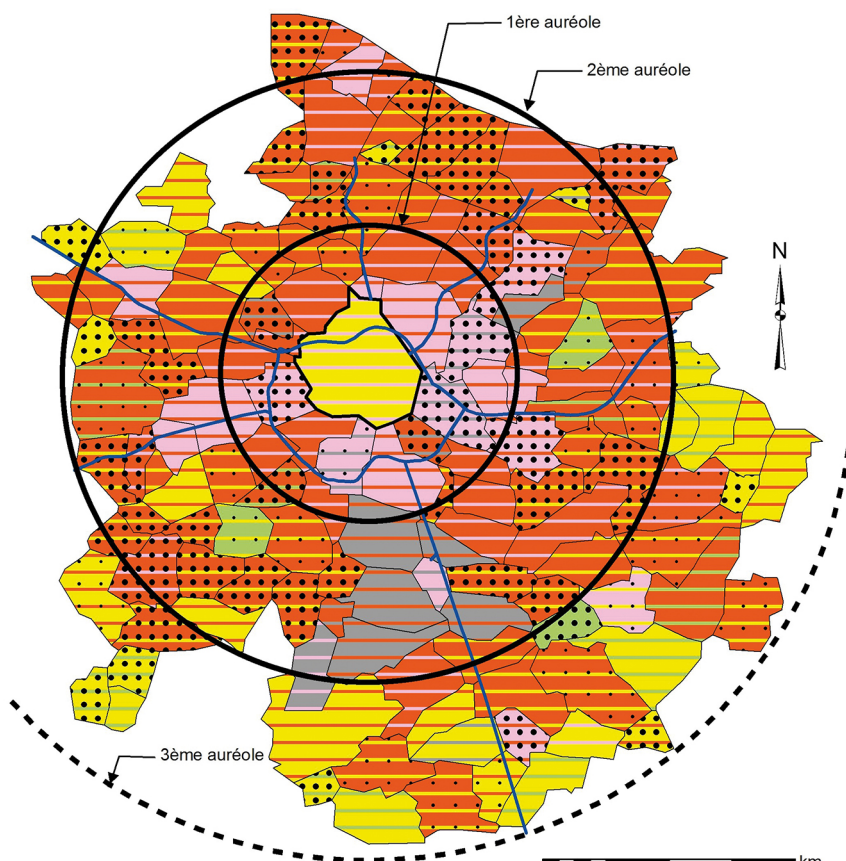
En l'absence de carte régionale des sols, l'étude sur la diminution de la production agricole par l'urbanisation n'a pas encore été effectuée sur l'ensemble du territoire bas-normand.

Des solutions pour limiter la pression urbaine sur les sols existent comme, par exemple :

- la réutilisation de friches industrielles ou commerciales ;
- la reconstruction de la ville dans la ville ou la densification de l'habitat ;
- le maintien de certaines fonctionnalités écologiques comme la réalisation de « coulées vertes » dans la ville, etc.

Modalités d'urbanisation principales et secondaires dans les communes du SCOT Caen-Métropole pour la période 1998-2009

Sources : Patrick Le Gouée et Safer de Basse-Normandie, 2011



Modalités d'urbanisation

Principales	Secondaires	Types
[Green box]	[Green box]	Infrastructure agricole
[Pink box]	[Pink box]	Infrastructure industrielle ou artisanale
[Yellow box]	[Yellow box]	Habitat disséminé
[Orange box]	[Orange box]	Lotissement
[Grey box]	[Grey box]	Voirie

Niveaux de dominance de la modalité principale

[White box]	Moyen
[Dotted box]	Fort
[Dotted box]	Très fort
[Blue line]	Axes routiers principaux
[Black outline]	Commune de Caen

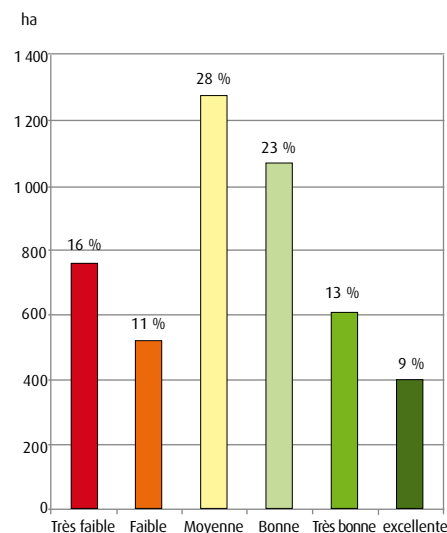
Sol agricole



Patrick Le Gouée

Qualité agricole des terres consommées par l'urbanisation dans le Calvados. Période 1998-2006

Source : Patrick Le Gouée



2 Les altérations physiques des sols : l'érosion

L'érosion est considérée comme la principale menace pesant sur les sols à l'échelle européenne. C'est un processus par lequel la couche superficielle du sol disparaît sous l'effet de plusieurs contraintes. Celles-ci peuvent avoir une origine naturelle ou être liées à l'activité humaine :

- écoulement de l'eau ;
- vent ;
- gravité ;
- travail du sol.

Même lorsqu'il s'agit d'un processus naturel, **l'érosion des sols est souvent accélérée par l'activité humaine** : modification du couvert végétal, organisation du parcellaire, etc.

En France, **l'érosion hydrique, liée à la pluie et au ruissellement, est considérée comme la plus préoccupante**. Elle est aussi loin d'être négligeable en Basse-Normandie. Elle est liée à différents facteurs, plus ou moins accentués selon les caractéristiques des sols : ses impacts sont très importants pour la production agricole.

Les différentes formes d'érosion des sols

Différentes formes d'érosion des sols sont identifiées en Basse-Normandie. Elles prennent trois aspects principaux :

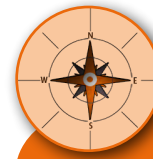
- l'apparition de croûte de battance ;
- la faible épaisseur du sol ;
- l'imperméabilité des substrats rocheux.

Elles sont plus ou moins marquées selon :

- l'importance des pentes ;
- la structure des sols ;
- leur état pendant l'interculture (nu, labouré, partiellement couvert) ;
- leur capacité de stockage en eau ;
- la superficie des parcelles ;
- l'absence de barrière hydrologique (haie...) ;
- la nature argileuse ou non des couches inférieures ;
- l'agressivité des pluies.

La formation de croûtes de battance

La **battance** est un phénomène par lequel les premiers millimètres du sol se désagrègent sous l'action des pluies. Les gouttes d'eau fragmentent les agrégats et les éléments très fins comblent les pores du sol, ce qui crée une croûte au travers de laquelle l'eau ne s'infiltré que très lentement. Ce phénomène **limite donc la possibilité d'infiltration de l'eau** dans le sol et favorise l'accumulation de l'eau en surface et le ruissellement.



Repères

La vitesse moyenne de formation d'un sol est de 0,1 à 0,02 mm par an alors que l'érosion moyenne exporte 1 mm de sol en un an (IRD, 2006)

Aplanissement du micro-relief



Patrick Le Gouée

Dépôt de particules de terre dans les zones de fourrière



Patrick Le Gouée

La battance concerne notamment les sols riches en limons qui ont une faible stabilité des agrégats de l'horizon de surface. Lorsque ces sols ne sont pas protégés, ou pas suffisamment par un couvert végétal, les précipitations entraînent la formation d'une croûte de battance à la surface.

Sur cette surface battue, des pluies, même de faible intensité, peuvent générer rapidement l'apparition d'un ruissellement important. Celui-ci peut se déclencher même sur des pentes très faibles. Il occasionne alors une érosion diffuse peu perceptible. Elle s'exprime généralement par des accumulations de quelques centimètres d'épaisseur dans le bas des parcelles. Dans certains cas, il est possible de maintenir les sols par des cultures intermédiaires (culture dérobée...), par des chaumes, par une culture d'hiver ou du labour en période d'intercultures. Mais ces efforts ne suffisent pas à empêcher l'érosion.

La faible épaisseur du sol

Lorsque les sols sont caractérisés par une fraction limoneuse assez importante et une faible épaisseur (<30 cm), l'apparition du ruissellement est à la fois provoquée par l'installation partielle d'une **croûte de battance et par saturation du sol en eau**. La saturation tient à l'incapacité du sol à stocker cette eau en raison de sa faible épaisseur. Le ruissellement nécessite que les pluies soient :

- suffisamment intenses pour provoquer le développement de la battance
- et abondantes dans le temps pour entraîner un état de saturation prolongé.

Sur pente assez faible (2-5 ‰), le ruissellement occasionne la formation de griffures et de rigoles avec la formation de dépôts importants. La présence dans ces dépôts d'une charge caillouteuse de taille millimétrique à centimétrique souligne l'importance du ruissellement.

Les sols en relative instabilité structurale et en faible capacité de stockage sont confrontés à la formation d'un ruissellement très important, exacerbé par des pentes modérées lors des épisodes orageux. La fin du printemps et la période estivale sont les périodes les plus propices. En effet, les fortes pluies qui s'abattent en quelques heures rencontrent des sols non ou peu couverts par la végétation (avant les semis de printemps et après la moisson).

Des plaques entières peuvent être ainsi arrachées formant de véritables cicatrices dans la topographie. En l'absence de barrières hydrologiques, le ruissellement des surfaces émettrices s'organise à l'échelle du bassin versant et se transforme en crue turbide provoquant des dégâts matériels importants dans les parties aval.

Lorsque les sols sont peu épais et qu'ils reposent sur un niveau argileux, le ruissellement est accentué. La capacité d'infiltration des couches sous-jacentes est en effet très limitée en présence d'un niveau argileux. Les sols se saturent ainsi rapidement en périodes automnale et hivernale.

L'absence de pente significative peut assurer durablement le maintien de cet état hydrique. La mise en place d'une croûte de battance partielle réduit les possibilités d'infiltration des pluies. L'arrivée de nouvelles pluies s'accompagne de la mise en place rapide d'un ruissellement diffus, même lorsque la pente est à peine perceptible. De faibles modifications de la topographie peuvent suffire à rendre le ruissellement beaucoup plus spectaculaire. Il forme alors un chenal



Définition

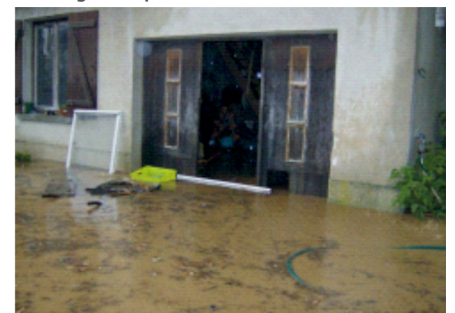
Une **culture dérobée** se place entre deux cultures principales au cours de l'année : entre une céréale et une plante sarclée par exemple. La culture dérobée peut-être semée après la moisson de la céréale et récoltée avant la mise en terre du tubercule ou avant les semis du printemps suivant. La culture dérobée concerne surtout les plantes fourragères : racines (raves, navets) ou légumineuses (vesces, trèfles). Elles complètent en produits verts la nourriture hivernale des bovins (plus spécialement celle des vaches en lactation).

Installation de griffures et de rigoles dans une parcelle de blé



Patrick Le Gouée

Crue turbide provoquant une inondation et des dégâts importants.



Patrick Le Gouée

très turbide qui peut facilement franchir les barrières hydrologiques et inonder notamment la voirie.

L'imperméabilité des substrats rocheux

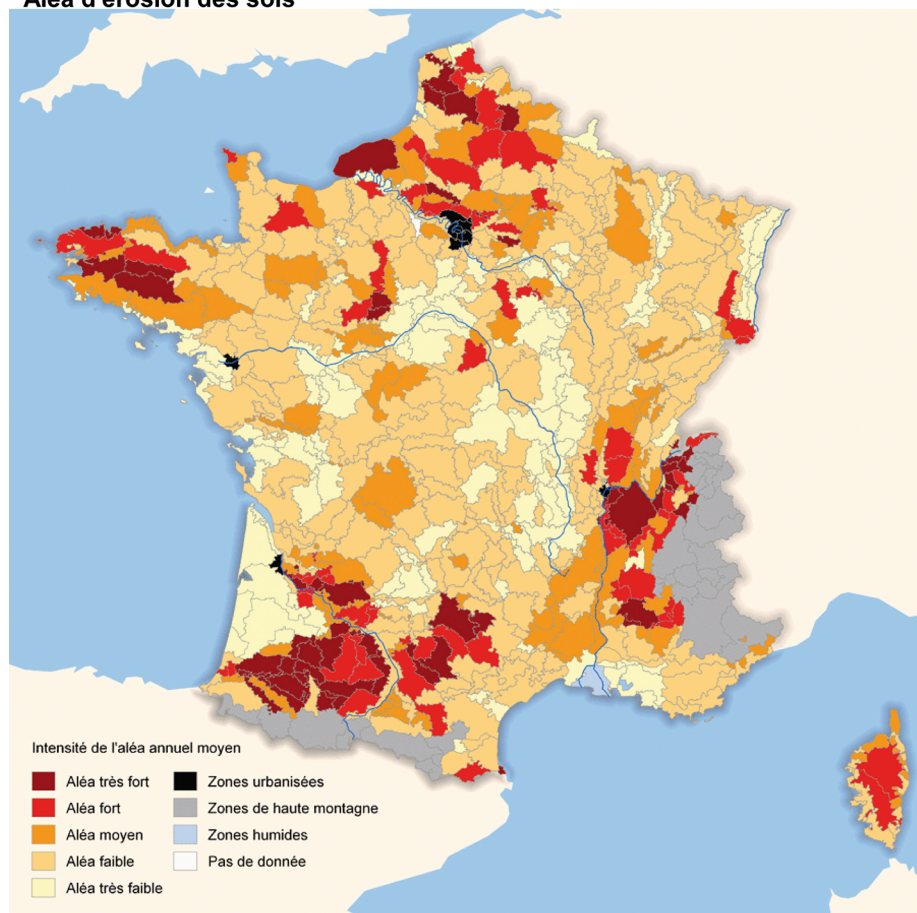
Dans certains cas, la très bonne stabilité structurale des sols ne suffit pas à inhiber l'apparition du ruissellement. L'imperméabilité des substrats rocheux, conjugué à une pente forte (>10 %), peut en effet empêcher l'infiltration en profondeur des eaux de pluie. La mise en place de ce ruissellement est indépendante de l'état de surface du sol : il peut se produire sur prairie. Il entraîne une érosion à la fois diffuse et concentrée avec la formation de rigoles ponctuelles.

Les conséquences de l'érosion des sols

Les impacts sur l'agriculture

Les préjudices liés à l'érosion hydrique des sols touchent d'abord ceux qui valorisent les sols au quotidien : les exploitants agricoles. Les dégâts concernent notamment les cultures. Cela se traduit par des destructions des semis, par des déchaussements ou par des arrachements de plants. En Basse-Normandie, l'aléa « érosion des sols » est loin d'être négligeable.

Aléa d'érosion des sols*



* **Note** : Aléa érosif des sols par petite région agricole, estimé à l'aide du modèle Mesales. Il combine plusieurs caractéristiques du sol (sensibilité à la battance et à l'érodibilité), du terrain (type d'occupation du sol, pente) et climatiques (intensité et hauteur des précipitations).

Source : Gis Sol – Inra – SOeS, 2010.

Ravines



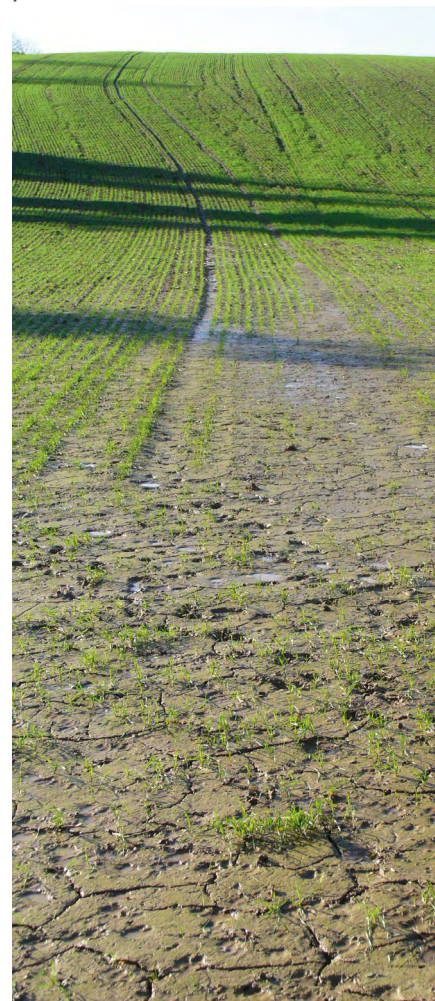
Patrick Le Gouée

Décapage de surface



Patrick Le Gouée

Accumulation de terre érodée en bas de parcelle en recouvrement du semis de blé



Patrick Le Gouée

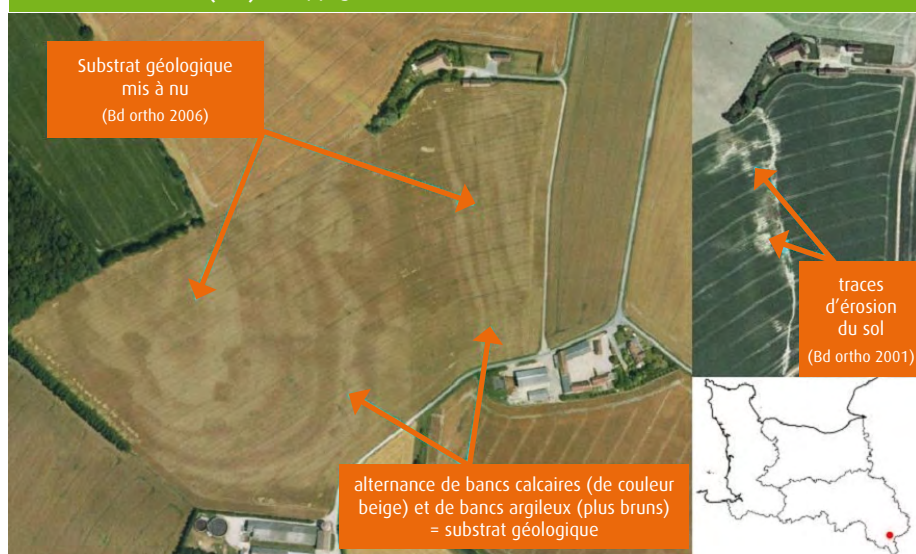
Dans les parties basses des parcelles, le dépôt de terre conduit au recouvrement des semis ou des jeunes plants enfouis sous la boue. D'autres préjudices moins visibles sont à signaler. Ils se traduisent par une perte de fertilité occasionnée par :

- une réduction de l'épaisseur du sol ;
- une diminution de la réserve utile ;
- une dilution de la matière organique ;
- une perte importante en éléments fertilisants et en produits de traitements.

Cette perte de fertilité conduit ainsi à une **perte de la qualité agronomique naturelle des sols**.

Les sols sont en cours d'érosion dans de nombreux secteurs en Basse-Normandie. Lorsque le sol est totalement érodé ou juste pelliculaire, la roche mère apparaît à l'affleurement comme ici dans une parcelle cultivée du Perche.

Mise à nu de la roche mère sous l'effet de l'érosion des sols dans le Perche (61) - Copyright : IGN BD Ortho 2001 et IGN BD Ortho 2006



Les impacts sur les aménagements collectifs et les biens

Les dégâts peuvent affecter également les structures collectives et les biens des personnes. Les « **coulées boueuses** » et **inondations** engendrées par l'érosion détériorent fréquemment des bâtiments, des ouvrages d'art, des routes, des réseaux de collecte des eaux et des habitations.

Les impacts sur la qualité des eaux

L'érosion des sols génère une **dégradation de la qualité des eaux** qui nécessite de recourir à des ouvrages de traitement supplémentaires pour en assurer la potabilité. Les particules de terre érodées entraînent une augmentation de la turbidité des cours d'eau à l'origine de l'altération de la qualité biologique du milieu aquatique. La pénétration de la lumière dans l'eau est réduite et l'activité de photosynthèse se trouve diminuée par :

- l'envasement du lit modifiant les équilibres écologiques ;
- la perturbation de la faune piscicole (pouvant entraîner des mortalités importantes de poissons) ;
- des apports d'éléments nutritifs pouvant favoriser l'eutrophisation ;
- l'introduction d'éléments polluants.

Salissures de route



Patrick Le Gouée

Les particules de terre érodées entraînent une augmentation de la turbidité des cours d'eau



Patrick Le Gouée



Patrick Le Gouée

3 Les altérations chimiques

Les altérations physiques et chimiques des roches permettent la constitution de sols sur de très longs termes. Cependant, le développement systématique du recours aux produits chimiques et à des procédés mécaniques lourds pour l'agriculture, l'industrie, l'urbanisation, les transports... conduit à de **vastes déséquilibres** avec des dégradations importantes des sols.

Ces phénomènes provoquent une moindre efficacité des processus naturels de fertilisation, d'épuration et de régulation.

Les altérations dues à des excès

Les altérations chimiques dans les sols concernent notamment :

- les pesticides ;
- l'azote ;
- le phosphore ;
- les éléments traces.

Les pesticides

Le sol est un milieu vivant : s'il héberge des populations susceptibles de provoquer des maladies pour les plantes, c'est aussi un lieu de vie pour certains organismes qui sont favorables à la santé et à la croissance des végétaux. Les pesticides ou « produits phytosanitaires » ont pour objectif de lutter contre les organismes jugés nuisibles pour les cultures, les animaux, les humains... Ils sont utilisés en quantité importante dans différents domaines : agriculture, entretien de voirie (routes et voies ferrées) et divers autres usages privés ou publics (jardinage, espaces verts, traitement des locaux...).

Ces substances actives et les molécules issues de leur dégradation sont susceptibles de se retrouver dans les différentes composantes de l'environnement (air, sol, eaux, sédiments...) ainsi que dans les aliments. Même si elles ont initialement un rôle sanitaire contre les nuisibles, elles représentent aussi des **dangers pour l'homme et les écosystèmes**, avec un impact immédiat ou à long terme, **notamment si elles sont utilisées en excès ou dans de mauvaises conditions**.

Peu de données sont aujourd'hui disponibles sur la présence des pesticides dans les sols à l'exception de celles concernant la présence de chlordécone dans les Antilles Françaises. Les premières évaluations globales sont menées actuellement à l'échelle nationale par le Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS). Les premiers résultats montrent que presque **100 % des 200 échantillons analysés contenaient du lindane** (étude Anses, octobre 2010, cf. bibliographie), un insecticide pourtant interdit depuis 1998, mais fortement persistant dans l'environnement.

Chiffres clés



En quantité de substances vendues, la France occupait en 2004 le 1^{er} rang européen et le 3^e rang mondial avec 76 100 tonnes de substances actives vendues.

La France, pays agricole, est le plus gros consommateur de pesticides de l'Union européenne.

Si l'on ramène cette **consommation à l'hectare cultivé** (hors prairies permanentes), elle arrive en 4^e position avec **5,4 kg/ha**, derrière le Portugal, les Pays-Bas et la Belgique (Aubertot et al., 2005).

L'agriculture consomme 90 % des quantités de substances actives phytosanitaires vendues en France (Aubertot et al., 2005).



Repères

Le **chlordécone** a été utilisé comme insecticide, notamment dans les bananeraies antillaises pour lutter contre le charançon. Des recherches ont été entamées pour estimer sa dangerosité. Ce perturbateur endocrinien a été classé cancérigène possible en 1979. Des effets neurologiques, endocriniens et hormonaux ont pu être mis en évidence par différentes études. Interdit en France depuis 1990, il a néanmoins été utilisé pendant plus de 20 ans aux Antilles, où la molécule persiste toujours dans les sols. La pollution semble engendrer une augmentation des risques pour la santé, surtout par la consommation d'aliments cultivés dans des sols contaminés.

La rémanence des pesticides, leur bioaccumulation dans la chaîne alimentaire et les perturbations structurelles qui en résultent montrent l'enjeu de développer ces analyses de manière approfondie en Basse-Normandie, conjointement à celles sur la biodiversité des sols.

Dans la région, l'étude menée par AirCOM sur la période 2003-2005 indique que plus de 140 molécules chimiques différentes sont régulièrement utilisées, que ce soit par le monde agricole, les services publics, les collectivités ou encore les particuliers (cf. partie « Air »).

L'agriculture biologique a pour principe l'absence de recours à certains produits chimiques et l'utilisation de méthode plus respectueuses de l'environnement. En 2013, 854 exploitations représentant 47 568 ha ont été recensés en agriculture biologique, ce qui constitue 4 % de la surface agricole régionale.

L'excès d'azote

Constituant principal de notre atmosphère, l'azote atmosphérique est capté par les plantes et par la biomasse microbienne du sol. Celle-ci joue un rôle fondamental dans le cycle de l'azote en transformant la matière organique fraîche en azote organique qu'elle va ensuite partiellement utiliser pour sa propre consommation.

A partir d'un processus de minéralisation, l'azote organique (NO_3^-) produit de l'azote minéral sous forme ammoniacale (NH_4^+).

Epandage pesticides

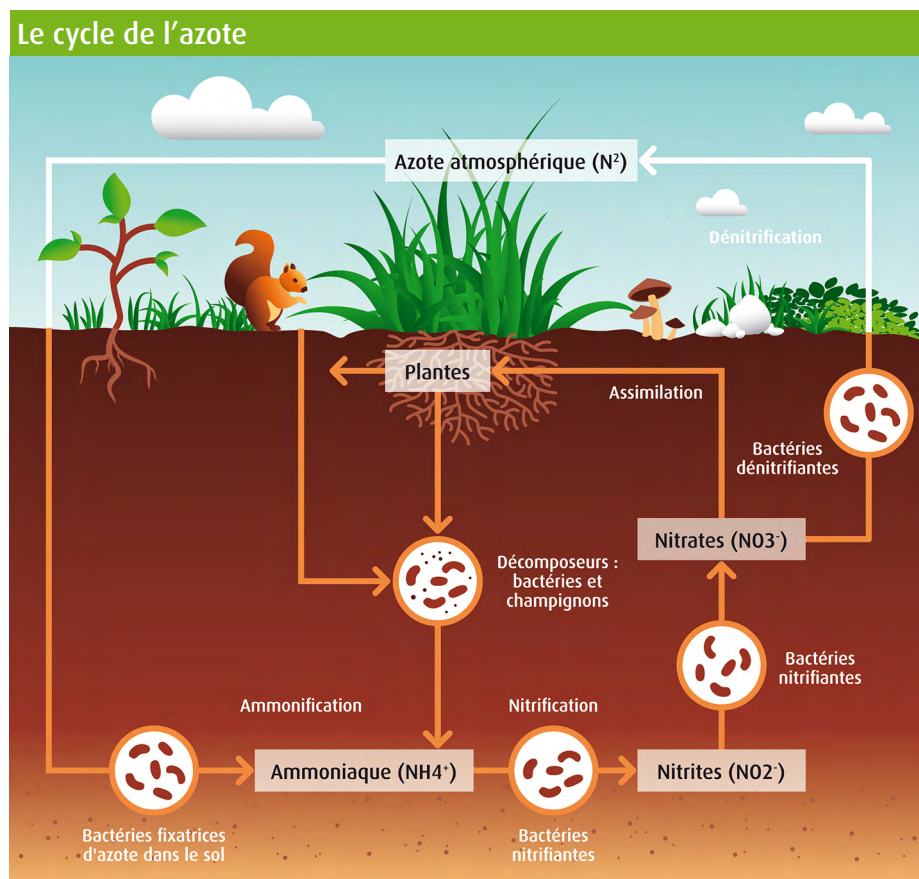


Laurent Mignaux/MEDDE-MLETR

Staphyllin



Fabrice Parais et Florence Magliocca/DREAL BN



Réalisation : DREAL de Basse-Normandie et Agence Bingo

? **Définition**

La **biomasse** désigne l'ensemble des **végétaux et des animaux**, ainsi que des **déchets organiques** qui leurs sont associés. La biomasse végétale provient de la photosynthèse et constitue une source d'énergie renouvelable (nutrition, combustion, fermentation). La fermentation, ou dégradation par des bactéries en milieu aérobie permet d'obtenir un compost, et, en milieu anaérobie, un biogaz riche en méthane. Les bactéries constituent, par leur nombre, la partie la plus importante de la population de la biomasse.

L'azote ammoniacal devient nitrite puis nitrate au cours de la nitrification. L'azote minéral peut être ensuite retransformé :

- soit en azote organique en étant assimilé par les plantes ;
- soit en azote atmosphérique par dénitrification.

Il ressort de ce schéma fonctionnel un cycle en équilibre que l'homme peut perturber en augmentant la teneur en azote minéral dans le sol par une fertilisation mal raisonnée dans les parcelles agricoles. Lorsque les cultures et les prairies ne consomment pas la totalité des apports, l'azote nitrique en excès peut être lessivé (lixiviation) par les eaux de drainage automnales et hivernales. Il en résulte un transfert de l'azote nitrique des sols vers les masses d'eau superficielles et souterraines.

L'azote en excès y pose un double problème :

- le dysfonctionnement des milieux aquatiques qui se mettent à surproduire certains organismes (algues notamment) ;
- la concentration excessive en nitrates des eaux potables.

En effet, **lorsque le seuil de 50 mg de nitrate par litre d'eau est dépassé, la ressource en eau n'est plus considérée comme potable**. En Basse-Normandie, ce seuil est régulièrement dépassé et justifie l'application d'une réglementation européenne retranscrite en droit français pour accompagner les agriculteurs vers des pratiques tenant compte des propriétés des sols, des caractéristiques climatiques et des besoins azotés des plantes (cf. partie « Eau »).

L'excès de phosphore

Les phosphates sont utilisés dans l'agriculture comme engrais pour enrichir les fruits et légumes en source de phosphore.

Les phosphates sont normalement présents et utiles à faible dose dans l'eau et les sols, mais **leur excès est une des causes majeures de surcharge en nutriment conduisant à des déséquilibres du milieu** (eutrophisation). Le phosphore en excès peut rejoindre les milieux aquatiques. Conjugué aux excès de nitrates, cet excédent conduit à une **prolifération d'algues sur le littoral, dans les fleuves, les lacs et les estuaires**. Il contribue donc aux problèmes de turbidité liés au verdissement des eaux. Ils sont aussi source de « métaux-lourds », éventuellement radioactifs, car le phosphore d'origine minérale est souvent, dans les engrais, associé à des métaux toxiques.

Une synthèse sur l'accumulation du phosphore dans les sols a été réalisée en 2009 par le GISSOL (groupement d'intérêt scientifique sol). Celle-ci montre très clairement **l'augmentation des concentrations de phosphores dans les sols du Grand-Ouest**. L'augmentation semble plus mesurée en Basse-Normandie qu'en Bretagne en termes de surfaces concernées. Il convient de nuancer cette analyse eu égard à la faible densité du réseau du GIS Sol dont les données ne peuvent autoriser l'accès à la diversité des situations locales. Seule la création d'un réseau spécifique et d'échelle adaptée permettra de mieux cerner la détérioration des sols vis-à-vis du phosphore.

Compte tenu de la raréfaction à long terme de la ressource minérale en phosphore, l'enjeu passe par une meilleure gestion du phosphore en France et par un recyclage des sources organiques.

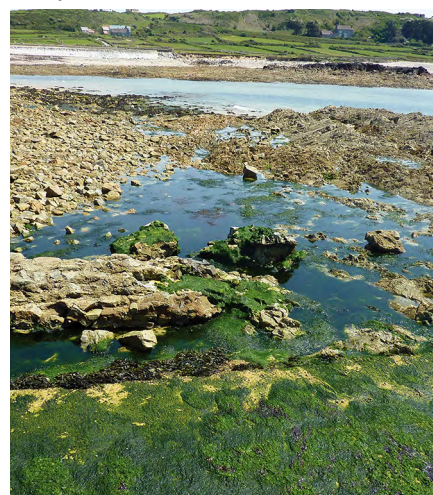
Chiffres clés



Substances utilisées pour l'agriculture en Basse-Normandie

- En 2006, 189 000 tonnes d'azote ont été épandues, si l'on compte l'azote organique en épandage et l'azote minérale en intrant. Cela représente une baisse de 11 000 tonnes par rapport à l'année 2001. Les apports d'azote organique et minéral sont en réduction sensible en Basse-Normandie. L'excédent se résorbe peu à peu mais de manière insuffisante pour rendre déficitaire le bilan global de l'azote évalué à plus de 30 000 tonnes (Sources : DRAAF et Agreste données Basse-Normandie n°19, Pratiques culturales 2006, Azote).
- En 2006, les apports d'éléments minéraux à l'agriculture régionale sont de l'ordre de 155 000 tonnes, soit des quantités par hectare de 69 unités d'azote, 23 de phosphore et 33 de potasse (extraits de Agreste Données Basse-Normandie, Pratiques culturales 2006, Engrais).

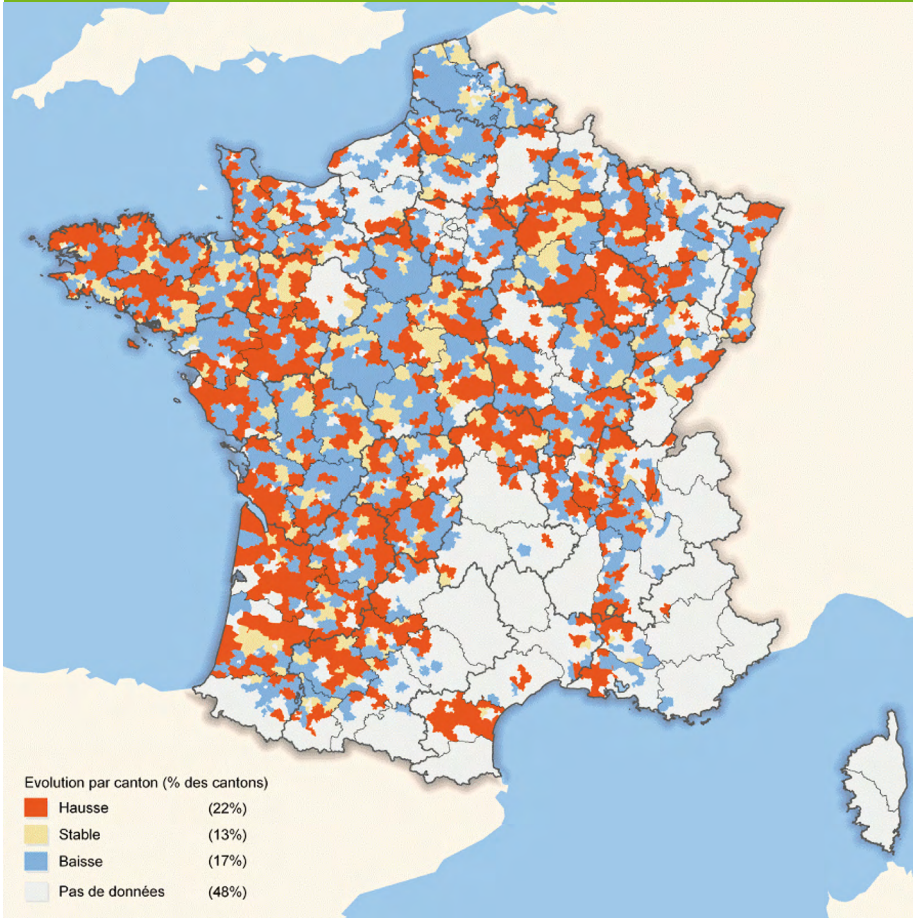
Eutrophisation du littoral



Séverine Bernard/DREAL BN

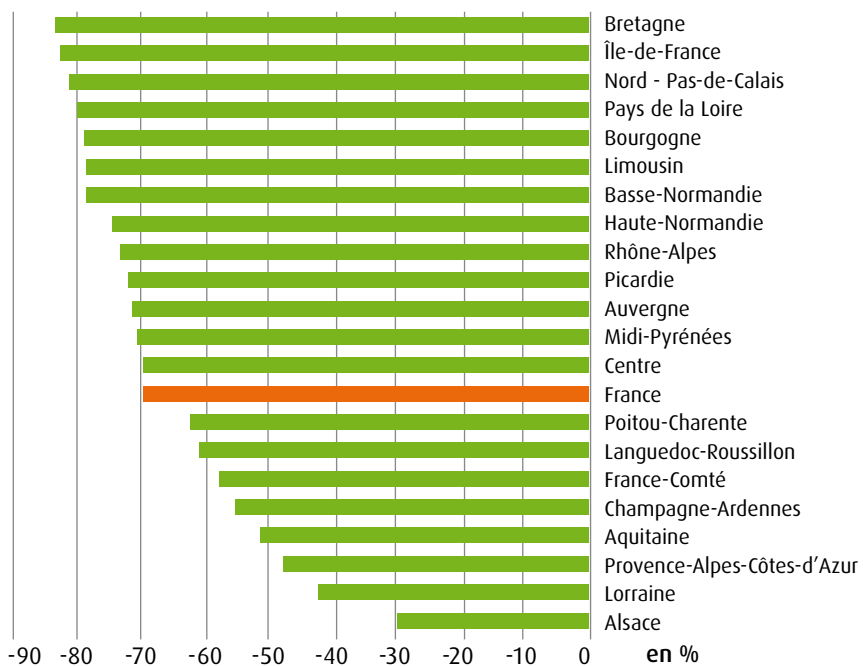
Évolution des teneurs en phosphore extractible entre les périodes 1990-1997 et 1998-2004

Source : Gis Sol (BDAT), 2009 - © IGN (BD Carto®), 2006. Traitements : Gis Sol - SOEs, 2009.



Diminution des livraisons régionales d'engrais phosphatés entre 1972-1976 et 2005-2009

Source : Union des industries de la fertilisation (Unifa)



Patrick Le Gouée

Les statistiques de livraisons de phosphore de l'Unifa montrent une baisse de plus de 50 % entre les campagnes 2007-2008 et 2008-2009. La moyenne nationale (hors Corse et Dom) passe ainsi de 10 à 5 kg P/ha fertilisable.

Les éléments traces

Les sols contiennent un certain nombre d' « éléments en traces ». Une partie, d'origine naturelle, provient de l'altération des roches. Une autre partie est liée aux activités humaines : industries, activités minières, trafic automobile, pratiques agricoles...

Certains sont indispensables aux plantes. Ils font partie des oligo-éléments. **Ils peuvent néanmoins s'avérer toxiques** pour diverses formes de vie, à des teneurs plus élevées (ex : cuivre et zinc). Il en va de même pour d'autres éléments dont le caractère indispensable n'est pas démontré (ex : plomb).

Les résultats des travaux récents illustrent clairement quelques-uns des impacts liés à nos modes de vie actuels sur cette dernière. La carte de la distribution du plomb dans les sols illustre par exemple l'impact dû au transport routier avant l'utilisation d'une essence sans plomb. Le métal s'est concentré le long des zones de circulation et d'activité.

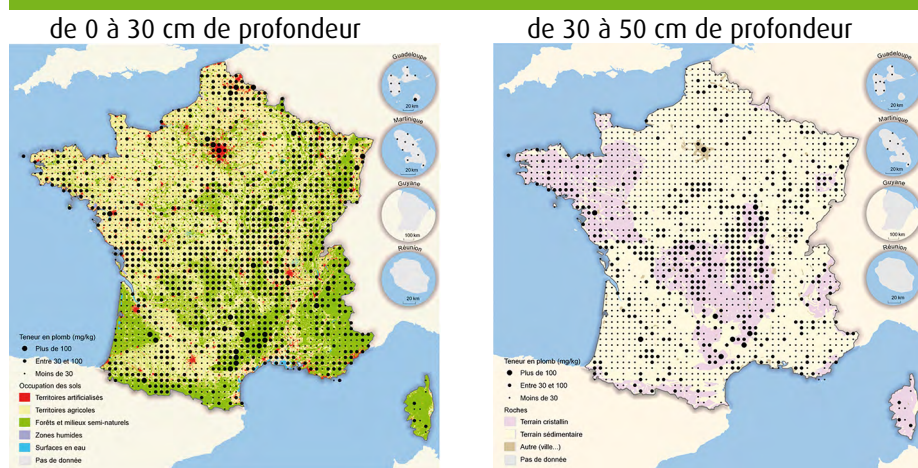
Trafic sur l'A13



Fabrice Thérèse/DREAL BN

Teneur en plomb dans les sols mesurées sur 2000-2009

Source : Gis Sol (RMQS), 2009 – UE-SoeS (CORINE Land Cover), 2006 - Traitements : SOeS, 2009.



En Basse-Normandie, seuls quelques points de suivi enregistrent des teneurs en plomb anormales. Ils se situent autour de Caen, de Saint-Lô, d'Avranches, de Valognes et d'Alençon.

La salinisation

La salinisation du sol est un processus d'accumulation de sels très solubles qui se traduit notamment par :

- une diminution de la fertilité des sols ;
- une diminution du stock d'eau mobilisable par les végétaux pour répondre à leur besoin hydrique ;
- et une réduction de la capacité d'infiltration des eaux pluviales.

Aujourd'hui, la salinisation représente un risque d'autant plus important pour la production agricole que le réchauffement climatique et la remontée du niveau des mers contribuent à accélérer la forte teneur en sel de la partie superficielle des sols.

Port de Goury (50)



Séverine Bernard/DREAL BN

En Basse-Normandie, une étude expérimentale universitaire (Hervo, 2001) s'est intéressée à l'impact des embruns marins sur la salinisation des sols littoraux dans les secteurs de Saint-Jean-le-Thomas (Manche) et de Lion-sur-Mer (Calvados). Il apparaît ainsi que ces embruns sont à l'origine d'apports excessifs de sels dans les premiers centimètres des terres arables.

Outre les conséquences préjudiciables pour l'agriculture (perte de rendement), cela provoque une diminution significative de la stabilité structurale des sols et une augmentation importante du risque de ruissellement et d'érosion hydrique. L'étude montre que le degré de salinisation des sols littoraux est fortement dépendant des types de temps météorologiques et de la structuration des espaces agricoles (absence/présence de haies).

Lorsque les conditions d'exposition aux embruns marins sont optimales (absence d'obstacle par rapport aux vents dominants), il a été démontré que la salinisation des terres agricoles pouvait se faire ressentir jusqu'à 4 à 5 km en retrait du trait de côte.

Les déséquilibres liés à des carences

Les carences recensées sont principalement liées à la **diminution de matière organique ou minérale**.

Le stock de matière organique du sol ne cesse de diminuer, en France, comme ailleurs. Les **pratiques agricoles expliquent en grande partie cette tendance**.

Les facteurs à l'origine de cette diminution sont les suivants :

- conversion des prairies en culture ;
- faibles restitutions des matières organiques fraîches par exportation des résidus de culture ;
- effet de dilution des labours profonds ;
- érosion des sols cultivés.

L'intensification des pratiques sylvicoles agit également en ce sens en raison de l'augmentation de la fréquence des éclaircies, des débroussaillages et des coupes rases.

Pour les sols, les conséquences négatives de la diminution de la matière organique sont nombreuses :

- baisse de la fertilité ;
- augmentation de la sensibilité à l'érosion ;
- renforcement de la sensibilité au tassement ;
- perte de biodiversité.

Comparativement aux autres régions françaises, la Basse-Normandie témoigne globalement d'un stock plutôt élevé de carbone organique présent dans les horizons de surface. Faible dans quelques secteurs comme le Perche (de 30 à 50 tonnes par ha), il devient important dans le Bocage ornais, le Sud-Manche et le Saint-Lois (supérieur à 100 tonnes par ha).

Salinisation des sols



Sandrine Hélicher/DREAL BN



Définition

La **matière organique** désigne la matière décomposée d'origine animale et végétale qui se trouve dans le sol. La matière organique fraîche est constituée de feuilles, brindilles, résidus de cultures, racines mortes, microorganismes morts...

Elle a plusieurs fonctionnalités :

- fourniture de nourriture pour les microbes du sol ;
- développement des activités microbiennes et des processus de transformation ;
- amélioration des propriétés physiques du sol (structure, capacité de rétention d'eau, aération...).

Elle est présente dans la plupart des sols (0,5 à 10 %).

Sols érodés



Patrick Le Gouée

4 La radioactivité

La radioactivité peut être d'origine naturelle ou artificielle. Les sols héritent des radio-isotopes de la roche dont ils sont dérivés et sont susceptibles également de subir une contamination radioactive extérieure.

Il existe plusieurs types de « radioactivité ». La radioactivité naturelle des sols provient essentiellement de radionucléides particulièrement présents dans les sols granitiques : il s'agit, entre autres, des différents composés de la chaîne de désintégration de l'uranium. A ceux-ci s'ajoutent les radionucléides créés par les rayonnements cosmiques et intégrés au cycle biologique, comme le carbone 14 et le tritium.

Il existe aussi une radioactivité artificielle résiduelle dans les sols due, pour la majorité, au dépôt de radionucléides gazeux au cours de précipitations. Ces radionucléides peuvent notamment provenir de **retombées d'essais nucléaires, d'accidents nucléaires, ou de rejets gazeux d'installations nucléaires ou classées pour la protection** de l'environnement (les chaudières à bois ou à charbon relâchent par exemple le carbone 14 piégé dans le combustible utilisé).

Le césium 137

Le césium 137 présent dans l'environnement français a deux origines principales : les retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires effectués entre 1945 et 1980, auxquelles se sont ajoutés en mai 1986, les dépôts consécutifs à l'accident de Tchernobyl. Ces deux origines font du césium 137 (^{137}Cs) le radionucléide artificiel le plus abondant et dont la répartition est la plus hétérogène. Jusqu'au début des années 1990, le milieu atmosphérique constituait le réservoir principal de césium 137.

Après dépôt progressif, le sol est devenu aujourd'hui le réservoir principal pour ce radio-isotope. Il peut être remobilisé sous l'effet de l'érosion. Des travaux de 2005 sur les retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl ont permis de les cartographier par simulation (source : IRSN).

Les dépôts radioactifs consécutifs à l'accident de Tchernobyl se sont répartis de façon très hétérogène en fonction des trajectoires des masses d'air contaminées et surtout de l'importance des pluies survenues durant la première semaine de mai 1986. C'est sur le tiers Est du pays que les dépôts de césium 137 ont été les plus importants, dépassant 10 000 Bq (Becquerel) par m^2 et atteignant localement 30 000 à 40 000 Bq/ m^2 sur les régions où les pluies ont été les plus importantes. Plus à l'Ouest, les dépôts ont été plus faibles, ne dépassant pas le plus souvent 4 000 Bq/ m^2 . A titre de comparaison, un être humain présente une activité naturelle de l'ordre de 8 000 à 10 000 Bq.

La demi-vie du césium 137 est de 30 ans, c'est-à-dire qu'il perd la moitié de son activité au bout de 30 ans. La carte ci-contre intègre les retombées des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère et celles de l'accident de Tchernobyl (26 avril 1986). Avant l'accident de Tchernobyl, le dépôt de césium 137 dans les sols de France était estimé entre 2 500 et 5 000 Bq/ m^2 selon les caractéristiques des sols et des pluies.

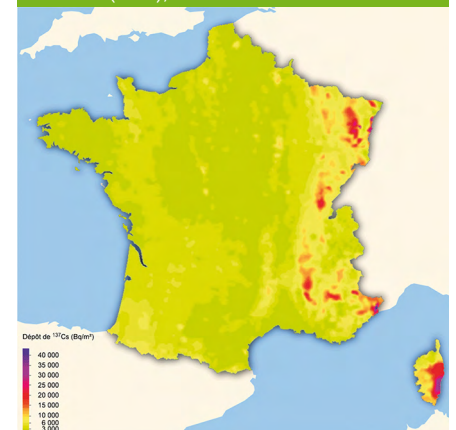
Chaufferie bois



Laurent Mignaux/MEDDE-MLETR

Reconstitution des dépôts de césium 137 dans les sols en 2006 suite à l'accident de Tchernobyl

Source : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), 2010



Aucun document ne permet à l'heure actuelle de reconstituer précisément l'impact sur les sols de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima.

Le radon

Le radon est un gaz radioactif d'origine naturelle présent partout à la surface de la planète mais plus spécifiquement dans les **sous-sols granitiques et volcaniques**. Il provient de la désintégration du radium lui-même descendant de l'uranium qui est un constituant de la croûte terrestre. A partir du sol et parfois de l'eau dans laquelle il peut se trouver dissous, le radon se diffuse dans l'air. En atmosphère libre, il est dilué par les courants aériens et sa concentration est faible. Dans une atmosphère plus confinée, comme celle d'un bâtiment, il peut s'accumuler et atteindre des concentrations élevées (cf. partie « Air »).

Seules quelques communes de la région ont fait l'objet d'une évaluation de la productivité de leurs sols en radon. La donnée cartographique reste cependant très incomplète.

Granit à Flamanville



Séverine Bernard/DREAL BN

5 Les sites et sols pollués identifiés en Basse-Normandie

Les « sites et sols pollués » identifiés en Basse-Normandie sont intégrés à deux bases de données référencées au niveau national. L'une présente un très grand nombre de sites pour lesquels il y a eu une exploitation industrielle potentiellement polluante : BASIAS. L'autre, plus restreinte, identifie les grands sites pour lesquels il y a des actions de surveillance ou de dépollution : BASOL.

L'inventaire historique des sites industriels et activités de service : BASIAS

BASIAS est une base de données qui a pour vocation de recenser et conserver les informations liées à l'utilisation d'un sol (activité, industrie...) et les pollutions potentielles en lien avec cette activité.

Les établissements recensés concernent principalement les domaines suivants :

- productions et/ou stockages des industries de chimie, pétrochimie, carbochimie, pharmacie, phytosanitaires et pesticides, extraction et raffinage du pétrole, gazéification, cokéfaction et transformation de la houille ;
- dépôts d'hydrocarbures et stations services ;
- métallurgie, fonderie ;
- sidérurgie primaire.

En Basse-Normandie, 5 544 sites sont recensés :

- 2 442 sites pour lesquels l'activité est terminée ;
- 1 214 pour lesquels l'activité est toujours présente ;
- 4 en activité et en friche ;
- 85 encore en activité mais qui ont été partiellement réaménagés ;
- le reste est non renseigné.

L'adresse internet pour l'accès aux données BASIAS est la suivante : basias.brgm.fr/

En Basse-Normandie, les sites où sont localisés des établissements accueillant des enfants ont été identifiés. Les résultats indiquent que **20 établissements sont concernés** dont 6 dans le Calvados, 11 dans la Manche et 3 dans l'Orne. Ces sites sont 5 écoles maternelles ou crèches, 3 écoles primaires, 6 collèges et 5 lycées. Une information et un suivi spécifiques sont réalisés pour connaître de manière plus précise l'état des pollutions effectives sur ces 20 sites.

? **Définitions**

BASIAS : inventaire historique des sites industriels et activités de service dont l'exploitation a été potentiellement polluante

BASOL : inventaire des sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics

La Société Métallurgique de Normandie (SMN), un ancien site pollué réhabilité



Valérie Guyot/DREAL BN

L'inventaire sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics : BASOL

Un **site pollué** est un site qui présente une pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pérenne pour les personnes ou l'environnement, du fait d'anciens dépôts de déchets ou d'infiltration de substances polluantes.

Ces situations sont souvent dues à d'anciennes pratiques sommaires d'élimination des déchets, à des fuites ou à des épandages de produits chimiques, accidentels ou pas. Il existe également autour de certains sites des contaminations dues à des retombées de rejets atmosphériques accumulés au cours des années voire des décennies.

La pollution présente un caractère concentré, des teneurs souvent élevées et sur une surface réduite (quelques dizaines d'hectares au maximum). Elle se différencie des pollutions diffuses, comme celles dues à certaines pratiques agricoles ou aux retombées de la pollution automobile près des grands axes routiers.

La base de données « BASOL » comptabilise 6 026 sites en France Métropolitaine. **Sur 69 sites bas-normands**, 42 font l'objet d'un suivi et/ou une restriction d'usage. Pour 17 sites, l'absence de surveillance est considérée comme justifiée.

Les données de BASOL sont consultables à l'adresse internet suivante : basol.ecologie.gouv.fr/

Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement : ICPE

Une « ICPE » est une exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains. Il s'agit par exemple d'activités d'élevage industriel (porcheries...) ou de conception de produits de consommation ou d'incinération (usine pharmaceutique...).

Ces activités sont énumérées dans une nomenclature qui les soumet à un régime d'autorisation, d'enregistrement ou de déclaration en fonction de l'importance des risques ou des pollutions susceptibles d'être générées.

Un site internet national met à disposition du public le registre de l'ensemble des installations classées pour la protection de l'environnement : www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/accueil.php.

La région compte en 2015 environ 1 510 établissements soumis à autorisation dont la moitié correspond à des exploitations agricoles (source : Ministère de l'Écologie). Ces structures sont très cadrées d'un point de vue réglementaire.

Devant le risque de pollution que représentent ces installations, un suivi spécifique est réalisé : contrôle des installations, suivi spécifique lié au risque pour la santé et renforcement de l'information du public.

Inspection d'un site de stockage de déchets



Valérie Guyot/DREAL BN

Les casse-automobiles sont des installations classées pour l'environnement



Valérie Guyot/DREAL BN

Les combustibles de Normandie



Valérie Guyot/DREAL BN

4. Les risques

Les risques pesant sur la qualité des sols ont diverses origines. Ils peuvent être de nature accidentelle et provoquer des pollutions spécifiques (chimiques, radioactives...) avec des impacts durables (cf. chapitre « Altérations » et partie « Air »). Ils peuvent aussi être liés aux impacts du changement climatique et aux activités humaines (diminution de leur capacité productive). Enfin, les sols subissent les aléas liés aux « tassements différentiels » qui ont des effets sur le bâti.

À découvrir dans ce chapitre

- ▶ La diminution de la capacité productive des sols
- ▶ Les tassements différentiels

1 La diminution de la capacité productive des sols

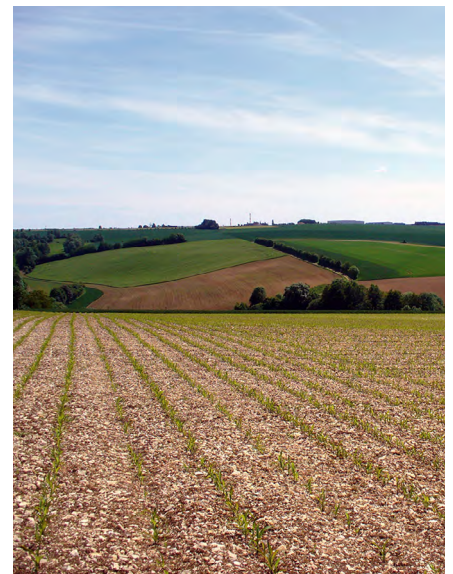
La baisse de la capacité productive des sols peut être liée à un déficit en eau pour la végétation ou à d'autres carences expliquant la baisse globale de leurs qualités initiales.

Les risques liés aux périodes de sécheresse

L'impact de la variabilité du climat régional sur les récoltes

Le climat tempéré océanique de l'Ouest de la France est à l'origine de situations parfois préoccupantes en raison des **déficits hydriques durables et prononcés en pleine saison agricole** (cf. sécheresse mémorable de l'été 1976). D'autres années, au contraire, ne connaissent aucune contrainte de déficit en eau (cf. 2007, qui connut cependant des problèmes d'inondations).

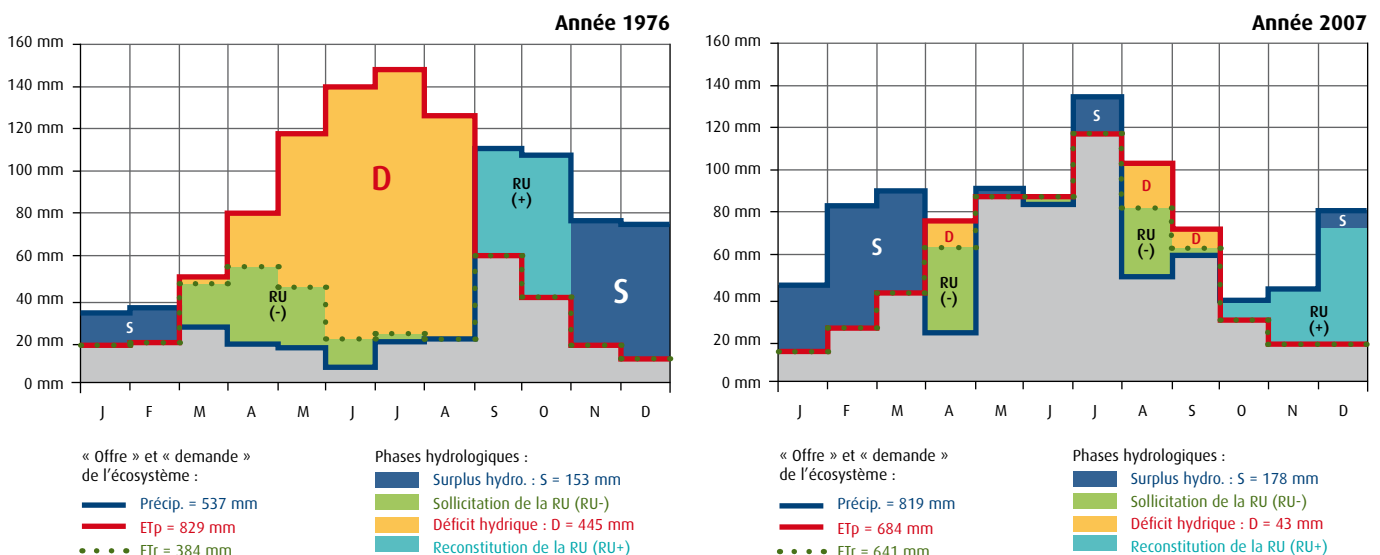
Cultures à Mortagne-au-Perche (61)



Patrick Le Gouée

La variabilité du bilan hydrique sur la Plaine de Caen pour une année marquée par la sécheresse (1976, à gauche) et une année humide (2007, à droite)

(calculé selon une décroissance exponentielle de la réserve utile pour un sol de 100 mm de capacité hydrique) (Cantat, 2012).



Des risques variables selon les types de sols

Au printemps notamment, la variabilité du climat pose des difficultés aux agriculteurs. **Les impacts sont différents selon les types de sols.**

En cas de faibles précipitations, le manque d'eau dans le sol apparaît rapidement en cette période de l'année très sensible pour les plantes. Cela influe sur la quantité et la qualité de la future récolte, particulièrement là où les sols ont une faible capacité hydrique et donc peu de réserves à la sortie de l'hiver (cf. 1976, 1982, 1984, 2010 et 2011). Les sols épais et limoneux atténuent grandement ce déficit.

La réalité peut être assez différente des résultats issus de calculs réalisés. La topographie, la qualité des sols et les nuances locales du climat expliquent de forts contrastes locaux concernant la réserve en eau réellement disponible pour les plantes. Pour rendre compte de la diversité des milieux géographiques, un **bilan hydrique spatialisé** intégrant le relief et la réserve des sols à échelle fine a été réalisé sur le Calvados.

Dans la perspective d'un possible changement climatique apportant sur l'Ouest de la France moins d'eau et plus de chaleur durant la saison végétative, l'accroissement des déficits hydriques estivaux à l'horizon 2100 est probable dans le Calvados. En l'absence de carte des sols dans les deux autres départements, ces simulations ne peuvent pour l'instant y être menées.

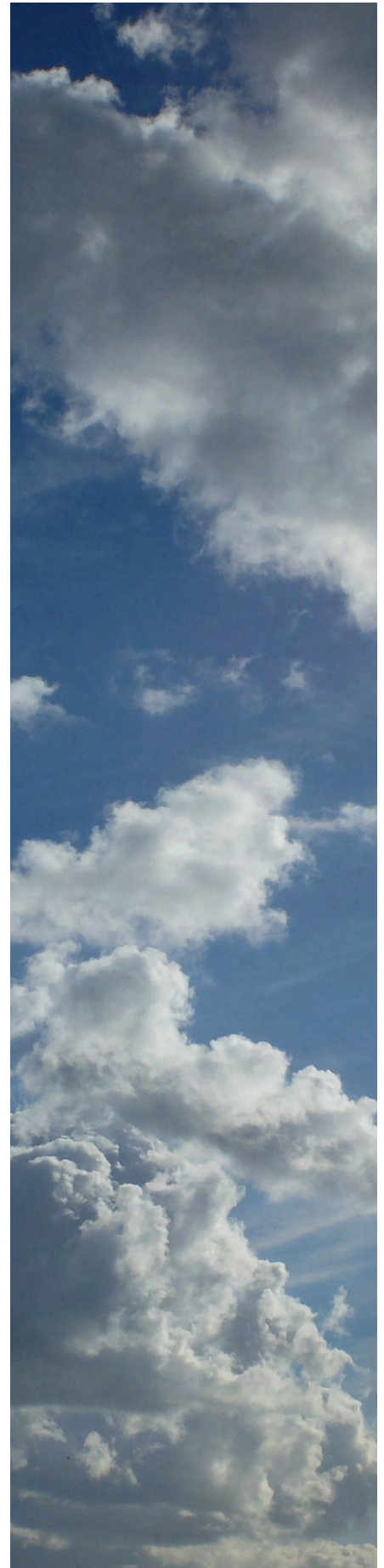
Si l'on considère les espaces de champs ouverts destinés à la culture céréalière (diagonale Bayeux, Caen, Falaise), bien que le climat y soit sensiblement identique, les différences de réserve en eau des sols occasionnent des contrastes très marqués dans le déficit hydrique estival.

Au Nord-Ouest de Caen, les sols profonds et limoneux atténuent la sécheresse des sols (le déficit n'y est que de 0 à 10 mm) alors qu'au Sud-Est, le stress hydrique est déjà beaucoup plus présent (déficit de 20 à 40 mm) en raison de la faible capacité hydrique de sols généralement minces et caillouteux. Le recours à l'irrigation pour ne pas pénaliser la production végétale y est donc nécessaire.

Cette carte met également en évidence la situation paradoxale du Bocage : si les précipitations généralement plus abondantes sur ces hauteurs sont un atout pour la conservation des herbages en été, la faible réserve utile des sols entraîne un déficit notable, conduisant les exploitants à importer du fourrage pour pallier le dessèchement des prairies certaines années (1976, 2011). Nous sommes parfois bien loin de l'image traditionnelle des collines de Normandie, région où « *l'herbe foisonnante, le bocage serré deviennent l'expression concrète d'un climat tout pétri d'humidité* »... (Trzpit, 1978).

Sous réserve de confirmation des projections climatiques, la situation à l'horizon 2100 montre une partition de l'espace géographique encore plus tranchée. On observerait alors une **aggravation notoire de la sécheresse des sols dans**

L'impact du climat sur les cultures est différent selon les types de sols

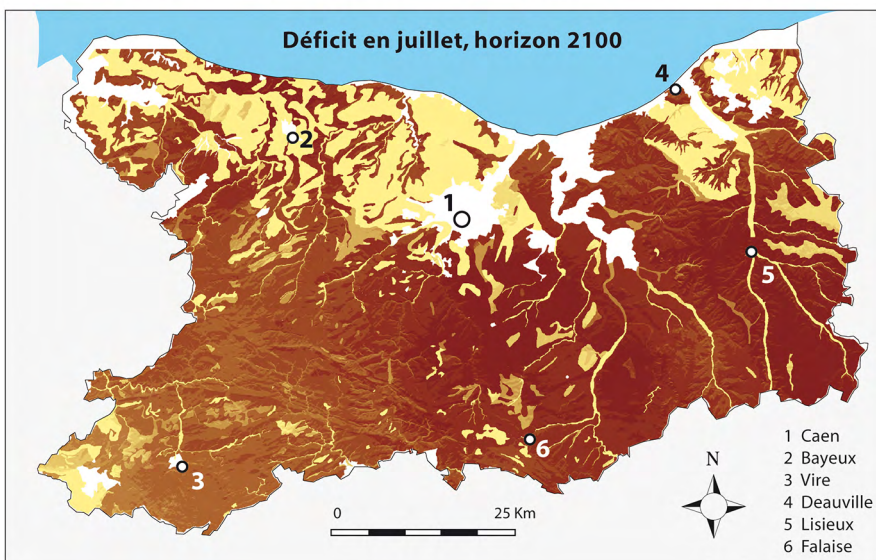
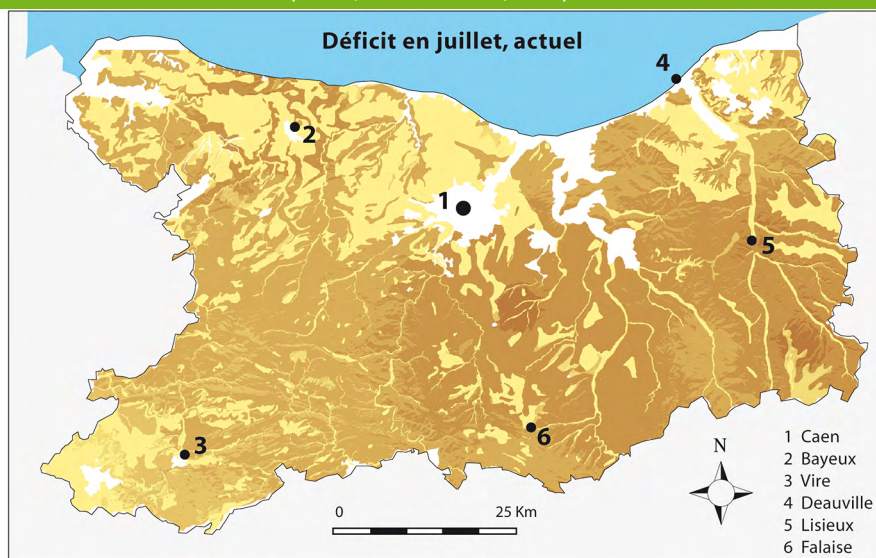


Emilie Jambu/DREAL BN

tous les secteurs à faible réserve utile, contrairement aux « bonnes terres » qui conserveraient le même faible niveau de contraintes hydrique. Ces bonnes terres sont localisées au Nord du Calvados, dans le Bessin notamment. Elles sont représentées en jaune sur la carte.

Culture du lin dans la plaine de Caen (14)

Diversité spatiale du déficit en eau estival actuel (moyenne 2003-2007) et du déficit envisagé à l'horizon 2100 : l'exemple du Calvados.
 Les espaces laissés en blanc à l'intérieur des contours du département correspondent à des zones urbaines ou des basses vallées (Cantat, Le Gouée et al., 2009).



La prospective à l'horizon 2100 traduit une aggravation sensible des conditions pédoclimatiques, ce qui pose à moyen terme la question de la vulnérabilité des systèmes de production agricoles pour lesquels la sécheresse accrue des sols durant la saison végétale serait la plus impactante (Le Gouée et al., 2010).



Sandrine Héricher/DREAL BN

2 Les tassements différentiels

Certains sols sont en mesure de subir des mouvements différentiels liés à leur assèchement estival et à leur réhumectation en hiver. Ce sont les argiles dites gonflantes qui, piégeant ou libérant l'eau selon les saisons, sont responsables de ce phénomène.

Le processus de retrait et de gonflement des sols argileux occasionne, sur le territoire français, des dégâts considérables sur les bâtiments. Il est à l'origine de déformations différentielles des terrains d'assise des constructions qui provoquent des désordres parfois très importants. Le risque affecte principalement le bâti individuel.

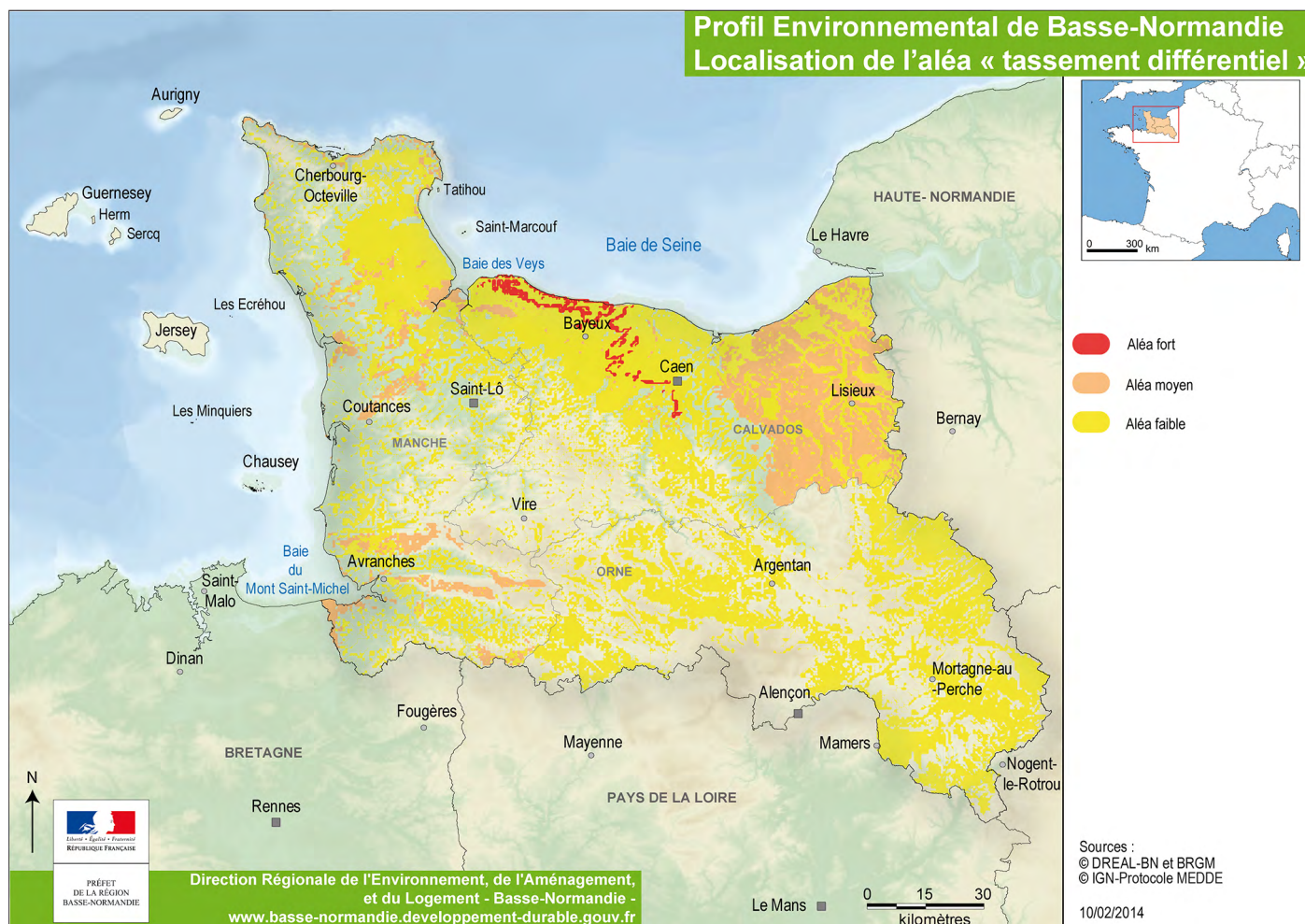
Dans le cadre d'un programme national mené par le ministère de l'Écologie, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a réalisé la cartographie de l'aléa dans les trois départements bas-normands. Cette cartographie est un document informatif. La présence d'un aléa n'interdit pas la construction. La cartographie est mise à disposition du public, des collectivités et de la profession dans le but de minimiser les risques. Elle s'accompagne de documents techniques qui permettent d'appréhender les règles élémentaires de construction en présence d'un tel aléa par :

- Des fondations adaptées ;
- La gestion de l'eau autour du bâti et la réduction des plantations autour du bâti (arbres...).

Déformation d'un bâtiment par tassement différentiel



Sandrine Hélicher/DREAL BN



5. Synthèse et enjeux

1 Chiffres clés

Vie des sols

- Plus de 25 % des espèces vivantes actuellement décrites vivent totalement ou partiellement dans le sol
- Un sol met en moyenne 10 000 ans à se former

Disparition des sols

- L'augmentation de l'érosion hydrique occasionne en Europe un risque de perte irréversible de sol sur près de 55 millions d'ha
- Une perte de fertilité est également constatée pour 45 % des sols européens

Occupation des sols en Basse-Normandie

- Diminution de la surface toujours en herbe des exploitations agricoles : 80 % de la surface agricole utilisée en 1970 contre 42 % en 2010
- Perte de 109 000 ha de surface toujours en herbe entre 2000 et 2010
- Perte de 40 000 ha de prairies de 2000 à 2007
- Essor du blé et du maïs : 6 ha labourés sur dix sont destinés à produire du blé ou du maïs
- De 1982 à 2004 : extension de 40 % des surfaces urbanisées en Basse-Normandie

Cette extension a bénéficié :

- à 50 % à la production de logement
- à 30 % aux besoins industriels et commerciaux d'infrastructures
- à 20 % à l'agriculture

Pollutions des sols

- Sites pour lesquels il y a eu une exploitation industrielle potentiellement polluante (BASIAS) : 5 544
- Sites potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics (BASOL) : 58
- Forts impacts des utilisations de pesticides sur la vie biologique des sols

Évaluation économique des impacts

- Coût estimé par la Commission européenne en 2006 à près de 40 milliards d'euros par an à l'échelle de tous les Etats membres

À découvrir dans ce chapitre

- ▶ Chiffres clés
- ▶ Grilles « AFOM »
- ▶ Enjeux et orientations

Sol cultivé



Séverine Bernard/DREAL BN

2 Grilles « AFOM »

Les grilles « Atouts Faiblesses Opportunités Menaces » permettent de faire le lien entre les principaux éléments du diagnostic et les enjeux. Les grilles présentées ci-dessous constituent donc une synthèse. Elles se construisent par rapport à un objectif. Ici, l'objectif est un équilibre harmonieux entre la qualité environnementale, l'organisation sociale et le développement économique.

Les atouts et faiblesses ont une origine interne liée aux caractéristiques régionales, les opportunités et menaces ont une origine externe.



Atouts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> • Présence de sols à grande valeur agronomique, qui sont un support de développement de l'activité agricole • Richesse et diversité des sols régionaux dues à la géologie, à la géographie et à la climatologie 	<ul style="list-style-type: none"> • Connaissance très limitée des sols régionaux : développement encore partiel et récent • Tendance importante à l'érosion des sols liée à l'étalement urbain, la régression des haies et à l'exploitation agricole intensive • Capacité inégale de résistance à la sécheresse des sols bas-normands selon les secteurs géographiques • Présence de zones à risque de tassements différentiels disséminées dans tout le territoire régional • Présence de sites et sols pollués • Région concernée par la radioactivité liée au radon, en particulier sur substrat granitique • Prise de conscience très insuffisante des enjeux liés aux sols
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> • Actions de limitation des pollutions aux nitrates soutenues aux niveaux européens • Projet de Directive « sols » au niveau européen 	<ul style="list-style-type: none"> • Changement climatique (impacts sur l'érosion des sols, les mouvements de terrain, la salure des terres littorales...) • Mondialisation et industrialisation de l'économie agricole • Pression foncière sur les sols

3 Enjeux et orientations

Les enjeux régionaux mis en avant dans le cadre de ce diagnostic doivent servir à :

- développer et diffuser la connaissance régionale ;
- réduire les émissions de polluants en agissant à la source.

Enjeu 1 : Développement et partage de la connaissance régionale

Orientation 1

Développer et partager la connaissance sur les sols bas-normands : nature, diversité et services rendus

Orientation 2

Mettre en œuvre des programmes d'acquisition des connaissances de la biodiversité régionale des sols

Orientation 3

Développer la connaissance des risques liés aux sols, de leurs enjeux et des coûts associés à leur dégradation

Enjeu 2 : Réduction des émissions de polluants à la source

Orientation 1

Soutenir la mise en place des procédés agricoles et industriels réduisant les émissions et les usages de polluants

Orientation 2

Limiter l'imperméabilisation des sols

Orientation 3

Promouvoir l'amélioration de la qualité biologique des sols

Densification urbaine à Rots (14)



Sandrine Héricher/DREAL BN

6. Acteurs régionaux et bibliographie

À découvrir dans ce chapitre

- ▶ Acteurs régionaux
- ▶ Bibliographie

1 Acteurs régionaux

▶ **Agence de l'Eau Loire-Bretagne et Agence de l'Eau Seine-Normandie**

www.eau-loire-bretagne.fr

www.eau-seine-normandie.fr

- Conseil technique
- Prélèvement de redevances sur les usages de l'eau
- Aides financières à la lutte contre les pollutions, à une meilleure gestion de la ressource en eau et à la restauration des milieux aquatiques
- Production et gestion de données publiques

▶ **Agence d'Urbanisme de Caen-Métropole (AUCAME)**

www.aucame.fr

- Suivi des évolutions urbaines
- Participation à l'élaboration des documents d'urbanisme
- Participation à la définition des politiques d'aménagement et de développement

▶ **Associations de préservation de l'environnement**

- Sensibilisation du public et actions spécifiques

▶ **BRGM**

www.brgm.fr

- Gestion de la base de données BASIAS
- Observation du sol et du sous-sol (capitalisation et diffusion de la connaissance)
- Réalisation d'études méthodologiques et de synthèse

▶ **Chambres d'agriculture, régionale et départementales**

www.cra-normandie.fr

- Conseils aux agriculteurs sur l'entretien de la fertilité des sols et la fertilisation raisonnée des cultures
- Réalisation d'études sur les sols
- Mise en place et contrôle des plans d'épandage

▶ **Collectivités territoriales** : Communes, Conseils départementaux, Conseil régional

- Elaboration et réalisation de programmes d'aménagement dans leurs champs de compétence
- Soutien aux démarches de dépollution ou de préservation de l'environnement

▶ **DRAAF (Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt)** :

draaf.basse-normandie.agriculture.gouv.fr

- Réalisation d'études et d'enquêtes relatives au suivi des sols (TERUTI-LUCAS...)
- Suivi et inspection des installations classées agricoles soumises à autorisation



► **DREAL (Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement) :**

www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr

- Définition des niveaux d'aléas et mise à disposition des documents pour information publique
- Promotion des politiques d'acquisition des connaissances sur les sols
- Suivi et inspection des installations classées soumises à autorisation

► **Etablissement Public Foncier de Normandie**

www.epf-normandie.fr

- Conseil en aménagement foncier
- Participation à la mise en œuvre des politiques publiques d'aménagement du territoire

► **Exploitants agricoles**

- Aménagement cultures et gestion des sols

► **Habitants**

- Usage du sol

► **Institut Régional de Développement Durable (IRD2)**

www.ird2.org

- Appui technique et méthodologique à la décision publique
- Mise en place de plate-forme de dialogue et de partage entre chercheurs et acteurs du territoire

► **Laboratoire Agronomique de Normandie**

www.lano.asso.fr

- Réalisation d'analyses de terre par agrément du ministère de l'Agriculture

► **Préfecture de la région**

www.basse-normandie.gouv.fr

- Mise en œuvre de la politique du gouvernement dans le domaine de l'environnement
- Rôle d'autorité environnementale : évaluation des plans et programmes sur l'environnement et notamment des objectifs de réduction de GES

► **Préfectures de département**

www.calvados.gouv.fr

www.manche.gouv.fr

www.orne.gouv.fr

- Mise en œuvre départementale de la politique du gouvernement dans le domaine de l'environnement

► **SAFER (Société d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural) :** réseau de 26 Sociétés Anonymes de droit privé

www.saferbn.fr

- Aide à l'installation des jeunes agriculteurs par la restructuration des exploitations agricoles du territoire et le développement des projets innovants
- Développement de la vitalité des territoires (acquisition de bien ruraux, mise à disposition de terrains aux collectivités, par la revente d'emprises)
- Etudes sur l'occupation des sols
- Protection de la nature (mise en place des mesures compensatoires afin de préserver la biodiversité...)



► **Terre de Liens**

www.terredeliensnormandie.org

- Conseil aux collectivités pour une plus grande prise en compte du foncier agricole dans les politiques d'urbanisme
- Soutien au développement de projets « agri-ruraux »
- Sensibilisation du public



► **Université de Caen, laboratoires Géophen et ESO-Caen**

letg.univ-nantes.fr/fr/laboratoire/3/presentation

- Recherche en géographie physique (Géophen) et sociale (ESO-Caen)



La brèche au diable (14)



Marc Heller

2 Bibliographie

- ANSES. *Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France. Synthèse et recommandations du comité d'orientation et de prospective scientifique de l'observatoire des résidus de pesticides (ORP)*. Rapport scientifique. Octobre 2010.
- Girard MC et al. *Sols et Environnement*. Editions Dunod. 2005
- GISSOL. *L'Etat des sols de France*. 2011. 187 pages.
- INRA. *Le Sol*. Éditions Quae. Janvier 2009. 183 pages.
- Lamy Ch., Cantat O., Le Gouée P., Dubreuil V., Bensaid A., Lemerrier B., Savouret E. *Sécheresse et réserve en eau des sols*. In : *Changement climatique dans l'Ouest. Evaluation, impacts, perceptions*. Presses Universitaires de Rennes. Rennes. 2012. Pages 195 à 212.
- Le Gouée P., Lemerrier B., Delahaye D., Walter Ch., Goulet A., Jambou N., Viel V., Reulier R., Bensaid A. *Modélisation de la sensibilité des sols à l'érosion hydrique*. In : *Changement climatique dans l'Ouest. Evaluation, impacts, perceptions*. Presses Universitaires de Rennes. Rennes. 2012. Pages 251 à 263.
- Le Gouée P., Cantat O., Bensaid A., Goulet A., Delahaye D. *SCALES: an original model to diagnose soil erosion hazard and assess the impact of climate change on its evolution*. In : Godone D. and Stanchi S. (Editors). *Soil erosion studies*. Intech publication. Rijeka. 2011. Pages 227 à 252.
- Le Gouée P., Delahaye D., Bermond M., Marie M., Douvinet J., Viel V. *SCALES : a large-scale assessment model of soil erosion hazard in Basse-Normandie (Northern-Western France)*, *Earth. Surface Processes and Landforms*. 2010.
- Le Gouée P., Delahaye D. *Modélisation et cartographie de l'aléa érosion des sols dans le Calvados*. Rapport d'étude. 2008. 240 pages.

Sites internet complémentaires

- BRGM : www.brgm.fr
- GISSOL : www.gissol.fr
- Risques naturels : www.prim.net
- Mouvements de terrains : www.bdmvt.net



Sandrine Hélicher/DREAL BN



PROFIL ENVIRONNEMENTAL DE BASSE-NORMANDIE

Synthèse

Les sols

Riches et fertiles, les sols constituent « l'épiderme vivant et vital » de la région.

La richesse d'un sol repose non seulement sur ses caractéristiques physiques et minérales mais aussi sur sa qualité biologique. De nombreux organismes vivants, parmi lesquels des vers de terre, des bactéries et des champignons, contribuent à faire de ce milieu un support agricole productif. Les terres agricoles représentent 73 % du territoire régional. Elles permettent l'essor d'une agriculture de qualité et exportatrice.

Les sols sont sous l'influence de nombreux facteurs :

- l'histoire géologique et les caractéristiques de la roche mère ;
- le climat ;
- la topographie (plaines, vallées, pentes, creux...) et l'altitude ;
- la végétation, par ses apports de matières et ses caractéristiques ;
- la faune qui l'habite ;
- les activités humaines.



DREAL BN

Suivant l'assise géologique, Massif armoricain ou Bassin parisien, les sols disposent de caractéristiques très différentes. Sur le Massif armoricain, les matériaux constitutifs des sols proviennent de schistes, grès, granites. Ils ont donc une texture essentiellement sableuse et argilo-sableuse. La pluviométrie favorise le lessivage qui entraîne en profondeur les particules les plus fines et les substances les plus solubles. On trouve des sols souvent lessivés à humus peu actif et acide. Dans les zones humides, la présence d'eau quasi en continu peut conduire à une

décomposition très incomplète de la matière organique et, de ce fait, à la formation de tourbes qui sont des milieux naturels extrêmement riches et de véritables « fossiles vivants », témoins de l'histoire de ces dix derniers millénaires.

Dans le Bassin parisien, les calcaires et marnes sont dominants. Ils engendrent des sols alcalins, bruns calcaires, épais, riches quand ils sont en situation horizontale. Sous l'influence des eaux de pluies, en phase d'altération, ils deviennent argileux, acides, lessivés.



Supports de la biodiversité et de la richesse agricole, les sols ont été considérablement dégradés par les activités humaines avec notamment :

- l'évolution des techniques de culture, qui visent à une productivité immédiate toujours plus grande et peuvent devenir agressives pour les milieux vivants (usages de pesticides en très grandes quantités, engrais, travail du sol) ;
- le développement d'un urbanisme de plus en plus extensif ;
- l'accumulation des polluants liés au transport et aux industries.

La région est également exposée à des risques amplifiés par le changement climatique :

- diminution de la capacité productive des sols ;
- tassements différentiels...

La diversité des sols régionaux et l'importance des enjeux qui y sont associés nécessitent un travail d'inventaire et d'analyse qui mérite d'être développé et approfondi.

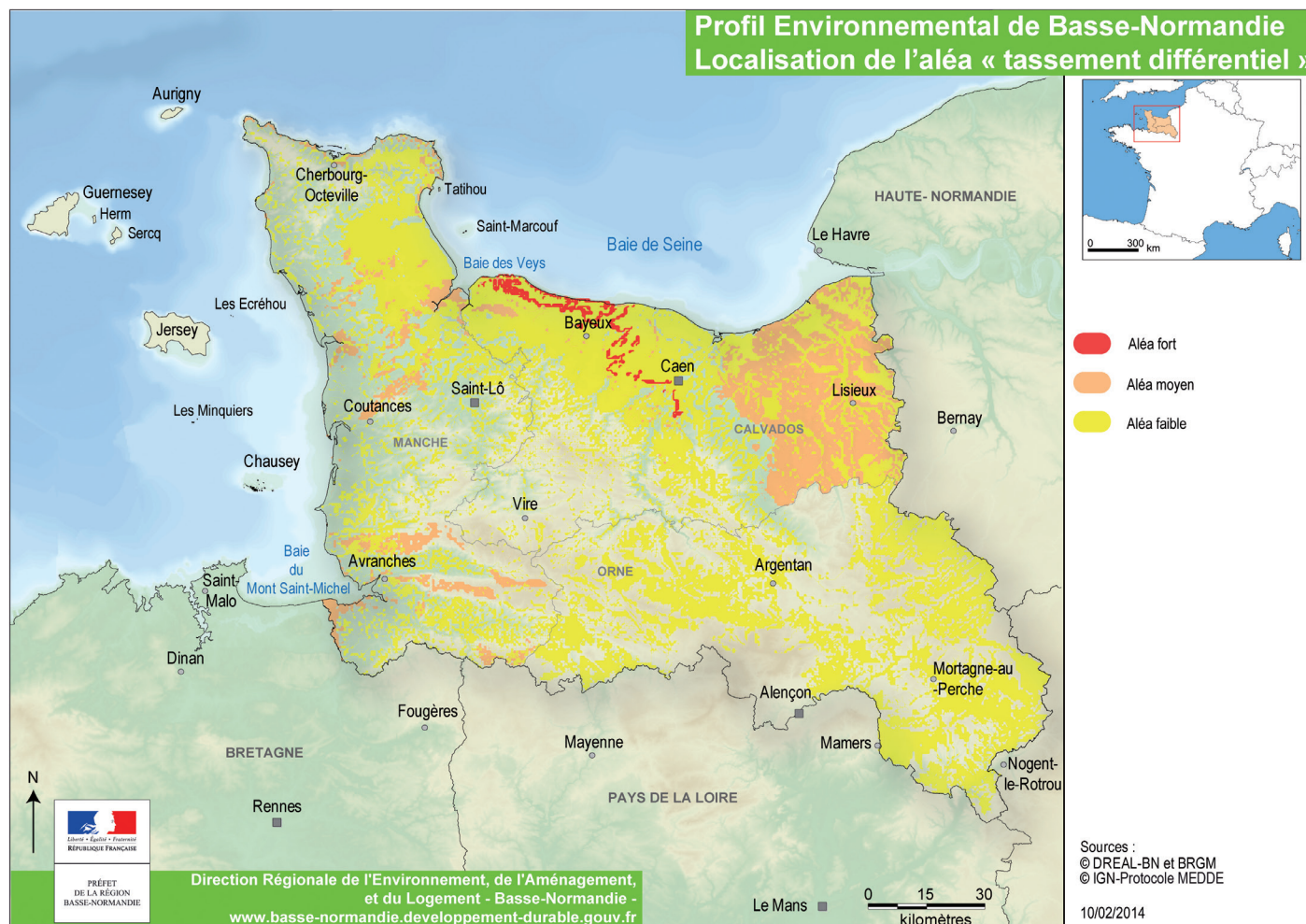
Au-delà, d'importants efforts doivent également être conduits pour un usage respectueux et sobre de cette richesse fondamentale de notre patrimoine écologique et économique.



Plus d'infos...

Contenu de la thématique

- ▶ Un patrimoine riche, issu d'une évolution de plusieurs millénaires
- ▶ Les fonctionnalités des sols
- ▶ Les principales altérations des sols
- ▶ Les risques



► Grille « AFOM »

Les grilles « Atouts Faiblesses Opportunités Menaces » permettent de faire le lien entre le diagnostic et les enjeux.

Elles se construisent par rapport à un objectif. Ici, l'objectif est un équilibre harmonieux entre la qualité environnementale, l'organisation sociale et le développement économique. Les atouts et faiblesses ont une origine interne liée aux caractéristiques régionales, les opportunités et menaces ont une origine externe. Les éléments du tableau ont été proposés et validés par les experts des différentes thématiques. Les espaces vides sont aussi porteurs de sens et peuvent ainsi exprimer le poids relatif des atouts, faiblesses, opportunités et menaces.

Atouts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none">• Présence de sols à grande valeur agronomique, qui sont un support de développement de l'activité agricole• Richesse et diversité des sols régionaux dues à la géologie, à la géographie et à la climatologie	<ul style="list-style-type: none">• Connaissance très limitée des sols régionaux : développement encore partiel et récent• Tendance importante à l'érosion des sols liée à l'étalement urbain, la régression des haies et à l'exploitation agricole intensive• Capacité inégale de résistance à la sécheresse des sols bas-normands selon les secteurs géographiques• Présence de zones à risque de tassements différentiels disséminées dans tout le territoire régional• Présence de sites et sols pollués• Région concernée par la radioactivité liée au radon, en particulier sur substrat granitique• Prise de conscience très insuffisante des enjeux liés aux sols
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none">• Actions de limitation des pollutions aux nitrates soutenues aux niveaux européens• Projet de Directive « sols » au niveau européen	<ul style="list-style-type: none">• Changement climatique (impacts sur l'érosion des sols, les mouvements de terrain, la salure des terres littorales...)• Mondialisation et industrialisation de l'économie agricole• Pression foncière sur les sols



► Enjeux et orientations

L'ordre de présentation correspond à l'approche méthodologique du diagnostic.

Enjeu 1 : Développement et partage de la connaissance régionale

Orientation 1

Développer et partager la connaissance sur les sols bas-normands : nature, diversité et services rendus

Orientation 2

Mettre en œuvre des programmes d'acquisition des connaissances de la biodiversité régionale des sols

Orientation 3

Développer la connaissance des risques liés aux sols, de leurs enjeux et des coûts associés à leur dégradation

Enjeu 2 : Réduction des émissions de polluants à la source

Orientation 1

Soutenir la mise en place des procédés agricoles et industriels réduisant les émissions et les usages de polluants

Orientation 2

Limiter l'imperméabilisation des sols

Orientation 3

Promouvoir l'amélioration de la qualité biologique des sols



Plus d'infos...

Ce document est un extrait du Profil environnemental de Basse-Normandie. Il a pour objectif de rendre l'information environnementale plus vivante et accessible.

Neuf livres thématiques numériques ont été réalisés :

-  Les repères de territoire
-  Le climat
-  L'air
-  L'eau
-  La biodiversité
-  La mer et le littoral
-  Les sols
-  Les sous-sols et la géodiversité
-  Les paysages

Ces publications ont été réalisées avec de nombreux experts et acteurs de l'environnement. Elles sont consultables sur le site internet de la DREAL. Leur actualisation en temps réel repose sur un réseau actif de contributeurs, garants de la qualité des analyses, des références et des informations transmises. Un échange est possible avec les bénéficiaires qui peuvent proposer des développements nouveaux, des illustrations et transmettre des observations.

Les principaux contributeurs :

- Agence Régionale de Santé
- Autorité de Sécurité Nucléaire
- BRGM
- Conseil régional
- DRAAF
- DREAL et DDT(M)
- Préfectures
- Université