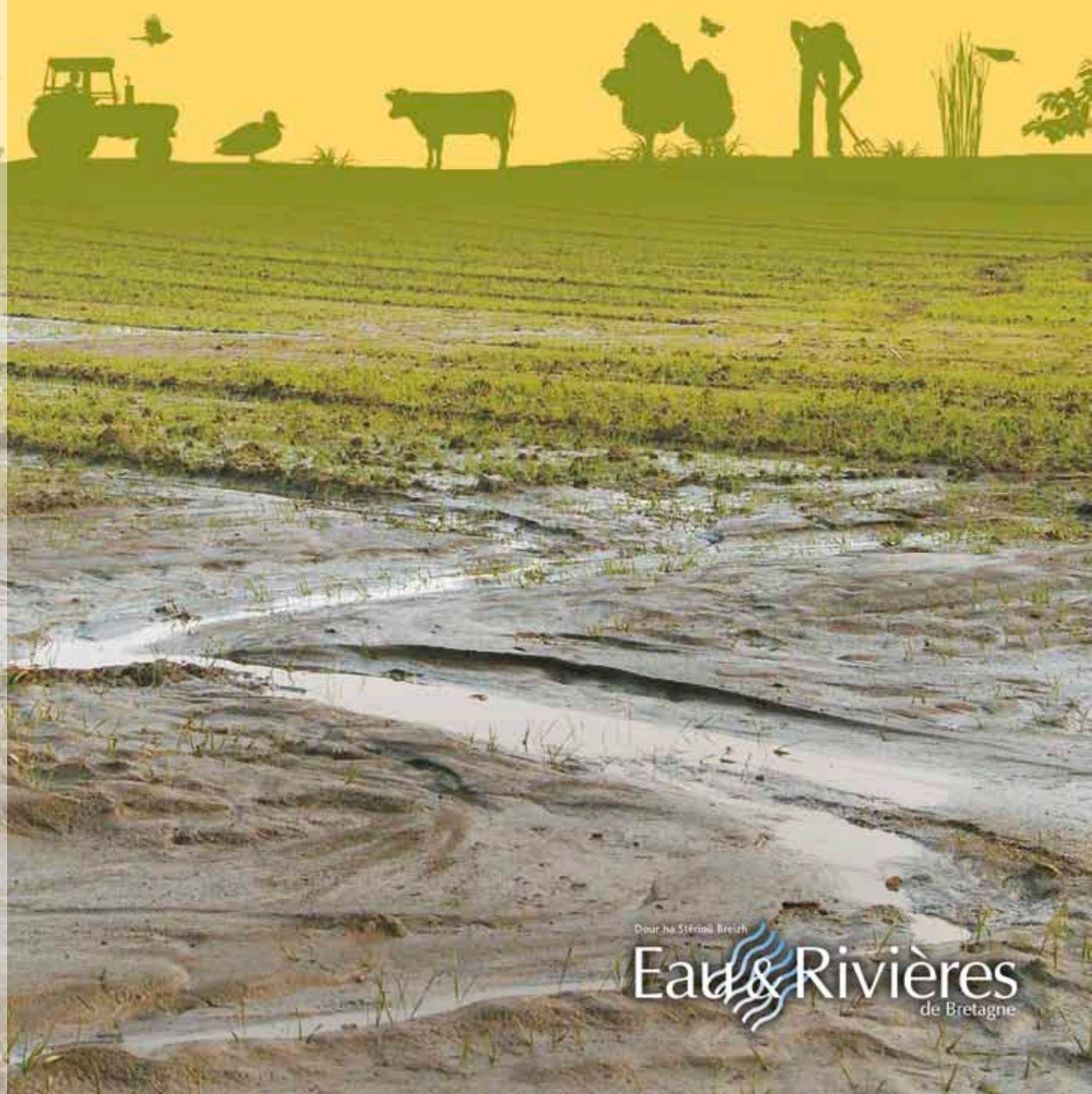


Colloque régional

30 novembre 2011 - Pontivy

L'eau et les sols



Deur ha Stêrioù Breizh

Eau & Rivières
de Bretagne



Eau & Rivières est une association loi 1901, créée en 1969 par des pêcheurs de saumon et des naturalistes inquiets de la disparition de ce magnifique poisson des rivières bretonnes. Elle s'appelait alors "Association pour la Protection et la Production du Saumon en Bretagne" (APPSB). Devenue par la suite "Eau & Rivières de Bretagne", l'association a élargi son action et sa réflexion à l'ensemble des problèmes de gestion et de protection de l'eau et des milieux naturels, de la source à la mer.

Que faisons-nous ?

Eau & Rivières agit au quotidien et sur le terrain pour la sauvegarde des milieux naturels et des paysages, si riches mais si fragiles en Bretagne, pour que soit respecté le droit à une eau de qualité pour tous, de la source au robinet. Elle mène une activité d'éducation et d'information particulièrement importante, exerce un contre pouvoir, et participe activement à la vie publique pour faire reculer la pollution et progresser la protection des rivières, de l'eau, et des paysages. Les pollutions de l'eau perturbent l'économie de la région, sont dangereuses pour la santé des Bretons, et appauvrissent la diversité biologique et notre patrimoine naturel.

L'association est agréée par l'État:

- au titre de la protection de la nature par un arrêté du ministre de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement du 17 février 1998 ;
- au titre de la défense et de l'information des consommateurs par un arrêté du préfet des Côtes d'Armor du 16 novembre 2007 ;
- au titre de l'éducation nationale par une décision du recteur de l'Académie de Rennes du 17 décembre 2007 ;
- au titre de l'éducation populaire par un arrêté de la directrice Départementale de la Jeunesse et des Sports des Côtes d'Armor du 29 octobre 2007.

Elle est membre de la fédération nationale (France Nature Environnement) et européenne (Bureau Européen de l'Environnement) des associations de protection de la nature.

Libre de toute appartenance politique et confessionnelle, Eau & Rivières de Bretagne œuvre dans les quatre départements bretons, la Manche et la Loire Atlantique, aidée d'une équipe d'une quinzaine de permanents. L'association s'appuie également sur un réseau d'adhérents fort de plus d'un millier de personnes, et rassemble une centaine d'associations locales réparties dans le Grand Ouest.

L'efficacité et l'indépendance d'Eau & Rivières dépendent de chacun de vous. En lui apportant votre soutien, vous permettez à l'association de poursuivre son action en toute liberté.

www.eau-et-rivieres.asso.fr

Venelle de la caserne – 22200 Guingamp – Tél./Fax : 02 96 21 38 77
E-mail : secretariat@eau-et-rivieres.asso.fr

XIII^{ème} colloque régional
L'eau et les sols
Pontivy - 30 novembre 2011

Sommaire

Eau, air, sol, l'indispensable approche globale.....3
Eau & Rivières de Bretagne

Les enjeux de la protection des sols et leur évolution en Bretagne5
Blandine LEMERCIER, Lionel BERTHIER, Anne-Laure LE BRIS, Christian WALTER
UMR SAS Agrocampus Ouest / INRA

L'importance de la biodiversité du sol : le cas du ver de terre 14
Daniel CLUZEAU, Guénola PERES, Université de Rennes 1 - OSUR - UMR CNRS 6553 ÉcoBio - Station Biologique de Paimpont et Frédéric THOMAS, rédacteur en chef de la revue TCS

La réglementation internationale, européenne et nationale relative aux sols : vers la reconnaissance des sols comme milieu naturel ?24
Maylis DESROUSSEAUX, Doctorante en droit de l'environnement, Institut de droit de l'environnement, Université Lyon III

Réduire l'artificialisation des sols bretons : un enjeu pour les politiques d'aménagement.....31
Daniel CUEFF, Président de l'Établissement Public Foncier de Bretagne, Maire de Langouët

Redécouvrir l'agronomie pour préserver la qualité de l'eau et des sols35
Catherine GRIMALDI, Directrice de recherche à l'UMR SAS, INRA

De la simplification du travail du sol à l'agriculture écologiquement intensive : bilan, acquis et perspectives.....39
Frédéric THOMAS, Agriculteur céréalier dans le Loir et Cher, Président de l'association BASE
Rédacteur en chef de la revue TCS

Protéger mes sols par la polyculture et l'élevage lié au sol47
Bernard MOREL, Agriculteur biologique en Ille-et-Vilaine

La restauration du bocage, un outil de protection des sols50
Bertrand GUIZARD, Chef du service de l'eau, des territoires, de l'environnement et de la forêt, DRAAF Bretagne

Eau, air, sol, l'indispensable approche globale

Un colloque sur les sols ? Drôle d'idée pour une association de protection des eaux !

N'en déplaise à ceux qui, par facilité, voudraient continuer à découper l'environnement en tranches, un jour l'eau, ensuite l'air, après les sols et ainsi de suite, il importe au contraire de développer une approche globale et systémique de notre environnement. Pour comprendre les interactions complexes entre les différents compartiments, et pouvoir agir intelligemment en évitant de dégrader l'un pour améliorer l'autre. "Épiderme" de la terre, entre biosphère, hydrosphère et atmosphère, le sol est une ressource fragile, non renouvelable à l'échelle humaine.

Nous savons bien aujourd'hui que tout est lié : nos pratiques d'aménagement du paysage, notre consommation effrénée de terres arables, la saturation des sols par des épandages excessifs (surtout en Bretagne) ou leur dégradation par des pratiques peu soucieuses du long terme, et... la pollution de nos sources, des rivières, et in fine de la mer. Et nous avons appris, grâce aux travaux scientifiques, qu'une gestion intelligente des sols, du paysage, des zones humides peut, à l'inverse, contribuer à améliorer la qualité des eaux et la biodiversité de ces milieux.

Il est donc logique qu'Eau & Rivières de Bretagne consacre son treizième colloque à cet enjeu de l'avenir des sols, auquel notre Région, la France et l'Europe commencent à s'intéresser. Si l'eau est une ressource qualifiée de précieuse et essentielle, alors qu'elle est dans notre région rapidement renouvelable, que dire alors du "capital" sol, qui met des milliers d'années à se reconstituer ?

Nous devons à la fois prendre conscience des menaces* de tous ordres qui affectent de façon parfois irrémédiable les sols, mesurer leurs impacts directs et indirects sur la qualité de nos rivières, et mettre en œuvre une politique de gestion "durable" qui assure la pérennité des sols, pour notre génération et les générations futures.

Bien commun de l'humanité, le sol constitue un patrimoine naturel, environnemental, économique et social essentiel aux équilibres globaux, ce qui justifie notre intérêt, dans notre patient combat pour la reconquête de la qualité de l'eau.

Eau & Rivières de Bretagne

*La commission européenne (2002) a identifié 8 menaces : érosion / diminution des teneurs en matières organiques / contamination / imperméabilisation / tassement / diminution de la biodiversité / salinisation / inondations et glissements de terrain.

Les enjeux de la protection des sols et leur évolution en Bretagne

Blandine LEMERCIER, Lionel BERTHIER, Anne-Laure LE BRIS, Christian WALTER
UMR SAS Agrocampus Ouest / INRA

Parfois appelé épiderme de la Terre, le sol est une interface majeure de l'environnement, en contact direct avec l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Le sol se forme à partir de la décomposition des organismes vivants et de l'altération des roches sous l'action de l'eau, de l'air et des organismes vivants. Il évolue au cours du temps : il s'épaissit, s'amincit, se modifie et acquiert des caractéristiques spécifiques. Si leur épaisseur peut varier de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres en climat tropical, les sols dépassent rarement 1 à 2 mètres d'épaisseur sous nos latitudes tempérées. La nature des constituants organiques et minéraux dont ils sont issus, la façon dont ces constituants s'organisent, les caractéristiques climatiques et du relief ainsi que l'action des organismes vivants, dont l'homme, conditionnent la formation et l'évolution des sols. Les processus de pédogenèse donnent lieu à des transferts de matière, d'énergie, d'eau et d'éléments nutritifs et à des transformations biogéochimiques qui conduisent à une mosaïque de sols dont la répartition spatiale répond à des règles à l'échelle mondiale comme à l'échelle des paysages.

Selon leur nature et leur position dans le paysage, les sols réagissent différemment aux aménagements et aux erreurs des sociétés humaines. Connaître leur diversité et leur organisation spatiale permet de définir les meilleures conditions de leur utilisation : drainer les uns, irriguer les autres, fertiliser les plus pauvres, limiter les pratiques potentiellement polluantes dans les plus filtrants, prévoir des fondations adaptées pour construire dans les sols gonflants, etc. et d'assurer la préservation de ce patrimoine.

LES SOLS AU CŒUR DES ENJEUX GLOBAUX

Les fonctions des sols

Dans nos sociétés développées, les sols ont longtemps été considérés comme un support de production inépuisable et une ressource non limitante. Pourtant, il s'agit d'un patrimoine fragile et non renouvelable à l'échelle humaine. Écosystème complexe, vivant et organisé, le sol remplit des fonctions systémiques :

- de **production** : d'aliments, de fibres et d'énergie ;
- de **régulation des flux et de la qualité de l'eau** : régulation du régime des cours d'eau et du remplissage des nappes phréatiques, influence sur la composition chimique et biologique des eaux qui traversent le sol ;
- de **recyclage des matières organiques exogènes** qui contribuent au stockage de carbone, à la mise à disposition d'éléments nutritifs (azote, phosphore, potassium) et à l'amélioration de la structure du sol. La capacité d'épuration du sol est toutefois limitée et l'épandage de matières organiques exogènes peut entraîner des problèmes environnementaux ;
- vis-à-vis de **l'atmosphère** : régulation des gaz à effet de serre et de l'évolution climatique ;
- **écologiques** : le sol est le milieu de vie de très nombreuses espèces animales et végétales, le support des paysages et une réserve génétique (de nombreux antibiotiques sont notamment produits par des champignons du sol) ;
- **socio-économiques** : le sol constitue le support des activités humaines, le milieu de conservation des vestiges archéologiques et de mémoire des conditions climatiques et biologiques passées, une source de matériaux de construction, de combustibles, de minerais, de colorants...

Les différents types de sols ne remplissent pas toutes ces fonctions mais toutes ces fonctions sont assurées par les sols. La capacité intrinsèque des sols à remplir ces fonctions dépend de leurs caractéristiques et de leur organisation spatiale au sein des paysages. Les activités humaines, par les aménagements, l'occupation du sol et les pratiques culturelles modulent la capacité intrinsèque des sols à remplir leurs fonctions. Il n'y a de gestion durable des sols que quand le maintien des fonctions est assuré. Ainsi, les sols sont un patrimoine commun, fragile et non renouvelable et pourtant encore très largement méconnu.

Les défis des prochaines décennies

En 2050, la population mondiale devrait atteindre 9 milliards d'habitants, dont les besoins alimentaires et en ressources naturelles croissent. Dès maintenant et dans les décennies à venir, le dilemme consistera à produire suffisamment pour nourrir durablement et efficacement l'humanité tout en réduisant l'empreinte écologique de l'agriculture : impacts sur les sols, l'eau et la biodiversité dans un contexte d'évolution du climat. De par les fonctions qu'ils remplissent, les sols sont au cœur de ces enjeux globaux.

• Nourrir une population mondiale en croissance

La ressource en sols "productifs" est limitée : 38% de la surface terrestre non recouverte par de la glace, soit environ 4910 millions d'hectares, sont occupés par l'agriculture (cultures + prairies) et 12%, soit 1500 millions d'hectares (environ 60 fois la surface agricole utile de la France) sont cultivés (Figure 1). D'après la FAO (2005), la surface cultivée disponible par personne était de 0,38 ha en 1970 ; 0,23 ha en 2005 et devrait être de seulement 0,15 ha en 2050. Pour concilier une production alimentaire en forte hausse et la préservation de l'environnement, Foley et al. (2011) proposent quatre stratégies complémentaires : étendre les surfaces agricoles, mais en préservant les écosystèmes sensibles comme les forêts tropicales, améliorer les rendements, augmenter l'efficacité agricole des ressources (eau, sol, fertilisants de synthèse ou naturels) et améliorer l'accès à l'alimentation en adaptant les régimes alimentaires et en réduisant le gaspillage.

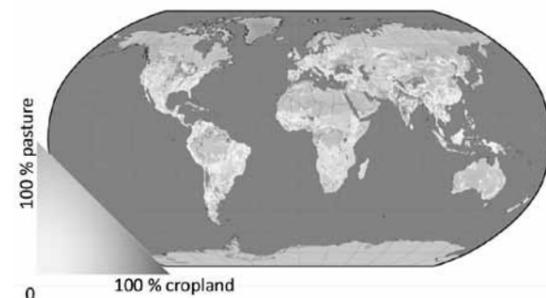


Figure 1. Étendue mondiale des terres agricoles. Cette carte illustre l'étendue des cultures (vert) et des prairies (orange) estimée par analyse de données satellitales et de recensement par Ramankutty et al., 2008 (Foley et al., 2011)

| | Erosion hydrique | Erosion éolienne | Dégradation chimique | Dégradation physique | TOTAL |
|------------------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|--------------|
| Afrique | 170 | 98 | 36 | 17 | 321 |
| Asie | 315 | 90 | 41 | 6 | 452 |
| Amérique du Sud | 77 | 16 | 44 | 1 | 438 |
| Amérique du Nord et Centrale | 90 | 37 | 7 | 5 | 139 |
| Europe | 93 | 39 | 18 | 8 | 158 |
| Australie | 3 | - | 1 | 2 | 6 |
| TOTAL | 748 | 280 | 147 | 39 | 1 214 |
| Causes principales | | | | | |
| Déforestation | 43 | 8 | 26 | 2 | 384 |
| Surpâturage | 29 | 60 | 6 | 16 | 398 |
| Mauvaise gestion | 24 | 16 | 58 | 80 | 339 |
| Autres | 4 | 16 | 12 | 2 | 93 |
| TOTAL | 100 | 100 | 100 | 100 | 1 214 |

Tableau 1. Processus de dégradation des sols des sols du monde : surfaces affectées en millions d'hectares (Oldeman et al., 1991)

La Terre compte 14 900 millions d'hectares émergés, dont 3 300 sont cultivables et 1 500 effectivement cultivés.

• Limiter le changement climatique

Les sols sont également un compartiment essentiel pour la régulation de la qualité de l'air et du climat, étant soit source de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone CO₂, protoxyde d'azote N₂O, méthane CH₄), soit piège à CO₂ et CH₄ en favorisant le stockage stable de carbone. Le carbone organique représente la plus grande réserve de carbone de l'écosystème terrestre, avec 1600 Gt de carbone contre 650 Gt pour la végétation et 760 Gt pour l'atmosphère (IPCC, 2007). Les échanges gazeux et thermiques entre les sols et l'atmosphère sont complexes et dépendent principalement du climat, de l'occupation du sol et du travail du sol. Il s'agira de favoriser la séquestration du carbone dans les sols et de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Menaces de dégradation affectant les sols

De nos jours, tous les sols du monde sont modifiés par les activités humaines, que ce soit pour améliorer leur capacité de production par l'aménagement des versants, de polders, la mise en place de bocage, ou la réalisation d'amendements, ou au contraire en accélérant leur dégradation. La FAO estime que près de la moitié des sols du monde sont dégradés en conséquence des activités humaines.

Les sols sont soumis à des menaces de dégradation plus ou moins réversibles et peuvent même disparaître quand l'érosion est plus rapide que la formation des sols ou quand l'urbanisation se développe. Au niveau mondial, l'érosion est de loin le processus majeur de dégradation des sols, suivie de la dégradation chimique (perte de fertilité, acidification) et physique (Tableau 1).

En Europe, la Commission Européenne a publié en 2006 une stratégie thématique en faveur de la protection des sols, assortie d'un projet de directive, non encore adoptée. Pour la première fois un texte communautaire a reconnu de façon officielle les fonctions des sols et a proposé une politique pour limiter les pressions qui les menacent. Les processus de dégradation des sols identifiés sont l'érosion, la diminution des teneurs en matière organique, la contamination diffuse et locale, l'imperméabilisation, le tassement, la diminution de la biodiversité, la salinisation, les inondations et les glissements de terrain.

PROGRAMMES DE CONNAISSANCE ET DE SURVEILLANCE DES SOLS

Malgré leur position centrale dans les écosystèmes, les sols sont encore très mal connus du point de vue de leur fonctionnement, mais aussi de leur variabilité spatiale. Si la répartition des sols est globalement connue à l'échelle mondiale, il en va différemment aux échelles plus fines, compatibles avec la gestion opérationnelle des territoires. Il existe généralement de l'information sur les sols, mais le plus souvent les données sont anciennes, peu précises, inadaptées, ou peu accessibles. De ce fait, les sols sont rarement pris en compte dans les décisions de gestion des territoires. Pourtant une connaissance systématique des sols est indispensable pour mieux évaluer les aptitudes des sols aux différents usages, leur contribution au maintien de la qualité de l'eau, de l'air et des produits agricoles, et pour mettre en œuvre des mesures de préventions et de remédiation adaptées aux pressions qu'ils subissent. En France, les programmes d'inventaire et de surveillance des sols sont coordonnés par le Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols (Gis Sol) créé en 2001 suite à la prise de conscience de l'importance et de la vulnérabilité des sols.

Le principal programme de connaissance des sols est IGCS (Inventaire, Gestion et Conservation des Sols) qui vise à constituer des bases de données sur les sols et leur répartition géographique. Ces travaux peuvent être conduits à différents degrés de précision, l'échelle prioritaire étant celle qui permet une restitution cartographique au 1/250 000 (volet Référentiel Régional Pédologique d'IGCS). Les unités figurées sur les cartes regroupent alors plusieurs types de sols dont les contours ne sont pas délimités mais dont l'organisation spatiale et les caractéristiques sont connues.

Les programmes de suivi temporel ont notamment pour vocation de définir un état de référence, de suivre les évolutions de la qualité des sols pour détecter de manière précoce des dégradations, et d'évaluer l'effet de politiques publiques de protection des sols. Il s'agit des programmes BDAT (Base de Données des Analyses de terre) et RMQS (Réseau de Mesures de la Qualité des Sols).

• **BDAT** : Les analyses de terre, généralement demandées par les agriculteurs pour gérer au mieux la fertilisation, constituent une source d'information intéressante sur la variabilité des horizons de surface des sols cultivés. Elles sont en effet relativement nombreuses et couvrent une grande diversité de situations. Elles concernent des propriétés souvent fortement influencées par l'activité humaine (teneurs en éléments fertilisants, pH...), pour lesquelles les informations cartographiques existantes sont peu pertinentes. La BDAT regroupe ces résultats dans une banque de données permettant de les réutiliser dans un cadre plus global, pour une analyse spatiale et/ou temporelle. Les résultats de plus de 1 200 000 analyses réalisées entre 1990 et 2005 ont ainsi été rassemblés. Agrégés par canton, ils sont disponibles gratuitement (<http://bdatt.gissol.fr>).

• **RMQS** : Ce programme a pour objectif de mesurer périodiquement les différentes variables du sol afin d'être en mesure d'évaluer la qualité des sols et d'estimer son évolution. Ce réseau repose sur 2 150 sites de suivi répartis sur le territoire français selon une maille carrée de 16 km de côté, calée sur le Réseau Européen de Suivi des Dommages Forestiers (RESDF, placettes de niveau I). Au centre de chaque maille, un prélèvement de sol est mis en place et de nombreux paramètres physiques et chimiques du sol sont mesurés et analysés. Les échantillons de sol sont conservés durablement au sein du conservatoire national d'échantillons de sol géré par l'Unité InfoSol de l'INRA d'Orléans. La première campagne est achevée, et la seconde est en préparation.

En Bretagne, le programme Sols de Bretagne initié en 2005 consiste en la déclinaison régionale des programmes IGCS et RMQS. Ce programme a été financé par l'État, la région Bretagne et les quatre départements bretons. Le volet IGCS a été mis en œuvre par Agrocampus Ouest et le volet RMQS par les Chambres d'Agriculture de Bretagne. Un programme complémentaire nommé **RMQS BioDiv** a été mené en Bretagne avec pour objectif de mieux caractériser la biodiversité des sols de la région. L'UMR Ecobio Université de Rennes 1 / CNRS a coordonné le RMQS BioDiv, qui a été financé essentiellement par l'ADEME. L'échantillonnage étant le même que celui du RMQS "standard", le croisement des données biologiques, physico-chimiques et relatives à l'historique des sites est possible.

Le programme Sols de Bretagne a permis de décrire et référencer environ 380 types de sols, répartis dans 445 unités cartographiques dont la figure 2 donne une représentation.

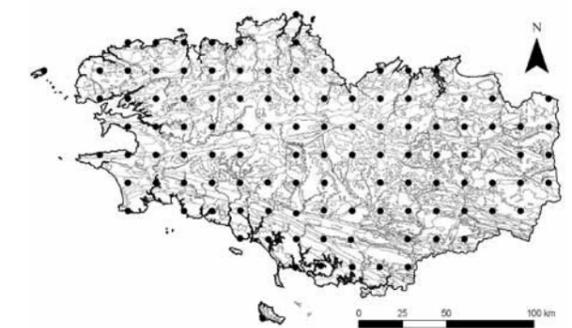


Figure 2. Tracé des Unités Cartographiques du volet IGCS de Sols de Bretagne et répartition des sites RMQS.

Ces travaux de cartographie et de constitution de bases de données, achevés en 2011, fournissent pour la première fois une vision exhaustive des sols de la région Bretagne à l'échelle du 1/250 000. La base de données sémantiques associée permet d'envisager de multiples applications visant une gestion optimisée des sols.

LES SOLS BRETONS

Caractéristiques et propriétés des sols bretons

Une analyse de la diversité des sols, s'appuyant sur la carte mondiale des sols existante, a conclu à une faible diversité des sols en Bretagne (Minasny et al., 2009, *Geoderma* 155). En effet, les indices de diversité pédologique établis par ces auteurs placent le Massif armoricain parmi les régions du monde les moins variables sur le plan pédologique, à l'opposé par exemple du sud de la France. Pourtant, les agriculteurs bretons utilisaient jusqu'à une période récente un ensemble de termes vernaculaires permettant de différencier les sols en fonction de leur qualité agronomique. Ces deux constats a priori opposés quant à la variabilité des sols en Bretagne peuvent être réconciliés : si les sols de Bretagne ont bien des caractéristiques communes, en particulier il s'agit en très grande majorité de sols limoneux et acides, il n'en reste pas moins que les variations à courte ou moyenne distances, par exemple à l'échelle des versants, sont significatives, mais mal perçues à travers des cartes globales. Ces variations ont des implications sur le plan de la qualité agronomique des sols, mais également vis-à-vis de leur rôle environnemental, notamment comme interface avec l'eau et l'air.

La diversité des sols peut être restituée par la description des types auxquels ils appartiennent, définis sur la base des processus pédologiques qui ont contribué à leur morphologie actuelle, ou de façon plus opérationnelle par la représentation de la variabilité des propriétés pédologiques. Des paramètres simples comme l'épaisseur, la teneur en matière organique ou la texture de l'horizon de surface, le pH, le degré d'hydromorphie, etc. peuvent être décrits, de même que des paramètres intégrateurs faisant appels à la combinaison de plusieurs informations pédologiques comme le stock de carbone organique, ou la réserve utile (Figure 3). Enfin, les bases de données maintenant disponibles permettent de croiser relativement facilement des informations pédologiques et des informations autres, pour estimer l'aléa érosif par exemple.

Le site internet www.sols-de-bretagne.fr, véritable portail de l'information sur les sols de la région, a été récemment restructuré et regroupe un grand nombre d'informations, des cartes et documents mis à disposition et propose des webservices de consultation et d'extraction de données sur les sols.

Évolutions majeures des sols sous l'action de l'homme

L'activité humaine impacte les sols de façon importante depuis au moins un millénaire : à l'accroissement de l'érosion lié au défrichement, il faut ajouter les effets du travail du sol (mélange d'horizons), des apports de matière organique (augmentation de l'activité biologique), de l'implantation des cultures (prélèvements

de nutriments) ou encore des techniques d'assainissement (réduction de l'engorgement en eau). Les fonctionnements physico-chimiques et biologiques des sols ont donc été fortement influencés par l'homme bien avant l'intensification de l'agriculture des dernières décennies, mais sans qu'il ait pu lever certaines contraintes majeures, notamment liées à l'acidité et aux carences en éléments nutritifs.

La Bretagne a acquis en 50 ans la place de première région agricole française, notamment pour l'élevage, en intensifiant fortement ses modes de production agricole, mais également en modifiant profondément son parcellaire et son bocage. De nombreuses terres jusqu'alors impropres à la culture (zones humides, parcelles carencées) ont été converties en terres cultivées productives par les aménagements et la fertilisation. L'amélioration des connaissances des caractéristiques physiques et chimiques des sols, au cours des années 1980, a conduit à l'élaboration des premiers plans de fertilisation. L'intensification des productions a continué avec l'accroissement des productions bovines et l'apparition des élevages de volailles et de porcs, ces derniers nécessitant des surfaces aptes à l'épandage des effluents produits. Le drainage des terres humides s'est poursuivi jusque dans les années 1990, date à laquelle l'émergence des préoccupations environnementales et la dégradation des ressources en eau amènent à la prise en compte des fonctions environnementales des sols.

Dans le même intervalle de temps, la Bretagne a fortement développé ses infrastructures de transport et a connu un développement urbain important qui se poursuit. En 2000, 12% du territoire régional était artificialisé (5% au niveau national). De par la proportion importante de ses surfaces agricoles et urbanisées, la Bretagne se situe parmi les régions européennes où la surface relative des milieux naturels (forêts, landes, zones humides...) est la plus faible. L'impact de cette évolution récente sur les sols de Bretagne n'est pas pleinement élucidé, notamment du fait d'une insuffisance de données anciennes fiables permettant d'analyser l'évolution des sols sur plusieurs décennies. A cela s'ajoutent des difficultés météorologiques qui compliquent l'évaluation à l'échelle régionale de certaines caractéristiques du sol, notamment en matière de compaction et de biodiversité. Néanmoins, la constitution de bases de données sur les sols, mises à jour de façon régulière, permet progressivement d'affiner le diagnostic de l'état actuel des sols bretons et des principales menaces qui l'affectent.

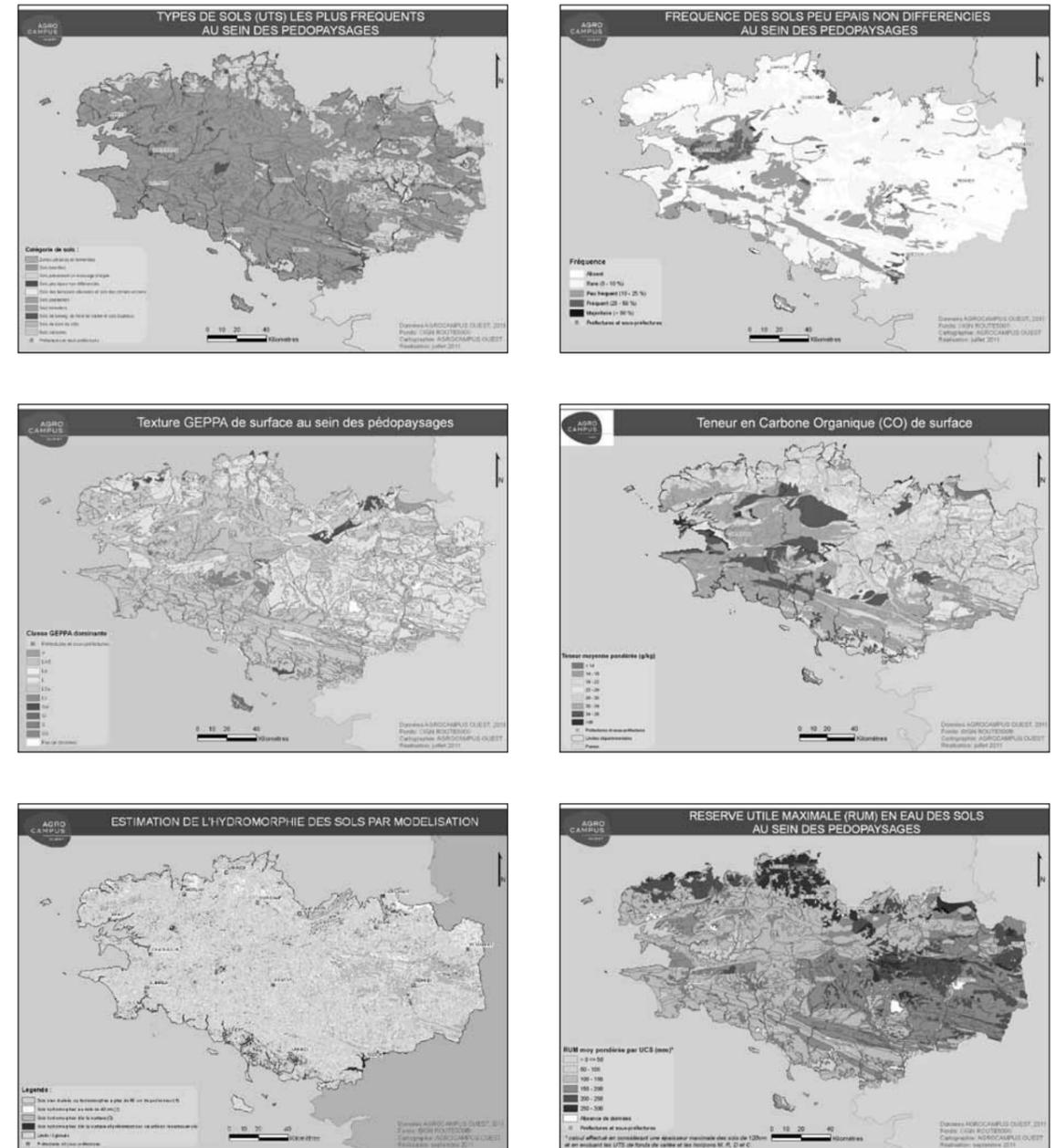


Figure 3. Représentation régionale de quelques caractéristiques des sols bretons. Ces cartes sont disponibles au téléchargement sur le site www.sols-de-bretagne.fr / rubrique "À télécharger".

• **Diminution des teneurs en matière organique des sols**

La baisse progressive des teneurs en matière organique des sols cultivés au cours des 30 dernières années est relativement bien documentée grâce à la BDAT (Figure 4). Les sols bretons ont progressivement perdu de la matière organique selon une dynamique de premier ordre, c'est-à-dire de perte proportionnelle à la teneur initiale. Dans la partie sud de la péninsule, la teneur en matière organique a baissé de l'ordre de 1% depuis 1980, ce qui est particulièrement important. Au nord, la baisse a été plus faible, de l'ordre de 0,2% mais concerne des sols aux teneurs initiales beaucoup plus faibles. La comparaison des deux périodes les plus récentes semble indiquer une stabilisation des teneurs à un niveau considéré généralement comme satisfaisant pour une grande partie des sols de la région, excepté dans le tiers nord-est où les teneurs apparaissent faibles, d'autant qu'il s'agit de sols limoneux, à la structure physique fragile. La comparaison à des données plus récentes permettra de confirmer ou d'infirmer cette tendance. Les risques de cette baisse de la matière organique, qui s'explique par un effet conjoint de l'évolution des systèmes de production agricole et des pratiques agronomiques, concernent principalement un déstockage de carbone vers l'atmosphère et une dégradation de la qualité (notamment physique) des sols.

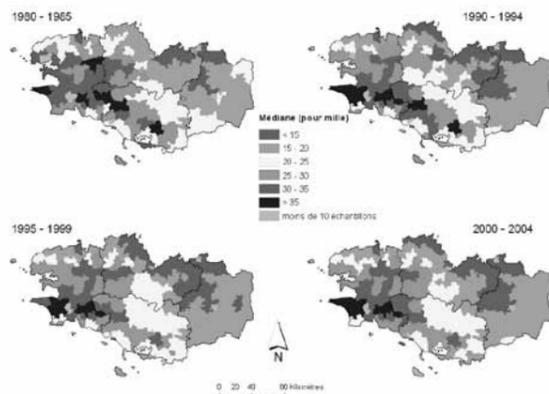


Figure 4. Évolution des teneurs médianes cantonales en matière organique des sols bretons de 1980 à 2004 (Agrocampus Ouest, 2011)

• **La contamination des sols**

Une autre menace potentielle de dégradation des sols est leur contamination par des polluants, soit sous forme concentrée par des apports importants et localisés qui conduisent à des sols dits "pollués", soit sous forme diffuse par des apports répétés en quantités faibles, qui génèrent une accumulation progressive de certains éléments dans les sols. Près de 14000 sites potentiellement pollués ont été répertoriés en Bretagne en tenant compte des activités passées (industries, services) susceptibles d'avoir contaminé les sols par des rejets de polluants variés, tels des hydrocarbures, métaux, produits chimiques... Seule une fraction de ces

sites a pour l'heure fait l'objet d'une évaluation plus approfondie. De par le passé industriel peu développé de la Bretagne, le nombre de sites pollués de la région est modéré, représentant de l'ordre de 1,5% des sites pollués français.

La contamination diffuse des sols en Bretagne est liée au caractère intensif de son élevage. Les bilans entrées sorties dans les sols pour le cuivre, le zinc et le phosphore sont souvent fortement excédentaires, car ces éléments sont importés dans l'exploitation agricole à travers l'alimentation animale et restitués aux sols par les déjections animales : peu mobiles et incomplètement exportés par les cultures, ces éléments s'accumulent dans la partie supérieure des sols au fil des années. On est ainsi passé en quelques décennies d'une situation de carence dans les sols bretons, à une situation d'excès d'éléments chimiques. Ainsi, la Bretagne présente actuellement la teneur moyenne en phosphore la plus forte parmi les sols français, au-delà de toute justification d'ordre agronomique. Cette situation n'obère pas le potentiel de production agricole des sols à court et moyen terme, mais peut poser des problèmes d'eutrophisation des eaux en cas de transfert par érosion du sol vers les eaux superficielles. Si la solution d'une réduction des apports excédentaires semble a priori évidente et simple à mettre en œuvre, elle suppose néanmoins des modifications importantes des systèmes de production agricole et des pratiques associées, pour réduire les effectifs animaux, épandre les effluents sur de plus grandes surfaces ou exporter les éléments en excès hors de la région.

• **L'érosion des sols**

L'érosion hydrique est considérée à l'échelle de l'Europe comme la principale menace de dégradation des sols, affectant plus de 40 millions d'hectares. En Bretagne, l'accumulation quasi-systématique de terre à l'amont de talus mis en place il y a quelques siècles indique que l'érosion est un processus actif de longue date. L'inventaire systématique des coulées de boues met par ailleurs en évidence que pratiquement toutes les communes bretonnes ont connu au cours des trente dernières années des événements catastrophiques de perte de terre qui infligent des dommages aux infrastructures (chaussées salies, colmatages des réseaux de collectes des eaux pluviales), aux zones résidentielles (caves et maisons inondées) ou à la qualité de l'eau (matières en suspension et polluants organiques). Des signes moins spectaculaires, tels que la formation d'atterrissements en contrebas d'une parcelle, sont plus fréquents et traduisent de la même manière une redistribution des volumes de terre à l'échelle des paysages.

L'érosion est déclenchée par une combinaison de facteurs parmi lesquels la topographie (pente), le climat (précipitations) et l'occupation des sols sont prépondérants. Certaines caractéristiques des sols les rendent plus sensibles aux phénomènes érosifs (textures limoneuses, faibles teneurs en matières

organiques). L'érosion en Bretagne est de ce fait très dépendante de la gestion de l'état de surface des parcelles, visant à favoriser l'infiltration de l'eau dans les sols et à éviter l'arrachement de particules. Elle est également contrôlée par la présence d'obstacles dans le paysage (haies, talus, bandes enherbées) permettant la régulation des flux d'eau, moteur de l'érosion, et le piégeage des particules. La baisse des teneurs en matière organique des sols, l'arrachage de nombreuses haies et la présence de sols nus peu couverts à certaines périodes de l'année (par exemple, pour la culture du maïs en avril-mai ou pour les cultures légumières) sont des évolutions qui ont contribué à augmenter le risque d'érosion, en particulier dans le nord de la région. Cependant, peu de chiffres sont disponibles pour quantifier un réel accroissement effectif de l'érosion au cours des dernières décennies. Une estimation de l'aléa érosion des sols par le modèle MESALES existe au niveau national (Le Bissonais et al., 1998). En vue de valider ces résultats en Bretagne, le résultat a été soumis à des experts régionaux (Figure 5A). Ils ont mis en évidence des incohérences entre la carte produite et leur connaissance du terrain. Des informations disponibles plus précises renseignant les facteurs de genèse de l'érosion ont ensuite été utilisées comme données d'entrée du modèle, ce qui a permis de mieux estimer la sensibilité des territoires à l'érosion (Figure 5B).

Bien qu'aucune mesure spécifique à la gestion durable des sols n'existe actuellement, des dispositions, visant notamment à protéger l'eau, influencent les sols. Ainsi, l'obligation de couverture totale des sols en période de lessivage, en application de la directive européenne sur les nitrates (1991), va dans le sens d'une limitation du ruissellement de surface et donc d'une diminution de l'érosion des sols.

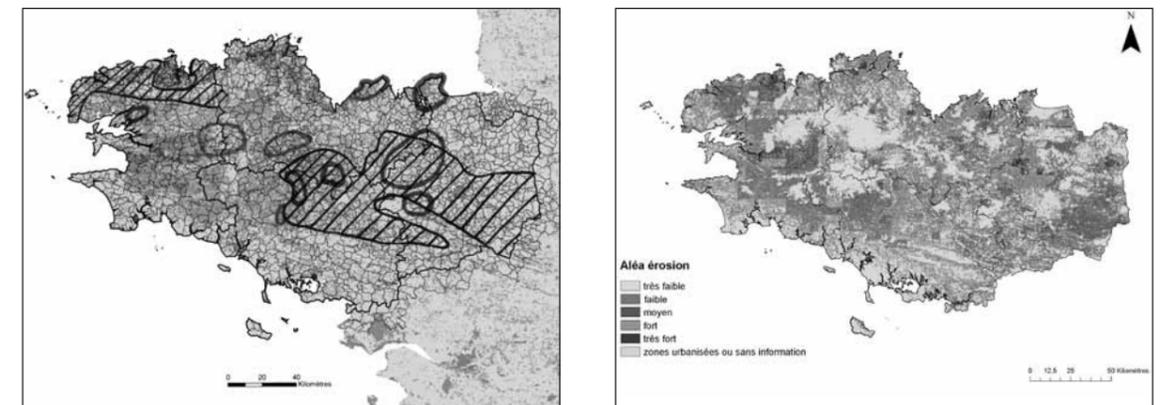


Figure 5. Estimation de l'aléa érosion en Bretagne. A. Analyse par des experts régionaux de la carte d'estimation de l'aléa d'érosion des sols issue du modèle national MESALES : (i) en rouge, surestimation ; (ii) en vert, sous-estimation ; (iii) en hachures noires, hétérogénéité exagérée. B. Résultat obtenu suite à l'amélioration des données d'entrée du modèle MESALES (Colmar et al., 2010)

CONCLUSION

Même si le caractère irremplaçable et non renouvelable des sols et l'importance des fonctions qu'ils remplissent sont aujourd'hui globalement admis, les sols sont encore largement méconnus et trop peu pris en compte dans la gestion des territoires. À la différence de l'eau et de l'air, les sols ne sont pas directement consommés et leur dégradation n'a que peu d'effet direct sur la santé publique. De plus, le fait qu'ils ne sont pas mobiles et soumis à propriété ne facilite pas la mise en place d'actions de préservation alors la qualité des autres ressources naturelles, notamment l'eau, en dépend. La connaissance de la diversité et du fonctionnement des sols est indispensable, tant concernant leurs propriétés pérennes afin de valoriser leurs potentialités sans les dégrader, que concernant l'évolution des propriétés influencées par l'homme à plus ou moins long terme. Dans les prochaines décennies, les campagnes complémentaires du programme de suivi des sols RMQS devraient apporter des éléments de réponses complémentaires à ceux déjà disponibles grâce à la BDAT. De plus, l'utilisation de nouvelles sources d'information (images satellitaires et aériennes, spectrométrie...) et l'amélioration des résolutions spatiale et temporelle des données disponibles permettront d'améliorer la connaissance des sols aux échelles globale et locale, et le suivi de leur évolution. Générer et mettre à disposition cette connaissance est la première étape indispensable à la gestion durable des sols et des ressources naturelles qui en dépendent.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Cîteau L., Bispo A., Bardy M., King D. (coord.), 2008. "Gestion durable des sols". Editions Quæ (Versailles, France), 320 p.

Colmar A., Walter C., Le Bissonnais Y., Daroussin J., 2010. "Démarche de validation régionale par avis d'experts du modèle MESALES d'estimation de l'aléa érosif. Étude et Gestion des Sols", 71 (1) : 19-32.

Commission Européenne, 2006. "Stratégie thématique en faveur de la protection des sols". Communication de la Commission Européenne au Conseil, au Parlement Européen, au Comité Économique et Social européen et au Comité des Régions. COM(2006)231. http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0231_fr.pdf

Dent E., Hartemink A., Kimble J., Poss R., Ruellan A., 2007. "Le sol épiderme vivant de la Terre". Plaquette de présentation de l'un des thèmes-clés de l'Année internationale de la Planète Terre, <http://www.cap-terre.org/IMG/pdf/le-sol-epiderme-vivant-de-la-terre.pdf>

Foley J.A., Ramankutty N., Brauman K.A., Cassidy E.S., Gerber J.S., Johnston M., Mueller N.D., O'Connell C., Ray D.K., West P.C., Balzer C., Bennett E.M., Carpenter S.R., Hill J., Monfreda C., Polasky S., Rockström J., Sheehan J., Siebert S., Tilman D., Zaks D.P.M., 2011. "Solutions for a cultivated planet". Nature 478: 337-342.

IPCC, 2007. "Climate change 2007" : synthesis report, contribution of working groups I, II and III for the fourth Assessment Report of the Intergovernmental panel on Climate Change. Genève, Pachauri R.K., Reisinger A. (eds), IPCC, 104 p.

INRA, 2009. "Le sol". Dossier INRA, janvier 2009. 183 p.

Le Bissonnais Y., Montier C., Daroussin J., King D., 1998. Cartographie de l'aléa "Érosion des sols" en France. INRA Orléans. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Étude et Travaux. 18, 91 p. http://erosion.orleans.inra.fr/rapport2002/Download/erosion_sols_1998.pdf

Lemercier B., Berthier L., Buquen G., Dutin G., Guichard S., Le Bris A.L., Renault-Gardan S., Quidu O., Walter C., Cluzeau D., Guernion M., Mercier V., Pérès G., Piron D., Rougé L., Le Dû-Blayo L., Michel K, Gouéry P., Bourget E., Corpetti T. Tico S., Dupont C., Giteau J.L., Guérillot C., Hanocq D., 2010. "Programme Sols de Bretagne" (2005-2010) - Rapport final. Document UMR 1069 SAS, 111 p + annexes. <http://www.sols-de-bretagne.fr/a-telecharger/RAPPORTS-DE-SYNTHESE-DE-SOLS-DE-BRETAGNE/Rapport-final-du-programme-Sols-de-Bretagne-%282005-2010%29/>

Oldeman L.R., Hakkeling R.T.A., Sombroek W.G., 1991. "World map of the status of human-induced soil degradation, an explanatory note" (second revised edition). ISRIC Waageningen, UMEP, Nairobi.

Ruellan A., Poss R., "Les sols pour l'avenir de la planète". Éditions AFES (Association Française pour l'Étude du Sol) http://www.inra.fr/internet/Hebergement/afes/pdf/AFES_sols_avenir_planete_Terre.pdf

Sites internet :

Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols (Gis Sol) : www.gissol.fr

Sols de Bretagne : www.sols-de-bretagne.fr

L'importance de la biodiversité du sol : le cas du ver de terre



Daniel CLUZEAU, Guénola PERES

Université de Rennes 1 - OSUR - UMR CNRS 6553 ÉcoBio - Station Biologique de Paimpont

Frédéric THOMAS

Rédacteur en chef de la revue TCS (Techniques Culturelles Simplifiées)

Dossier Vers de terre, extrait de la revue TCS n° 27, Mars/Avril/Mai 2004

LES ACTEURS DE LA FERTILITÉ DES SOLS

Avec le développement des TCS, du semis direct, et plus largement de la prise de conscience que le sol est un élément vivant, le ver de terre, cet allié de l'ombre, suscite de plus en plus d'intérêt. Cependant sous le terme générique de "ver de terre" se cache non pas un individu, mais plusieurs espèces aussi différentes par leurs aspects que leurs rôles.

Véritables ingénieurs du sol, ils ne se contentent pas seulement de le structurer, ils interviennent dans de nombreuses fonctions chimiques et biologiques en rapport avec le recyclage des matières organiques et l'alimentation des végétaux. Facilement observables et très sensibles aux pratiques agricoles, les vers de terre sont également des indicateurs intéressants de l'état physique comme biologique d'un sol.

Au vu de l'ensemble de ses responsabilités, ce n'est pas étonnant que nous l'ayons choisi comme symbole de la revue tout comme votre interlocuteur privilégié au travers des pages de TCS. Il mérite bien un dossier spécial.

Le sol est bien entendu un système interactif où la physique (structure du sol), la chimie (matière organique) et la biologie (plantes et animaux) interagissent entre eux. Ce système est fortement influencé par le contexte pédo-climatique, mais est également soumis à l'action de l'homme lorsqu'il est utilisé pour la production agricole (travail du sol, type et volume de résidus, intensité et caractéristiques des produits phytosanitaires). Comme nous l'avons présenté dans le dossier sur la vie du sol du TCS n° 20, le sol définit tout un écosystème complexe qui abrite une multitude d'organismes vivants indispensables à son bon fonctionnement. Au milieu de cet ensemble, il est difficile d'extraire et d'isoler un individu en particulier mais il est cependant admis par de nombreux agronomes et scientifiques que les lombriciens, qui peuvent représenter plus de 2 tonnes par ha, sont des acteurs charnières par leur rôle à la fois physique, chimique et biologique. Longtemps oubliés, ils représentent néanmoins, parmi la faune du sol, le groupe le plus important par leur biomasse et, dans une prairie, leur poids est souvent supérieur au chargement en bétail.

Cet acteur existe depuis l'ère primaire et le terme "vers de terre" regroupe plus de 2500 espèces de la classe des *Annélides oligochètes* (organismes possédant des soies généralement peu nombreuses et implantées directement dans les téguments) dans le monde. Beaucoup d'espèces ne font que quelques centimètres de long mais certains vers peuvent atteindre un mètre dans le sud de la France ou encore dans les Vosges (*megascolodes*), voire trois mètres en Australie ou en Colombie. On en trouve un peu partout en Europe, alors qu'ils avaient disparu de certaines régions comme l'Amérique du Nord lors des périodes de glaciation. Ce sont les colons qui, en emmenant de la terre avec des plantes et leurs outils, ont permis leur réensemencement.

En France, cohabitent environ une centaine d'espèces à sous-espèces qui se répartissent entre les différentes régions, types de sols et milieux écologiques. Dans un même sol, on ne trouvera généralement pas plus de quinze espèces évoluant ensemble avec une moyenne variant de quatre à douze espèces pour les terres agricoles. Ces vers de terre ont une taille et une pigmentation propre et il existe certainement autant de différences entre des espèces opposées par leur taille et leurs fonctions, qu'entre la vache qui broute la prairie et le campagnol qui en consomme les racines. Toutes les espèces ont cependant en commun la faculté de se nourrir principalement de résidus végétaux plus ou moins décomposés. Les seuls êtres qu'ils ingèrent vivants sont les micro-organismes qui vivent dans leur tube digestif et participent au recyclage de la matière organique. Ainsi, ils ne sont jamais des ravageurs et ne provoquent pas de dégâts aux cultures.

Une répartition du travail

Sous la dénomination de vers de terre ou de lombriciens cohabitent plusieurs espèces qui vivent dans des niches écologiques différentes et, d'une certaine manière, se complètent en possédant des rôles et des impacts fonctionnels différents. Trois grandes catégories (catégories écologiques) qui se basent sur des critères morphologiques, physiologiques et comportementaux sont définies (Bouché, 1972 ; Lavelle, 1997) : les épigés (5% de la biomasse lombricienne totale), les endogés (entre 20% et 40%) et les anéciques (entre 40% et 60%).

| Caractéristiques des grandes familles de vers de terre | | | |
|--|---|---|---|
| | Les épigés | Les endogés | Les anéciques |
| Milieu | Ils évoluent dans la litière ou les premiers centimètres du sol | Localisés dans le sol et principalement les premiers 50 cm. | Ils évoluent dans tout le profil et surtout verticalement. |
| Taille | 1 à 5 cm | 1 à 20 cm | 10 à 110 cm |
| Couleur/pigmentation | Rouge à rouge foncé | Rose à gris clair | Rouge à brun |
| Fonction | Brassent la matière organique et la fractionnent. | Se nourrissent de matières organiques plus ou moins dégradées. Creusent des galeries horizontales et temporaires (obstruction par les rejets) mais très ramifiées (participation à la création de la structure grumeleuse. Rôle relais et complémentaire des anéciques. | Mélangent la matière organique à la matière minérale. Creusent des galeries permanentes qui peuvent descendre jusqu'à 3 m. Rejetent leurs déjections à la surface du sol sous la forme de turricules. |

Ils prennent aussi des congés

Lorsque les conditions deviennent défavorables, soit trop sèches ou trop froides, certains individus descendent dans le sol et se protègent en s'enroulant dans une boule de mucus où ils entrent en léthargie ("arrêt" de l'activité). Ainsi, certaines espèces (tête noire : *A.giardii*) présentent une diapause, c'est-à-dire que l'arrêt de leur activité est géré par les hormones : ces espèces sont en diapause chaque année entre juin et début septembre. D'autres espèces (tête rouge : *L. terrestris*) présentent une quiescence : l'arrêt de leur activité est causé par des conditions contraignantes (sécheresse par exemple), leur activité reprendra dès le retour de bonnes conditions. Cette diapause estivale ou hivernale est donc plus ou moins importante selon les espèces, et également selon les conditions pédo-climatiques : plus un sol est superficiel et souvent sec pendant des périodes prolongées, moins il sera favorable à l'activité des vers de terre.

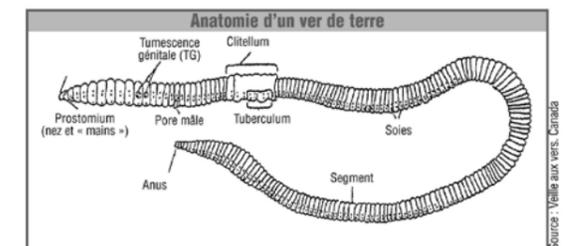
Un tube digestif qui se déplace dans le sol

L'image est peut-être un peu forte pour notre ami qui ne possède pas vraiment de tête, ni d'yeux, ni d'oreilles. En fait, le corps est cylindrique et est formé d'une succession de segments semblables (ou anneaux) compris entre un lobe céphalique (le *prostomium*, qui peut s'apparenter à la tête) et un lobe terminal. Le tube digestif est complet, avec une bouche et un anus. Chaque segment possède des muscles circulaires qui sont complétés par un muscle longitudinal qui fait la longueur du corps. Pour avancer, le ver contracte les premiers et s'allonge en s'arc-boutant sur ses soies, puis il contracte alors le muscle long pour s'étirer. Il prélève son alimentation (mélange de terre et de matières organiques prédécomposées) grâce à sa bouche. Elle passe ensuite par une forme de "gésier" où elle est broyée avant d'être partiellement digérée dans le tube digestif. Au bout du circuit, les déjections sont soit déposées à la surface du sol (principalement pour les épigés et les anéciques), soit dans les galeries ou autres cavités du sol (principalement pour les endogés et dans une moindre mesure pour les anéciques). Le ver de terre possède également "cinq cœurs" ou plutôt une forme d'artère aorte qui pompe le sang du devant vers l'arrière sur le dos avec un retour par le ventre.

L'adulte, et uniquement l'adulte, possède une partie plus enflée appelée *clitellum*, la fameuse

"bague", qui peut être blanchâtre, rouge orangé ou brun rougeâtre selon les espèces et devient orange lorsque les individus sont prêts pour l'accouplement. Le nombre de segments qui séparent ce clitellum du premier segment (le *prostomium*) est une caractéristique propre à chaque espèce, et est donc utilisé pour l'identifier. Enfin, les tumescences génitales qui ressemblent souvent à de petites bosses ou boutons se trouvent toujours sur la face ventrale du corps.

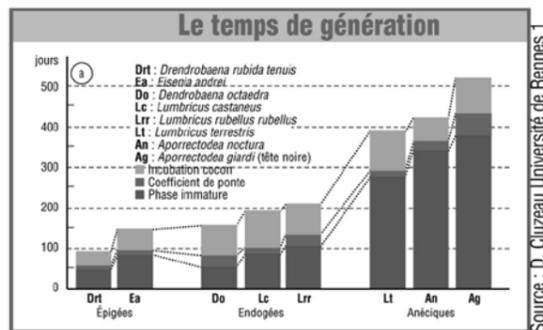
Le ver de terre n'a pas non plus de poumons mais l'oxygène et le dioxyde de carbone sont échangés au travers de sa peau qui doit être humectée en permanence. C'est pour cette raison que les vers de terre peuvent survivre un certain temps immergés, comme lors de fortes pluies qui envahissent leurs galeries, mais ne supportent pas du tout le dessèchement. C'est en fait un animal plus amphibie que terrestre.



Le temps de génération

Le "pas de temps" potentiel entre deux générations de vers de terre est certainement ce qui permet de mieux apprécier la diversité qui règne entre les différentes espèces tout comme l'inertie que peuvent présenter certains individus à recoloniser un territoire lorsque de meilleures conditions de développement sont réunies. Ce paramètre, mesuré en conditions contrôlées (laboratoire) pour huit espèces de vers de terre, met en évidence la forte adaptation de ces espèces au milieu. Ainsi, les épigés, qui sont localisés à la surface du sol et sont soumis à une importante pression (variations de climats et prédateurs), peuvent se reproduire en 90 à 150 jours contre 150 à 210 jours pour les espèces endogées. Ces deux catégories réagissent donc assez rapidement aux changements de conditions du milieu ; de ce fait, elles peuvent recoloniser en seulement quelques années les parcelles en TCS et semis direct. Pour ce qui est des anéciques, dont le "pas de temps" atteint 400 voire plus de 500 jours, le redéveloppement d'une population souhaitable sera donc beaucoup plus lente. En conditions

naturelles où la maturation des cocons comme la croissance des individus juvéniles est fortement influencée par la température du sol, l'humidité, la qualité et quantité des sources d'alimentation, il y a fort à penser que ce temps de génération est grandement amplifié et peut atteindre assez facilement deux années. Puisque ces anéciques se reproduisent lentement, il faudra donc apprendre à être patient et surtout ne plus les perturber une fois de retour.



LES INGÉNIEURS DU SOL

De manière courante, il est dit qu'en une dizaine d'années, la totalité de la couche arable de la surface d'un sol passe dans le tube digestif des vers de terre. C'est une certaine vérité lorsque l'on sait que ces consommateurs insatiables peuvent avaler plus de 400 t/ha/an, qu'ils vont malaxer et rejeter sous forme de déjections dans le sol mais également à la surface (turricules). Leur travail régulier a de multiples impacts sur le sol, à des niveaux physiques bien sûr mais également chimiques et biologiques. Très interconnectées, leurs actions concourent globalement à une amélioration agronomique, une plus grande stabilité du sol, tout comme une limitation des nuisances environnementales.

Ils incorporent la matière organique et brassent la matière minérale

Les vers de terre s'alimentent de la litière végétale déposée à la surface du sol ou plus précisément d'une grande quantité de produits organiques en décomposition. En avalant et en tirant les résidus dans leurs galeries tout en rejetant leurs déchets à la surface, ils incorporent progressivement la matière organique fraîche dans le sol. Cependant, et contrairement à ce que l'on peut croire, ce ne sont pas les premiers intervenants dans cette chaîne de recyclage. Ce sont d'abord des micro-organismes qui attaquent les cellules végétales, et ces micro-organismes vont intervenir tout au long du cycle de dégradation de la matière organique. Cependant, si les micro-organismes peuvent attaquer les éléments facilement dégradables (contenus cellulaires), ils ne peuvent attaquer que très difficilement les autres composés tels que les parois cellulaires (cellulose, hémicellulose, lignine). C'est à ce moment qu'interviennent les organismes de plus grande taille. Ainsi, en parallèle de l'activité des vers de terre, les collembolles vont perforer

et cisailer les résidus organiques, relayés par les larves de diptères qui élargissent les ouvertures. Progressivement, les vers de terre vont donc pouvoir ingérer ces résidus, accélérant les phénomènes de décomposition dans leur tube digestif.

Enfin, tous les éléments grossiers et pas seulement la matière organique se trouvent enfouis par l'activité des vers de terre. Mais cette modification de localisation a deux origines : la matière organique est enfouie par les lombriciens alors que l'enfouissement des cailloux est lié à la remontée de terre par les vers. Ainsi, après quelques années de prairie sur une parcelle anciennement cultivée de Rothamsted (*Thompson et Hodgson, 1989*), des cailloux pouvant atteindre 5 cm à 8 cm de diamètre ont été retrouvés à plus d'une dizaine de centimètres dans le profil. Cet exemple qui corrobore les observations de Darwin (disparition des pierres après 30 ans de prairie) porte à croire que les sols caillouteux, en TCS et surtout en semis direct, peuvent retrouver, avec le temps et surtout l'aide d'une activité lombricienne élevée, une couche de terre en surface dans laquelle il sera plus facile et surtout moins coûteux (mécaniquement) d'implanter des cultures.

Ils forent et entretiennent des galeries

Une tonne de lombriciens par hectare est capable de forer et d'entretenir des galeries, qui correspondent à 4% voire 6% du volume de sol. Elles sont organisées en réseaux et peuvent déboucher à la surface. Dans une prairie sur limons profonds, ces galeries qui forment de vraies canalisations représentent entre 400 m et 500 m linéaires par m³ de sol, et des agronomes suisses ont même estimé la porosité lombricienne à 600 m linéaire par m³ dans une parcelle en semis direct depuis plusieurs années. Ces galeries sont creusées et entretenues par les individus pour se déplacer comme pour se nourrir. Après la disparition des vers, elles peuvent persister voire être colonisées par un autre congénère. Des galeries d'anéciques peuvent ainsi demeurer jusqu'à une dizaine d'années. Toutes les grandes catégories écologiques ne confectionnent cependant pas le même type de réseau avec la même structure. Ainsi, les épiques sont plus des fabricateurs de lit de semences en aérant les premiers centimètres du sol ; les endogés, qui vivent constamment dans le sol, créent des réseaux de galeries horizontales à sub-horizontales où ils sélectionnent leur alimentation (ils sont en partie responsables de la décomposition des racines mortes) ; ils déposent ensuite leurs déjections dans leurs propres galeries qui ne sont pas vraiment permanentes et dans les cavités du sol. Les anéciques, quant à eux, travaillent verticalement et remontent à la surface du sol, entretenant ainsi l'ouverture de leur galerie ; a contrario, ils confectionnent très peu de galeries (1 à 2 par individu) et sans perturbation, ils ont tendance à conserver toujours la même. Les types de réseaux de galeries sont donc différents suivant les catégories écologiques, ils se complètent apportant ainsi une bonne distribution de la porosité dans le profil.

Enfin, les galeries sont d'un diamètre légèrement supérieur à la taille corporelle étant donné leur mode de locomotion "en accordéon", elles peuvent atteindre un diamètre important (5 mm à 10 mm) pour les anéciques adultes.

Comparé à une structuration d'origine mécanique, le travail des lombriciens se répartit en réseaux souvent interconnectés qui confèrent au sol une bonne organisation porale et une bonne architecture fonctionnelle, tout en conservant une grande solidité et portance.

En effet, les galeries des vers, qui leur servent avant tout d'habitat, ont aussi d'autres fonctions : en débouchant à la surface du sol, elles permettent de meilleurs échanges gazeux et globalement une bonne respiration du sol ; par ailleurs, elles permettent aussi une infiltration de l'eau plus rapide et à une profondeur plus importante. À ce titre, une étude de Bouché montre une relation nette entre le poids de lombriciens et la capacité d'un sol à absorber de fortes précipitations. Les vers de terre participent ainsi et d'une manière importante à la limitation du ruissellement, des risques de transfert de matière et de l'érosion. Les réseaux de galeries participant le plus à cette infiltration relèvent de ceux créés par les anéciques (galeries verticales, permanentes et ouvertes à la surface du sol). La porosité d'origine lombricienne favorise aussi l'imbibition du sol (interconnexions entre galeries) et par conséquent une meilleure redistribution de l'eau dans le profil et une augmentation de la capacité de rétention. On peut noter qu'une amélioration du fonctionnement hydrique du sol est aussi observée en TCS et a fortiori en semis direct : les sols se ressuient plus vite, les drainages fonctionnent mieux et les mouillères s'estompent.

Lorsque leurs galeries sont endommagées par le passage d'une roue ou la compaction d'un pied d'animal lors du pâturage, la communauté lombricienne réagit rapidement en reconstruisant son réseau. Ainsi, les vers de terre sont les garants de la stabilité de l'organisation et du fonctionnement du sol dans le temps.

Ils approfondissent le profil

Les lombriciens vont, en se répartissant la tâche, participer progressivement à l'approfondissement de la couche arable lorsque le substrat le permet. Ils créent des passages préférentiels pour les racines des cultures et notamment celles qui possèdent des racines de diamètre important (colza, tournesol, maïs...) et leur permettent de coloniser mieux et plus rapidement l'ensemble de l'épaisseur du sol. Les plantes apprécient d'autant plus les galeries que ces dernières sont souvent tapissées de déjections et par conséquent plus riches en éléments disponibles. Ils sont également capables de perforer des horizons relativement compacts comme des semelles de labour ou des lissages, bien que cela leur demande plus d'énergie, afin d'aller chercher de l'humidité ou tout simplement pour déposer leurs cocons dans des secteurs plus favorables. Avec le temps, cette action combinée

entre les plantes et les lombriciens concourt à augmenter la verticalité à la porosité du sol avec un accroissement de la zone organique couramment explorée par les racines. Il s'en suit une meilleure capacité de stockage des sols et une meilleure valorisation des réserves nutritives et hydriques.

Ils participent à l'élaboration de la structure organo-minérale

Les agrégats, formes de granules organo-minérales qui résistent à l'humidité comme à la compaction, représentent les parties stables du sol. Les vers de terre participent à la formation de ces agrégats à travers la production de leurs déjections. En effet, les déjections correspondent à un mélange intime entre une fraction minérale et une fraction organique. Cette association organo-minérale leur confère, de fait, une stabilité structurale plus importante que le sol environnant (il suffit pour cela d'observer comment résistent à la désagrégation les turricules lors d'une forte pluie). Cette stabilité structurale s'explique aussi par le fait que les vers de terre ont une approche alimentaire sélective et sélectionnent les éléments minéraux les plus fins, type argiles ou limons fins. Ainsi, lors du passage et du brassage dans leur tube digestif des particules minérales et organiques au milieu d'un cocktail de micro-organismes, les vers favorisent la constitution de complexes organo-minéraux. Si les vers de terre sont donc des agents actifs dans la formation de complexes organo-minéraux, les bactéries et champignons restent cependant les agents essentiels à la structuration et agrégation du sol.

Ils encouragent la libération d'éléments

De nombreux organismes sont responsables de la décomposition, de la transformation et de la minéralisation de la matière organique. Les micro-organismes du sol sont toujours les premiers agents mais, pour fonctionner, ils ont besoin d'un milieu humide et stable. C'est à ce niveau que les vers de terre interviennent dans les processus de décomposition des matières organiques. En les enfouissant dans le sol et en les ingérant de manière intime à la partie minérale, ils encouragent le travail d'individus plus petits. C'est pour cette raison que de nombreuses analyses de turricules montrent un enrichissement significatif de la teneur en éléments minéraux en comparaison au sol prélevé juste à côté. Les déjections sont en fait le meilleur du sol : elles correspondent à un substrat enrichi en éléments minéraux par la minéralisation, elles sont riches en matière organique et en activité biologique diverse. Les vers de terre, par leurs déjections, permettent donc de concentrer les éléments minéraux, mais surtout ils les rendent plus assimilables pour les plantes. Il faut également signaler ici que les vers de terre participent très activement à l'homogénéisation des teneurs en éléments du sol. Ainsi, le phosphore, réputé très peu mobile, le devient lorsqu'il entre dans le tube digestif d'un ver de terre. Il peut ensuite soit être réparti dans le profil (endogé) ou remonté à la surface du sol (anécique).

| Composition des déjections de vers de terre en comparaison à la terre arable voisine | | | |
|--|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
| Composition | Déjections de vers de terre | Sol voisin (0 à 15 cm) | Sol voisin (20 à 40 cm) |
| Azote total (%) | 0,35 | 0,25 | 0,081 |
| Carbone organique (%) | 5,2 | 3,32 | 1,1 |
| Rapport C/N | 14,7 | 13,8 | 13,8 |
| NO ₃ -N (mg/l) | 22,0 | 4,7 | 1,7 |
| P ₂ O ₅ (mg/l) | 150,0 | 20,8 | 8,3 |
| Ca échangeable (mg/l) | 2793 | 1993 | 481 |
| Mg échangeable (mg/l) | 492 | 162 | 69 |
| Ca total (%) | 1,2 | 0,88 | 0,91 |
| Mg total (%) | 0,54 | 0,51 | 0,55 |
| K ₂ O (mg/l) | 358 | 32 | 27 |
| pH | 7,0 | 6,4 | 6,0 |
| Humidité | 31,4 | 27,4 | 21,1 |

Source : Lunn et Jacobson : 1972

| Pourcentage d'augmentation des teneurs en éléments par rapport au sol de la surface | |
|---|-------|
| Azote | 366 |
| Phosphore | 644 |
| Potassium | 1 019 |
| Calcium | 40 |
| Magnésium | 204 |

Source : R.L. Donahue/Canada

Ils sont l'entrée d'une chaîne alimentaire

Les vers de terre jouent un rôle essentiel dans le maintien de la biodiversité bien qu'ils n'aient pas vraiment d'ennemis dans le sol, mises à part la mécanisation et la taupe (ils sont d'ailleurs extrêmement sensibles aux vibrations et c'est en partie pour cette raison qu'ils remontent à la surface lorsqu'on piétine : leur instinct les pousse à fuir la taupe). En revanche, une biomasse élevée de lombriciens est un réservoir d'alimentation intéressant pour une large faune de surface. Environ 200 espèces de vertébrés sont recensées comme prédateurs des vers de terre (*Granval et Muys, 1996*). C'est d'ailleurs pour cette raison que les vers sortent de préférence la nuit. Ils s'aventurent peu en dehors de leurs trous et préfèrent de loin un sol couvert. Les oiseaux sont certainement les plus gros amateurs et même si l'on peut regretter ce prélèvement d'individus utiles, il ne s'agit en fait que d'une taxe écologique car ces "prédateurs" consomment d'autres individus à la surface du sol beaucoup moins désirables comme les limaces par exemple. On peut d'ailleurs citer ici la bécasse qui, se nourrissant exclusivement de vers de terre, recherche des parcelles où l'activité lombricienne est systématiquement supérieure à 500 kg/ha. Les vers de terre sont également consommés par de nombreux omnivores comme le renard et le blaireau qui bénéficient ainsi d'une source en protéine riche en lysine et méthionine. Il existe cependant une ombre au tableau : le sanglier. Lui aussi est un gros amateur de vers de terre. Ce n'est pas son prélèvement qui est grave mais plutôt son mode opératoire (destruction de jeunes semis, dégâts aux cultures et dénivèlement du sol). La situation peut devenir critique lorsque les parcelles en TCS sont à proximité de bois et isolées au milieu d'îlots en conventionnel. Hormis la chasse, il n'existe pas vraiment de moyen de contrôle, si ce n'est de convaincre son voisinage de passer aux TCS et semis direct afin de répartir la charge sur un plus vaste territoire.

Ainsi, en développant un sol vivant avec de nombreux vers de terre, on favorise tout un écosystème de surface qui contribue largement à la richesse et la diversité de la faune sauvage qui, dans la majorité des cas, apporte en retour des bénéfiques.

Ils dynamisent l'activité biologique du sol

La vie du sol est complexe et variée et elle est le moteur de la fertilité par le recyclage de la matière organique, la structuration du milieu mais également le contrôle de certaines maladies et prédateurs. Avec les déjections, les vers de terre mettent en place un système de microcompostage qui permet le développement des bactéries et autres agents de la décomposition des résidus végétaux. De plus, les lombriciens ont une action originale dans le sens où ils intègrent des fragments de terre et de résidus végétaux riches en micro-organismes. À l'intérieur du tube digestif, ces micro-organismes trouvent un environnement protégé et favorable à leur développement ; en effet, des glandes sécrètent un mucus riche en polysaccharides (sucres) et en azote (NH₄) ainsi qu'en calcium, ce qui permet aux micro-organismes de proliférer. Par ailleurs, les vers de terre lors du dépôt de leurs déjections, ensemencent et répartissent de manière homogène les micro-organismes dans le milieu.

Ils apportent de nombreux autres bénéfices

En évitant à la matière organique de s'accumuler, les vers de terre réduisent la prolifération de certains ravageurs. Ainsi Raw (1962) a montré dans un verger de pommiers que *Lumbricus terrestris* pouvait intégrer dans le sol plus de 90% de la litière d'automne (feuilles essentiellement) entre octobre et février. Cet ensevelissement et ce recyclage rapide contribuent à éliminer les ravageurs et les maladies pouvant hiverner sur ces résidus. Au moment où l'on parle de nécessité de labour pour limiter les risques de fusariose et de mycotoxines, il faudrait peut-être encore mieux redonner la main à un allié fiable que de remettre la charrue dans les champs.

Comme nous venons de le voir, l'activité des vers de terre est tellement diverse qu'il est difficile de séparer un à un les facteurs tant ils sont imbriqués les uns dans les autres. Cependant, il n'est pas illusoire de prétendre que ces véritables ingénieurs et fertilisateurs du sol, favorisent par leur travail quotidien la production végétale. Dans ce sens, des expériences réalisées à l'étranger démontrent que l'introduction de vers peut permettre l'augmentation de la productivité végétale ; il ne faut surtout pas se priver de leurs actions, bien au contraire.

Cependant, notons que dans notre contexte agricole, les espèces les plus utiles sont le plus souvent encore présentes dans les parcelles, même si c'est en faible quantité, et si certaines espèces ont pu disparaître, il est fort probable qu'elles vivent

encore dans des prairies permanentes voisines, des haies ou des forêts environnantes. Il est bien entendu possible d'aller les rechercher dans ces milieux et de les réintroduire volontairement, mais on imagine bien le travail lorsque l'on parle de plusieurs tonnes de lombriciens à l'hectare.

Dans tous les cas, face à une réintroduction potentielle, il est plus opportun de maintenir ou de développer un environnement stable et favorable avec une nourriture abondante, afin que les individus encore présents puissent s'épanouir et se reproduire. Cette pratique demande un peu de temps au vu des rythmes de reproduction de certaines espèces mais il est difficile et surtout illusoire de vouloir brûler les étapes en réintroduisant massivement des individus.

| Impact des vers de terre sur la dynamique de levée d'une orge dans un sol humide en fonction d'éléments semeurs | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|----|---------------------|----|----------------------|----|-----------------------------|----|---------|------|
| | Double disque ouvreur | | Soc semeur sur dent | | Soc en « T » inversé | | Semis à la volée en surface | | Moyenne | |
| | R | SR | R | SR | R | SR | R | SR | R | SR |
| Couverture du sol | | | | | | | | | | |
| % de levée avec vers de terre | 17 | 25 | 65 | 40 | 76 | 48 | 84 | 87 | 60.5 | 50.0 |
| Nombre de vers par cylindre | 9 | 8 | 22 | 13 | 25 | 13 | 22 | 14 | 19.5 | 12 |
| % de levée sans vers de terre | 15 | 19 | 24 | 23 | 20 | 22 | 89 | 89 | 37.0 | 38.5 |

R = parcelles recouvertes avec des résidus (avant et après le semis).
SR = parcelles sans résidus en surface (avant et après le semis).

Beaucoup d'observations montrent que les vers de terre semblent être attirés par la zone perturbée par l'élément semeur. Ceci se vérifie lorsque le sol n'est pas compacté et se trouve recouvert par des résidus organiques, une source de nourriture. Cependant, cette expérience démontre que :

- le mode d'ouverture du sillon en conditions humides donne des grands écarts, que ce soit avec ou sans résidus en surface. C'est le semis en « T » inversé et le semis à la volée à la surface du sol qui obtiennent les meilleures dynamiques de levée. Pour ce dernier traitement, la constance de la pluviométrie sur la période a été extrêmement favorable, ce qui n'est pas toujours le cas en situation réelle ;
- le nombre de vers de terre retrouvés dans le prélèvement de sol réalisé sur les lignes de semis reflète assez bien le pourcentage d'émergence. D'une certaine manière, les deux phénomènes se combinent : la qualité du sillon attire les lombriciens qui, en retour, rétablissent et améliorent la porosité du sol autour de la graine. Cette synergie a un impact direct sur la dynamique de levée en conditions difficiles ;

→ la présence de résidus a une forte influence sur l'homogénéité de la levée et les populations de vers de terre sur tous les modes de semis à l'exception du sillon en V. Dans ce traitement, l'entrée de résidus dans la ligne de semis a sûrement entraîné un effet négatif ;

→ les semis sans l'assistance des vers de terre (destruction des individus par insecticides) montrent une forte chute du taux de levée pour tous les modes de mise en terre avec ou sans résidus d'ailleurs. Une bonne population de lombriciens sécurise et améliore significativement la qualité des semis et surtout la dynamique de levée en TCS et surtout en semis direct.

L'activité des vers de terre a été mesurée par un prélèvement de cylindres de sol (120 mm de diamètre/10 cm de long), suivis du comptage des individus présents. Par ailleurs, pour maintenir une forte humidité après le semis, la parcelle a été irriguée, à raison de 20 mm/jour (pluie répartie sur 4 h) et pendant 20 jours.

Source : Chaundry et Baker 1998

CONSTRUIRE UN SOL VIVANT



Comparaison entre 2 parcelles (texture sablolimoneuse et sol drainé).

À droite : travail conventionnel et exportation de paille occasionnellement.

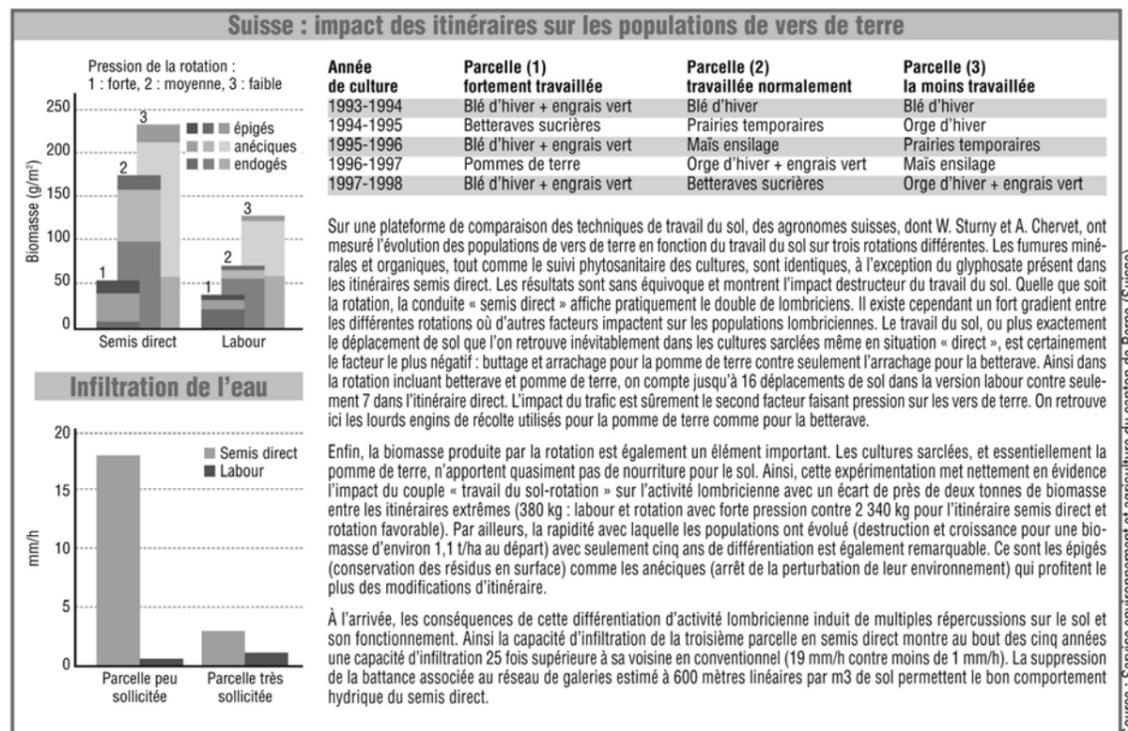
À gauche : TCS quatre ans et SD deux ans avec couvert et apport de matière organique (30 tonnes de compost de déchets verts depuis trois ans).

De nombreux facteurs influencent le développement des lombriciens. Les conditions pédoclimatiques ont bien entendu une importance majeure : la texture, la profondeur du sol, les caractéristiques physico-chimiques et le climat influencent largement les espèces et leur représentativité.

C'est dans les limons, plus faciles à creuser et avec une plus grande stabilité d'humidité, qu'ils sont les plus à l'aise ; en retour, c'est dans ce type de sol

qui se compacte facilement et qui n'a pas d'activité autostructurante qu'ils sont également le plus utile. Pour ce qui est du sable, il est plus abrasif pour leur tube digestif et la taille de certaines particules ne permet pas à certaines espèces de s'alimenter correctement ; de plus, ce type de sol est souvent superficiel et séchant ce qui n'arrange pas les conditions. L'argile, quant à elle, peut être un élément intéressant mais en trop grande quantité, sa plasticité en conditions humides et sa dureté une fois sèche n'en font pas un élément apprécié. C'est finalement, une texture mixte qui apparaît être la plus favorable au développement des vers. La profondeur du sol et donc le volume pour évoluer jouent également un rôle important ; la profondeur associée à la texture déterminent souvent la capacité à conserver de l'eau et permet à nos amis de trouver plus facilement une protection lors des périodes sèches ou froides.

Enfin, les vers de terre préfèrent les milieux aux valeurs de pH non extrêmes (deux bornes : pH = 4,4 et 11) et sains.



Cultiver sans travailler

Les interventions mécaniques affectent de différentes façons les lombriciens. Par la destruction des galeries, elles bouleversent premièrement l'habitat des vers, habitat qu'ils doivent reconstruire. Par ailleurs, elles agissent directement sur les vers en blessant une partie d'entre eux, voire en les coupant en deux. Compte tenu du fait qu'un ver coupé en deux ne donne pas deux vers, et qu'un ver blessé à de grands risques de mourir, les actions mécaniques ont donc un impact fort dommageable sur les vers de terre. Cette action négative est d'autant plus importante que l'intensité du travail est forte (outils animés), et elle affecte tout particulièrement les individus de taille importante (tous les anéciques, mais aussi les endogés adultes). Enfin le travail du sol, et entre autres le labour, est accompagné par une forte prédation : les mouettes qui suivent la charrue, en consommant les vers finissent le travail. Dans ce registre, il faut également signaler que contrairement aux idées reçues, pendant les périodes où les individus sont en diapause (estivale ou hivernale), ils restent fortement vulnérables : le travail du sol brise leur protection et les expose alors aux conditions auxquelles ils cherchaient à échapper.

Le moyen le plus simple et le plus efficace pour conserver le nombre de vers de terre dans les champs est donc de préserver leur environnement en réduisant, voire en supprimant le travail du sol. Cette démarche ne sera cependant efficace que si elle s'accompagne d'une réflexion sur la gestion organique.

Au commencement : la rotation

La rotation est également un autre élément fondamental pour développer une communauté de vers de terre importante. Elle régit plusieurs facteurs comme la quantité de biomasse végétale produite et laissée sur le sol, mais aussi la variété des produits mis à disposition des vers de terre. Dans le suivi de parcelle dans la région de Montérégie et de Lanaudière (Québec), les Canadiens ont systématiquement retrouvé le double d'individus (232 contre 107 vers/m² pour un poids de respectivement de 32,5 et 57,8 g/m²) dans les parcelles en rotation (souvent soja/maïs) en comparaison aux parcelles menées en monoculture (souvent maïs), alors que cette pratique laisse apparemment plus de biomasse.

Au niveau des lombriciens, la seule monoculture acceptable reste la prairie qui apporte une bonne source de nourriture en continu et aucun bouleversement du sol lié à un travail du sol. Cependant, toutes les prairies ne se ressemblent pas et l'importance des vers de terre, comme l'intensité de l'activité biologique, en général, sont étroitement liées au niveau d'intensification. Au domaine expérimental du Vieux Pin (61), les populations n'étaient que de 1700 kg/ha dans les années soixante-dix alors qu'elles atteignent aujourd'hui 2500 kg/ha (D. Leconte), suite à une modification des pratiques : l'intensification fourragère s'est construite autour d'une augmentation de la fertilisation, la présence d'espèces plus productives et mieux adaptées, ainsi qu'une meilleure gestion du pâturage.

Nourrir l'ensemble de ce petit monde

La majorité des engrais, en permettant d'accroître la production végétale et de ce fait la ressource alimentaire pour les vers de terre, peut favoriser le développement de ces derniers. Cependant, certains d'entre eux, tels que le sulfate d'ammonium, peuvent avoir un effet plus négatif que bénéfique.

En fait, l'état biologique général et, entre autres, le niveau de lombriciens dans un sol non perturbé, est fortement lié aux retours organiques qui définissent la source énergétique du système.

Un autre point essentiel pour l'activité biologique en général, et les vers de terre en particulier, est l'appétence du matériau organique. La lignine est l'élément le moins recherché suivi de la cellulose. On comprend donc l'intérêt de la rotation afin de fournir avec des oléagineux ou protéagineux des résidus plus appétants ou fermentescibles. On retrouve également l'importance des couverts et du choix des espèces en fonction de la rotation afin de rééquilibrer le rapport carbone/sucre/azote de l'ensemble du mulch pour le rendre plus digestible. La gestion et l'alimentation d'une population lombricienne s'appuient en fait sur des notions qui sont proches des règles développées en alimentation animale et entre autres avec les ruminants. Ils sont eux aussi de gros décomposeurs de matière organique.

S'il semble un peu illusoire d'apporter des vers de terre sans vraiment modifier le milieu, ils sont cependant indispensables pour redévelopper la fertilité de sols dégradés. Dans ce cas, il faut préserver leur environnement et surtout trouver le moyen de leur apporter une ressource alimentaire suffisante. Cette dernière est soit produite sur place, ce qui peut être difficile sur un substrat dégradé, soit être apportée via des résidus organiques, des fumiers ou composts qui pourront servir de support et de source d'alimentation. Ces produits présenteront également l'intérêt d'apporter par leur dégradation progressive une quantité et une diversité d'éléments minéraux permettant un meilleur développement végétatif et donc un retour de biomasse végétale supplémentaire au sol. Cette logique permet de gagner beaucoup de temps et sécurise la transition vers les TCS, voire le semis direct dans les sols marginaux où le taux de matière organique est déjà descendu relativement bas.

Une évolution dans le temps

Reconstruire une population active demande du temps. Les premiers à recoloniser un environnement vont être les épigés qui arrivent rapidement à partir du moment où on laisse les résidus à la surface du sol. Cette partie de la communauté possède un très fort pouvoir de recolonisation de par sa dynamique de reproduction et arrive assez rapidement (deux à cinq ans) à reconquérir le système.

Ensuite, mais avec une inertie plus importante les anéciques et les endogés vont revenir progressivement. À ce titre, les Canadiens prétendent que la croissance peut être d'environ 10% par an à partir du moment où l'on conserve plus de 30% des résidus à la surface du sol. Rappelons ici que la vitesse de recolonisation sera étroitement liée au niveau de départ. Il est par conséquent nécessaire de laisser le temps aux vers, et particulièrement aux anéciques et aux endogés, pour revenir. Compte tenu de tout ce que nous avons dit au préalable, cela se fera en limitant les perturbations du milieu (travail du sol, compactage) et en ayant une gestion optimale des ressources organiques.

Que l'on se rassure, les populations ne peuvent pas croître en continu. Avec de meilleures conditions de milieu et beaucoup moins de destruction, le nombre d'individus va lentement progresser au début des modifications d'itinéraire, puis se développer rapidement pour enfin arriver à un nouvel équilibre qui est imposé notamment par la ressource alimentaire, l'espace disponible et les interactions entre individus.

Avec le temps, au regard des conditions environnementales et des facteurs limitants, un équilibre entre les épigés, les endogés et les anéciques va se mettre en place. Ainsi, lors de transition vers les TCS et le semis direct, on assiste souvent à plusieurs phases de reconstitution de la communauté lombricienne. On comprend ainsi toute la stratégie de l'agriculture de conservation qui vise, par la production d'un maximum de biomasse végétale en circulation et le minimum de travail du sol, à doper l'activité biologique et, entre autres, le travail des vers de terre qui dans le temps va améliorer et entretenir une bonne structure du sol tout en favorisant le recyclage des éléments nutritifs.

Un bon candidat comme indicateur

Comme nous venons de le voir, les lombriciens sont des acteurs clés dans la fertilité des sols. Ils jouent également un rôle majeur dans la maîtrise des risques environnementaux : limitation du ruissellement, des transferts de matière et de l'érosion, protection de la qualité de l'eau en lien avec le pouvoir épurateur des sols, action sur l'abondance et diversité de la faune de surface. Si ces organismes influencent le fonctionnement chimique, physique et biologique des sols, nous avons vu aussi qu'ils étaient fortement influencés par les conditions environnementales : les caractéristiques naturelles du milieu, mais aussi les modifications liées à l'action de l'homme (travail du sol, gestion organique). De ce fait, ils sont reconnus comme étant de bons indicateurs de la qualité du milieu (les fameux "bio-indicateurs"). Vivant à l'échelle du profil avec une évolution assez lente des populations, ils sont plus pertinents que des organismes de plus petite taille. De plus, ils sont faciles à observer pour les scientifiques comme pour les agriculteurs et leur quantification n'est pas trop compliquée à mettre en oeuvre.

Au-delà de l'importance des communautés de vers (nombre d'individus et poids), il est également intéressant de connaître les différentes catégories écologiques qui les composent (épigés, anéciques, endogés) car nous avons vu que chacune d'elles avait un impact sur le sol bien particulier. Une formation très rapide permet de reconnaître facilement sur le terrain ces différentes catégories et de différencier les individus qui sont adultes (car ils ont la fameuse bague) des individus qui sont juvéniles. Cette information permettra de donner un premier diagnostic sur l'état biologique de nos sols. Si on veut une information encore plus complète, on peut essayer de reconnaître les différentes espèces, mais là, on doit bien dire que c'est plus compliqué et que cela relève plus du domaine de l'expert...

En conclusion, on peut se demander qui peut prétendre objectivement remplacer un travail mécanique avec autant d'efficacité et de bénéfices pour l'agriculteur comme pour l'environnement que nos amis les vers de terre ? Même s'il est possible de faire sans eux, c'est sans aucun doute mieux et surtout plus économique de collaborer avec eux, et ce vieux proverbe paysan reste d'actualité : « Dieu sait comment s'obtient la fertilité de la terre, il en a confié le secret aux vers de terre ».

Impact des pesticides

Quel est l'impact des molécules phytosanitaires sur les lombriciens et toute la faune et la flore du sol ? Bien que la question soit fondamentale, il n'est pas facile d'y répondre de manière stricte, la complexité de la réponse étant liée à la multitude de pesticides qui existent et à l'évolution permanente des matières actives.

Quel type d'impact peut-on observer ? Une espèce de vers ou un groupe écologique peut être touchée et un autre épargné. Il faut aussi différencier des impacts rapides (morts des individus) et d'autres à plus long terme (baisse de la fertilité par exemple).

Il faut aussi faire une différence entre les actions directes (absorption de produits par les vers de terre lorsqu'ils se nourrissent ou consommation de particules de matière organique contaminée) et les actions indirectes (le désherbage réduit la biomasse végétale produite et par conséquent la ressource en nourriture).

Enfin, il faut également intégrer dans cette réflexion que la stimulation de l'activité microbienne par les lombriciens favorise une dégradation plus rapide et plus complète des molécules de produits phytosanitaires.

En fait, les produits phytosanitaires ne sont pas systématiquement toxiques. Si on devait hiérarchiser les différents types de pesticides en tenant compte de leur impact négatif sur les vers de terre, il s'avère que, d'une manière générale, on pourrait dire que ceux qui restent les plus toxiques sont encore la majeure partie des nématicides (contre les nématodes) et insecticides, certains mollucides et fongicides (particulièrement ceux à base de cuivre), mais que peu d'herbicides ont un impact négatif. Cependant, il faut bien être conscients qu'au-delà de la toxicité propre aux matières actives elles-mêmes, il convient aussi de tenir compte de la toxicité potentielle de leurs métabolites (c'est-à-dire des molécules qui résultent de leur transformation dans le sol), et qu'à ce sujet peu d'études ont encore été réalisées.

Si on se replace dans un contexte global qui intègre l'ensemble des pratiques (traitements phytosanitaires, travail du sol, gestion organique), on peut remarquer que dans de nombreux cas, et les redressements des populations de lombriciens dans les parcelles des TCSistes le démontrent, c'est le travail du sol intensif qui est le principal agent négatif. La limitation des interventions et a fortiori le semis direct sont extrêmement favorables au retour de nos amis les vers de terre. Ceux-ci seront d'autant mieux préservés des molécules que la majorité des interventions "chimiques" sont réalisées sur mulch ou sur couvert avec pas ou peu de contact avec le sol et sa faune. Cependant, il faut aussi avoir en tête que ces mêmes couverts seront une source d'alimentation.

La réglementation internationale, européenne et nationale relative aux sols : vers la reconnaissance des sols comme milieu naturel ?

Maylis DESROUSSEAUX

Doctorante en droit de l'environnement

Institut de droit de l'environnement, Université Lyon III

« Il examinera si le sol est nu et sec, ou boisé et humide ; s'il est enfoncé et brûlé par des chaleurs étouffantes, ou s'il est élevé et froid »¹. En décrivant l'influence des milieux naturels sur la santé humaine, Hippocrate accordait une importance considérable aux caractéristiques des sols. Il les observait attentivement afin de déterminer quels étaient leurs impacts sur la formation des maladies et posait les bases de ce que l'on appellerait au XIX^{ème} siècle le mouvement hygiéniste². Il attestait non seulement des liens directs qu'entretient l'homme avec le milieu dans lequel il vit, mais aussi que le sol en est un élément central. Central parce que fondateur de l'État, il est l'assise des frontières qui découpent la terre en espaces. Le sol tient celui sur lequel il se trouve, lui confère des droits, une identité et le pousse parfois jusqu'au combat ; puis parce que historiquement les trésors qu'il avait à offrir déterminaient la richesse et décidaient de la survie d'un peuple, comme l'illustre le mode de vie des populations nomades qui recherchent la fertilité du sol. Parfois nourriciers et prodigues, ils sont aussi vecteurs de maladies comme l'étaient les sols argileux et donc imperméables des Dombes, de la Sologne, ou de la Brenne. L'insalubrité qui affectait ceux qui vivaient dans ces régions fut à l'origine du très controversé décret du 14 frimaire an II sur l'assèchement des marais³, qu'il fallait drainer afin de les assainir.

Si le sol est défini dans sa globalité comme une surface plane et uniforme « qui correspond à la couche supérieure de la croûte terrestre, épais de 30 cm en moyenne »⁴, les sols témoignent au contraire d'une grande diversité. Un élément fondamental les distingue les uns des autres : leur qualité. Entendue comme leur valeur intrinsèque, elle traduit « la capacité des sols à fonctionner dans un écosystème donné et pour une utilisation donnée, à supporter une production végétale, à contribuer à un environnement de qualité et à favoriser la santé des plantes, des animaux et des humains »⁵.

Les sols forment des biotopes et écosystèmes qui évoluent, interagissent et diffèrent par des réactions physiques et biochimiques, ainsi que par leur capacité à retrouver un équilibre après une pollution ou durant leur exploitation. Du fait de la lenteur de leur résilience, ils constituent un milieu naturel fragile, exposé à de nombreuses atteintes qui se résument par la dégradation de leur qualité. Ces atteintes ont été identifiées dès 1972 par la charte européenne des sols⁶, puis par la stratégie thématique en faveur de la protection des sols⁷. Bien que certaines soient liées, à l'exemple des risques d'érosion qui affectent qualitativement et quantitativement les sols, on en distingue deux catégories : la plupart sont dues à un changement d'ordre physique, telles que l'imperméabilisation, les glissements de terrains et le tassement, tandis que d'autres se caractérisent par un changement de composition, par exemple la salinisation ou la diminution des teneurs en matière organique. Les sols sont soumis à ce large panel d'altérations potentielles et réelles, dont certaines sont irrémédiables et dont les effets se répercutent sur l'ensemble des écosystèmes et des milieux naturels. Ils affectent la biodiversité, modifient les espaces naturels et nuisent à la qualité de l'eau dans la mesure où ils en sont à la fois le filtre et le réceptacle.

Le sol est longtemps resté « un sombre royaume » selon l'expression employée par Rachel Carson⁸ et aujourd'hui encore la réglementation de son exploitation n'opère aucune vision à long terme qui favoriserait un usage conforme à ces spécificités. Organisée en fonction des activités dont il est le support ou pour lesquelles il fournit la matière première, il existe une réglementation dense et variée dont l'objet principal est le sol. Mais leur profusion en révèle la vacuité, car peu de textes ne tiennent compte de leurs propriétés naturelles ni n'encouragent une utilisation durable. Actuellement, seuls l'Allemagne, l'Angleterre, le Danemark et la Suède se sont dotés d'une législation

de protection des sols en tant que milieu naturel. En France, ce n'est que récemment et de manière parcellaire et isolée, que sont apparus les contours d'une protection des sols, détournant sensiblement la finalité des textes existants vers une exploitation plus raisonnée. Cependant, la réglementation s'intéresse à la qualité des sols surtout lorsqu'il est question de rendement agricole, à l'exemple des échelles de valeurs qui classifient les sols lors des opérations de remembrement.

Sa dégradation a pourtant un coût : la Commission européenne, dans l'analyse d'impact réalisée lors de l'élaboration de la proposition de directive cadre sur les sols, l'a chiffré à plusieurs dizaines de milliards d'euros en Europe⁹, si aucun changement notable n'est effectué. En outre, le récent rapport d'étude portant sur la biodiversité des sols européens¹⁰ porte à connaissance, dans le même temps, son foisonnement et les menaces qui pèsent sur elle. Ces données statistiques et ces mises en garde par les inventaires de biodiversité, confirment l'idée selon laquelle les législations actuelles françaises et européennes contribuent positivement à leur destruction. D'autre part la multifonctionnalité des sols a entraîné une réglementation dense mais sectorielle. À chaque usage du sol correspond un ensemble de textes dont la vision s'arrête aux frontières de l'activité concernée. Pourtant les fonctions naturelles exercées par les sols outrepassent largement celles qui sont actuellement reconnues dans le droit français : essentiellement la fonction de production. Le projet de directive cadre sur les sols¹¹ en recense sept dont la majorité reste sans considération : il s'agit des fonctions de production de biomasse et de matières premières, de filtration, d'habitat, d'environnement culturel (à laquelle certains ajoutent un aspect spirituel), de conservation du patrimoine géologique et architectural et, enfin, de stockage de carbone.

Un état des lieux de la législation en vigueur relative aux sols fait ressortir que la diversité des usages du sol a entraîné une absence de statut juridique des sols. Néanmoins, la particularité des enjeux liés aux sols agricoles laisse apparaître les prémices d'une politique de protection (1), tandis que les normes de qualité de l'eau se répercutent sur la réglementation des usages des sols (2). Bien que l'Union européenne rencontre des difficultés dans l'élaboration d'une politique destinée à parer leur dégradation (3), le caractère universel de la dégradation des sols et de leurs impacts, tend à influer sur le droit international de l'environnement en la matière (4).

1- LA PROTECTION DES SOLS AGRICOLES EN DROIT FRANÇAIS

Le Code de l'environnement a consacré un titre à la protection de l'air et de l'atmosphère ainsi qu'un titre à la protection de l'eau et des milieux aquatiques, mais reste en revanche muet sur la protection des sols en tant que milieu naturel, faute de régime juridique existant. Seul le chapitre relatif aux sites et sols pollués, inséré dans le titre traitant des pollutions nuisances par l'ordonnance du 17 décembre 2010¹² opère une certaine reconnaissance. Reconnaissance toutefois poursuivie dans le but réel de réaffirmer qu'un sol pollué non excavé ne doit pas être considéré comme un déchet. Si la diversité caractérise l'éventail de textes régissant les usages du sol, l'absence de critères de durabilité les rassemble. En revanche, on retrouve certaines dispositions protectrices fondées dans la législation relative aux activités agricoles. On peut par exemple mentionner le rôle confié aux commissions communales d'aménagement foncier qui, parmi leurs nombreuses attributions, peuvent décider des travaux qui auront pour conséquence d'améliorer la protection des sols¹³. On observe tout de même la confirmation d'une tendance constante à adopter une vision utilitariste des sols puisque la finalité du contrôle de ces opérations s'attache non pas à la protection des sols pour leur richesse en biodiversité, mais pour préserver des terres agricoles vouées à la production alimentaire.

À l'heure actuelle, les règles liées à la protection de la qualité des sols agricoles sont essentiellement guidées par des préoccupations d'ordre quantitatif. Mais des changements ont eu lieu, allant jusqu'à modifier des clauses du bail rural. Auparavant exposés à une résiliation pour mauvaise exploitation du fonds, sur les fondements de l'article 1766 du Code civil, dans les cas où ils s'orientaient vers des pratiques plus respectueuses de l'environnement, les agriculteurs disposent aujourd'hui d'une protection législative. En effet l'article L411-27 du Code rural interdit désormais au bailleur d'exercer, sur le preneur à bail décidé à modifier ses pratiques en faveur de l'environnement, toute résiliation qui s'apparenterait à une sanction. Cette disposition symbolise une véritable évolution des mentalités et creuse le fossé qui sépare l'agriculture alternative des anciennes jurisprudences. Dans un arrêt du 1^{er} juin 1988¹⁴, la Cour de Cassation n'a pas hésité à priver de terres un agriculteur qui s'était rendu coupable d'une baisse de production en raison d'un changement de pratique agricole.

⁹ Document de travail des services de la Commission - Document accompagnant la communication de la Commission au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social européen et au Comité des régions - Stratégie thématique en faveur de la protection des sols - Résumé de l'analyse d'impact [COM(2006)231 final] [SEC(2006)620] l* SEC(2006)1165 */

¹⁰ S. Jeffery, C. Gardi, A. Jones, L. Montanarella, L. Marmo, L. Miko, K. Ritz, G. Peres, J. Römbke and W. H. van der Putten (eds.), 2010, European Atlas of Soil Biodiversity. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2010

¹¹ Proposition de la Commission du 22 septembre 2006, COM(2006) 232 final.

¹² Ordonnance n° 2010-1579 du 17 décembre 2010 portant diverses dispositions d'adaptation au droit de l'Union européenne dans le domaine des déchets, JO du 18 décembre 2010, p. 22301.

¹³ Article L123-8 du Code rural et de la pêche maritime.

¹⁴ Cass. Civ. III, 1^{er} juin 1988, Dame d'Poulet.

Les dispositions spécifiquement destinées aux sols permettent désormais au preneur de contribuer à la préservation de leur qualité mais aussi de participer à la prévention contre les risques naturels et à la lutte contre l'érosion. Bien qu'encore subsidiaire, ces exemples illustrent que le monde agricole et les pouvoirs publics admettent progressivement que les sols ont une valeur environnementale et non uniquement productive. Raphaël Romi et François Collart-Dutilleul¹⁵ prévoyaient, certes avec optimisme, la reconnaissance jurisprudentielle d'un droit pour le preneur à bail à une terre de qualité. Cette observation fut tirée d'un jugement du Tribunal de grande instance de Béthune qui accorda au preneur à bail une indemnisation pour les pertes de rendements qu'il avait subies en raison d'une pollution qui avait affecté sa terre¹⁶. Tandis que la notion de qualité des sols voit se dessiner l'ébauche d'un statut juridique, parallèlement les questions de leur affectation et de leur disponibilité se posent aux autorités publiques.

La loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche (LMAP) du 27 juillet 2010¹⁷ a eu la particularité de s'intéresser principalement aux problèmes d'artificialisation des sols et de leur soustraction à l'exploitation agricole. En effet, l'accent a été mis sur la recherche de moyens tendant à endiguer l'effet de grignotage des espaces périurbains sur les surfaces agricoles utiles. À cet effet, elle a créé une taxe sur la cession à titre onéreux de terrains agricoles nus rendus constructibles dont le montant, calculé en partie sur le prix de vente, est affecté à un fonds d'installation des jeunes agriculteurs. Des outils de maîtrise du foncier agricole ont aussi été institués. Sont donc venus s'ajouter aux zones agricoles de protection (ZAP)¹⁸ et aux périmètres de protection des espaces agricoles et naturels (PAEN)¹⁹, l'observatoire de la consommation des espaces agricoles ainsi que les Commissions départementales de consommation des espaces agricoles (CDCEA)²⁰. Ces dernières, bien qu'elles ne disposent que de simples attributions consultatives, doivent cependant délivrer un avis obligatoire lors de l'élaboration des schémas de cohérence territoriale (SCOT), des plans locaux d'urbanisme (PLU) des communes non comprises dans le périmètre d'un SCOT, et des cartes communales.

Cet avis porte « sur toute question relative à la régression des surfaces agricoles et sur les moyens de contribuer à la limitation de la consommation de l'espace agricole »²¹. Il semble intéressant de relever que c'est bien "d'espace" dont il est question et non de "terre" ni de "sol". Il est évident que le choix de ce terme permet une réflexion d'ensemble sur un territoire vaste, mais dans le même temps il

dénaturalise son objet. La prise en compte des sols se limite à leur surface et à leur étendue. Bien que leur disponibilité puisse être considérée comme une de leur qualité, les sols comme milieu naturel sont exclus de ce régime de protection. Seule la composition de ces commissions départementales, dans la diversité de leurs membres pourrait orienter les discussions en fonction de la qualité des sols concernés par un projet. Elles sont composées de représentants des collectivités territoriales, de l'État, de propriétaires fonciers et d'associations agréées de protection de la nature, mais également de représentants d'organismes publics compétents dans le département. Elles sont compétentes pour se prononcer, en l'absence de tout document d'urbanisme, sur les projets de construction, aménagements, installations et travaux prévus sur le territoire d'une commune, ayant pour impact la réduction de l'espace agricole. Parmi les exemples de projets concernés, il peut s'agir de projets collectifs tels que l'installation de centrales photovoltaïques, de fermes éoliennes ou de stations d'épuration. Or elles doivent prendre en compte les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) dans la mesure où les programmes et les décisions administratives dans le domaine de l'eau doivent y être compatibles²².

Les problématiques liées à l'artificialisation et à l'imperméabilisation des sols sont d'autant plus importantes que ces atteintes sont irrémédiables. Les répercussions sur l'eau sont majeures car la fonction de filtration des sols est neutralisée et que les eaux de pluie ne peuvent plus approvisionner les nappes phréatiques alors isolées. L'utilisation des sols a donc un impact sur l'eau de la même façon que la législation sur l'eau serait en mesure d'offrir un cadre privilégié, bien qu'insuffisant, à leur protection.

2- LA PROTECTION DES SOLS PAR LE BIAIS DES NORMES DE QUALITÉ DE L'EAU

Les sols, tout comme l'eau, sont des ressources naturelles faisant l'objet d'un usage intensif et varié, ce qui a pour conséquence de rendre complexe l'élaboration d'un cadre juridique adéquat. Le professeur Roger Le Moal fait état de cette difficulté de concilier toutes les activités qui y sont liées en respectant les exigences environnementales de l'eau.

Il écrivait que « l'agriculteur ou l'industriel ne souhaitent qu'un "fluide inerte", les pêcheurs, les baigneurs ou les aquaculteurs exigent un "milieu vivant", le consommateur veut une ressource alimentaire ». Or l'eau, à l'inverse des sols, bénéficie

d'un dispositif juridique fondé sur des exigences de qualités environnementales, fixées en fonctions de l'utilisation qui en sera faite. L'article L211-1 du code de l'environnement définit les différentes valeurs inhérentes à la qualité de l'eau, en fonction de son usage. Il pose le principe de la gestion équilibrée, c'est-à-dire d'une gestion qui instaure une solidarité entre les usagers de la ressource en eau, de manière à satisfaire les exigences de la santé et de l'alimentation de la population tout en respectant la vie biologique du milieu récepteur, le libre écoulement, mais également la lutte contre les inondations et les activités touristiques et économiques.

Ces normes de qualité de l'eau seraient-elles transposables aux sols ? La notion de qualité présente l'avantage de fédérer les différents usages qui font pression sur une ressource naturelle donnée. Or il apparaît que la législation sur l'eau a d'ores et déjà contribué à la protection de la qualité des sols²³. L'institution des périmètres de protection de captage des eaux qui accompagne toute déclaration d'utilité publique portant sur des travaux de prélèvement²⁴ d'eau destiné à l'alimentation de la population, est sans équivoque sur le lien direct entre la protection des sols et la qualité de l'eau. À nouveau l'agriculture en offre un exemple pertinent. C'est en effet en réponse aux pollutions de l'eau par les intrants et les produits phytosanitaires, massivement déversés sur les sols agricoles, que des obligations ont commencé à peser sur les agriculteurs. Dès 1964, la loi sur les eaux²⁵ mettait en place un régime de protection des eaux superficielles et des eaux souterraines qui impliquait l'activité agricole. Malgré leur finalité clairement orientée vers la restauration de la qualité de l'eau, les sols et plus largement l'environnement ont amplement bénéficié de ces nouvelles règles qui se déclinent tant au niveau national qu'au niveau européen. Dans le cadre du V^{ème} programme d'action pour l'environnement, la Commission déclarait que « dans un code de bonne conduite, les bonnes pratiques agricoles doivent être définies de manière à ce que l'exploitation réglementaire des terres n'entraîne aucune érosion du sol ni aucune dégradation du sol, de l'eau et de l'air »²⁶.

En 1991 fut adoptée la directive concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates²⁷, qui enjoignit aux États de délimiter des zones vulnérables dans un court délai. Cette directive préconisa également l'élaboration d'un Code des bonnes pratiques agricoles qui donna lieu en France à l'arrêté du 22 novembre 1993²⁸. Resté sans valeur normative, il invite l'agriculteur à prendre en compte le cycle naturel des sols

décrivant l'état des sols (absence de couvert végétal, degré d'inclinaison) et en déterminant les saisons durant lesquelles l'épandage de fertilisants est à éviter. Ces préconisations ont des effets sur les sols dans la mesure où en imposant la présence d'un couvert végétal, induisant également l'aspect bénéfique du gel des terres, elles évitent les phénomènes d'érosion hydrique et l'épuisement des matières organiques. La conservation de zones enherbées de part et d'autre des cours d'eau permet à la fois une meilleure filtration de l'eau et la conservation d'une biodiversité présente dans les sols tout en limitant l'érosion. Au regard de la forte consommation en eau de l'agriculture, causée principalement par l'abandon des cultures traditionnelles dans certaines régions, ce même arrêté prévient des effets néfastes d'une irrigation excessive et mal gérée d'abord sur la quantité de ressource en eau disponible, ensuite sur les risques encourus de percolation des sols. Ces préoccupations se retrouvent également au sein des dispositions déterminées par les SDAGE qui mènent des actions de lutte contre les pollutions. Après avoir identifié l'origine de ces pollutions, ils décident des mesures à adopter pour les résorber sinon les réduire. Ainsi, le SDAGE de Loire-Bretagne renvoie au préfet le soin de déterminer par arrêté la liste des pesticides particulièrement nocifs qui seront soit interdits soit limités à un usage restreint. Il fixe aussi l'objectif de réduction d'au moins 30% des algues vertes d'ici 2021 dans 8 baies identifiées. Sa mise en place incombe aux SAGE qui doivent dès lors établir un programme de régulation des flux de nitrates²⁹. La qualité des sols étant garante de la qualité de l'eau, sa préservation est tributaire de ces actions préalables.

La gestion de l'eau, tant quantitativement que qualitativement, même si elle n'a pas eu les résultats escomptés par les politiques publiques mises en place, a néanmoins contribué à la protection des sols en tant que milieux vivants et non plus seulement en tant qu'outil de production, en encourageant la reconnaissance de leurs cycles naturels. Cette initiative européenne, bien que complétée par la législation interne, révèle la présence de préoccupations environnementales qui outrepassent les sols français.

Le projet de directive cadre sur les sols apparaît comme le continuum de la politique de l'Union européenne en matière d'environnement, exposé cependant aux réticences des États membres.

¹⁵ COLLART-DUTILLEUL Fr. et ROMI R., "Propriété privée et protection de l'environnement", AJDA 1994, p. 571.

¹⁶ TGI Béthune, 7 février 1989, Code permanent environnement et nuisances, p. 2632.

¹⁷ Loi n° 2010-874 du 27 juillet 2010 de modernisation de l'agriculture et de la pêche, JO du 28 juillet 2010 p.13925.

¹⁸ Loi n° 1999-574 du 1999 d'orientation agricole, JO du 10 juillet 1999 p.10231.

¹⁹ Loi n° 2005-157 du 23 février 2005 relative au développement des territoires ruraux, JO du 24 février 2005 p.3073.

²⁰ Article L112-1-1 du Code rural et de la pêche maritime.

²¹ Article L112-1-1 du Code rural et de la pêche maritime.

²² Article L212-1 XI du Code de l'environnement.

²³ MALAFOSSE J., Règles de bonnes pratiques agricoles, Jcl Env. Fasc. 432. Mis à jour en 2002.

²⁴ Article L1321-2 du Code de la santé publique.

²⁵ Loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution, JO du 18 Décembre 1964.

²⁶ Com. [92]0023 final – C3 – 0240/92

²⁷ Directive n° 91/676/CEE du 12 décembre 1991, JOCE L375 du 31 décembre 1991.

²⁸ Arrêté du 22 novembre 1993 relatif au code des bonnes pratiques agricoles, JO du 5 janvier 1994 p. 287.

²⁹ Voir notamment le rapport relatif à "l'élaboration d'un plan de lutte contre les algues vertes", DALMAS D. et al., Janvier 2010, 144 pp.

3- LA DIFFICILE CONSTRUCTION D'UN CADRE JURIDIQUE EUROPÉEN DE PROTECTION DES SOLS

Le naturaliste Michel-Hervé Julien estimait « à mille ans le temps nécessaire à la formation d'une couche suffisante pour servir de support à une végétation digne de ce nom »³⁰. C'est pourquoi il importe de considérer les sols comme une ressource non renouvelable à l'échelle humaine. Leur préservation a de facto été déclarée "domaine d'action prioritaire" par la Commission européenne dans sa communication de 2002 relative à l'élaboration de sa « stratégie thématique pour la protection des sols »³¹. Réaction qui peut être jugée tardive par rapport aux premiers signaux d'alarme lancés dès 1952 par Roger Heim, alors directeur du Muséum national d'histoire naturelle, qui écrivait que « l'érosion est la maladie essentielle de notre planète »³². Le Conseil de l'Europe reprit en écho, dans la charte européenne des sols adoptée en 1972, la nécessité vitale de cesser de les exploiter inintelligemment. D'une façon de plus en plus affirmée, l'Union européenne affiche sa volonté de favoriser une utilisation durable des sols et d'en adapter les usages à leurs caractéristiques. Soucieuse de maintenir une politique agricole orientée vers la garantie et la pérennité de l'indépendance alimentaire, la préservation des facultés productrices des sols répond également de sa compétitivité sur un marché où les denrées alimentaires occupent une place prégnante. Mais l'approche européenne ne se limite plus à ces seuls critères et tend vers la reconnaissance des fonctions exercées par les sols, dans les domaines de la biodiversité et de la régulation des écosystèmes...

À cet égard la proposition de directive n'offre qu'un cadre de protection des sols et laisse le soin aux États membres de la transposer en définissant eux même un degré de protection. Les travaux préparatoires³³ justifient cette démarche au regard de la grande diversité des sols européens, qu'il aurait été impossible de protéger efficacement en fixant des seuils au niveau européen. Bien qu'exposée à la critique, cette approche aussi souple soit elle n'a pas su trouver grâce auprès des États puisque six ans après son élaboration, la directive sols n'a toujours pas été approuvée. Cette opposition de longue haleine traduit la forte symbolique souveraine liée au sol, en ce qu'il forme le territoire ; et ce en dépit des effets transfrontières des dommages liés aux sols, en particulier en cas de pollutions diffuses, qui elles,

ne connaissent pas de frontières. Toutefois dans l'hypothèse d'une transposition, cette directive qui énumère les atteintes pouvant affecter les sols ainsi que les fonctions naturelles qu'ils exercent au sein des écosystèmes, permettrait de poser un cadre clair quant aux activités à réguler. Elle se compose de trois volets : le premier incite les États à prévenir la dégradation des sols, dans un second temps ils devront identifier les sols déjà dégradés ou risquant de l'être, enfin le troisième volet comporte des règles relatives à leur restauration par le biais de programmes adaptés. Cette proposition de directive ne comporte aucune mesure coercitive et laisse le soin aux États de fixer eux même un délai au cours duquel ils devront procéder à l'assainissement de leurs sites contaminés. La France, qui a déjà mis en œuvre certaines politiques sectorielles relatives à l'identification de sols pollués et certains mécanismes de remise en état, gagnerait à transposer cette directive. Elle permettrait l'élaboration d'une politique globale et cohérente applicable à tous les types de sols et de dégradation. En outre, un des enjeux majeur serait la détermination de seuils dans l'identification et la réparation des sols, dont celui de leur qualité signifierait une reconnaissance de leur valeur intrinsèque et non plus de leur utilité présente ou future³⁴.

Chaque État membre est aujourd'hui concerné par l'état de ses sols et les politiques de protection connaissent des niveaux variés d'avancement. Or l'analyse d'impact de la directive insiste non seulement sur l'aspect transfrontière des dégradations des sols mais aussi sur leur rôle dans l'accélération des phénomènes de changements climatiques. Au-delà du territoire européen, il s'agit d'un problème mondial qui nécessite une réaction forte et rapide de la part de la communauté internationale.

4- LES PRÉMICES DE LA RECONNAISSANCE PAR LE DROIT INTERNATIONAL DE L'IMPACT DE L'UTILISATION DES SOLS DANS L'ACCÉLÉRATION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Précurseur en la matière, le Conseil de l'Europe a proclamé la charte européenne des sols en 1972. Son préambule expose les dangers qui pèsent sur les sols et tente d'alerter les États parties. À l'article premier, elle déclare que « le sol est un des biens les plus précieux de l'humanité ».

Son état futur déterminera le bien être des générations futures tel que défini plus tard par la déclaration de Rio de 1992³⁵. Par sa place centrale dans le fonctionnement des écosystèmes, il doit être protégé. Cependant la nature des sols, biens appropriables par excellence, empêche toute réflexion qui aurait pour finalité la mise en œuvre de leur gestion commune. Elle se heurte d'abord au refus des États de limiter leurs prérogatives souveraines sur l'élément qui fonde leur territoire, puis elle se heurte aux propriétaires fonciers qui entendent jouir de leur bien. De ce fait, sont restées lettres mortes les théories visant à transférer les sols vers un régime de patrimoine commun.

Les problématiques de protection des sols ont pris une dimension mondiale, à la fois dans leurs causes et dans leurs conséquences. Tout d'abord, l'état des sols dans l'ensemble des pays du monde est devenu préoccupant. Ils subissent à la fois des perturbations météorologiques, d'une particulière intensité, qui se manifestent par des coulées de boues ou une forte érosion éolienne créant de véritables tempêtes de poussières. Ces risques concernent particulièrement les pays d'Afrique touchés par la désertification, tandis que les pays industrialisés ou en développement connaissent de fortes contaminations ainsi que des problèmes liés à la surexploitation de leurs sols. Or, il est d'ores et déjà établi que la qualité des sols, lorsqu'elle est détériorée est un facteur de migration. Un rapport d'enquête américain sur l'immigration mexicaine a révélé que la désertification et l'érosion des sols poussait approximativement 900000 personnes par an à quitter leur terre³⁶. Des études similaires se lisent dans les réflexions qui nourrissent le projet de convention internationale des réfugiés environnementaux.

Un petit nombre de conventions internationales tentent de protéger les sols. On compte parmi elles la convention de lutte contre la désertification. Adoptée par l'assemblée générale des Nations Unies en 1994³⁷, elle a pour objet de mettre en œuvre des moyens destinés à endiguer le phénomène mondial de la sécheresse. Elle fait suite à un plan d'action de lutte contre la désertification lancé en 1977 et prône une utilisation durable des sols. En son article premier, elle fixe des objectifs de prévention et de restauration des terres désertifiées. Elle reconnaît également la responsabilité de l'activité humaine dans la survenance ou l'accentuation de la dégradation de l'activité biologique, l'érosion etc. Cette convention a la particularité d'employer le terme « terre », pour laisser entrer dans son champ de protection bien plus que le sol.

Elle précise en effet que "la terre" en question représente le « système bioproduitif terrestre qui comprend le sol, les végétaux, les autres êtres vivants et les phénomènes écologiques et hydrologiques qui se produisent à l'intérieur de ce système ». La protection du sol est ici intégrée au sein d'un écosystème, reconnu pour ses qualités intrinsèques. Mais aucune convention mondiale sur la protection des sols en tant que milieu naturel et non en ce qu'ils servent à l'agriculture ou au maintien de populations, qui serait plus contraignante qu'une charte n'a encore été adoptée ni même discutée. Seul le protocole à la convention alpine sur les sols opère une approche par fonctions et reconnaît la nécessité d'élaborer des mécanismes spécifiques de protection dans le massif alpin. L'aspect global des dégradations diverses en a fait un problème universel dont les effets se répercutent au niveau planétaire. Les pollutions diffuses pénètrent les nappes phréatiques, mais surtout les sols exerçant la fonction de puits de carbone jouent un rôle majeur dans les flux de CO₂ présents dans l'atmosphère³⁸. Un rapport de l'INRA a révélé que les sols mondiaux contenaient 1500 milliards de tonnes de carbone³⁹. Il préconise l'adaptation des pratiques culturelles et la meilleure gestion des sols forestiers et qu'il contribuerait à la réalisation des objectifs fixés par le protocole de Kyoto. Ce protocole à la convention cadre des nations unies, dans son article 2, demande aux États parties de respecter des engagements chiffrés de leurs émissions de gaz à effets de serre et donne quelques exemples à suivre pour promouvoir un développement durable : parmi eux la pratique de méthodes d'agriculture alternatives et de gestion des forêts, eu égard à leur rôle de puits de carbone. Ces recommandations révèlent l'importance de l'utilisation raisonnée et l'étendue des impacts qu'une absence de changement entraînerait.

La réglementation des sols, tant au niveau national, qu'europpéen ou international, s'illustre par son manque de cohérence et son incapacité à protéger leurs propriétés naturelles. Certains textes leur reconnaissent une valeur, quantifient leur capacité de production mais ignorent la majorité des services écosystémiques qu'ils rendent. Ces services rendus à l'homme participent pourtant activement au fonctionnement des écosystèmes et permettent la vie sur terre. Par ce biais-là, une évolution des mentalités et une prise de conscience croissante, bien qu'encore subsidiaire, permet de voir émerger un principe de protection de qualité des sols, qui à long terme, viendrait les rassembler, peu importe la nature de l'activité qu'ils subiraient, et organiser leur prise en compte autour de cet objectif de non altération.

³⁰ JULIEN M-H., "L'homme et la nature", Hachette, coll. La nouvelle encyclopédie, 1965, p. 23.

³¹ COM 2002(179) du 16 avril 2002.

³² HEIM R., "Destruction et protection de la nature", Armand Colin, 1952, 224 pp.

³³ Précité.

³⁴ À ce sujet, un groupement d'intérêt scientifique (GESSOL) crée en 2001, travaille exclusivement sur les questions liées aux sols, à l'identification de leur qualité et à la création de bases de données. En interaction avec de nombreuses disciplines, il a pour objet de promouvoir une gestion patrimoniale et durable des sols.

³⁵ Principe 8 : Afin de parvenir à un développement durable et à une meilleure qualité de vie pour tous les peuples, les États devraient réduire et éliminer les modes de production et de consommation non viables.

³⁶ Schwartz and Notoni, 1994.

³⁷ A/IAC.241/27, 12 septembre 1994.

³⁸ Lal et autres, 1998.

³⁹ ARROUAYS D. et al., Contribution à la lutte contre l'effet de serre, stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? Rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'écologie et du développement durable, octobre 2002, 334 p.

Réduire l'artificialisation des sols bretons : un enjeu pour les politiques d'aménagement

Daniel CUEFF

Président de l'Établissement Public Foncier de Bretagne
Maire de Langouët

LA BRETAGNE : TERRITOIRE ATTRACTIF INÉGALEMENT OCCUPÉ

7^{ème} des régions françaises les plus peuplées, la Bretagne se caractérise par un taux de croissance annuel moyen de + 0,9%, nettement au-dessus de la moyenne nationale de + 0,7%. Cette progression résulte d'un solde migratoire très favorable et témoigne de l'attractivité de la région : + 26 000 habitants par an.

Avec 116 habitants au km² en 2009, la Bretagne présente une densité moyenne proche du niveau national.

Les chiffres sont très variables suivant les communes :

Rennes, avec 4 160 hab/km², affiche la plus forte densité de la région bretonne.

Loudéac, avec 120 hab/km², est proche de la moyenne régionale.

La population bretonne se concentre essentiellement sur le littoral, où se trouvent les principales agglomérations, et à l'est dans l'aire urbaine de Rennes, alors que la Bretagne centrale demeure largement rurale. L'armature urbaine de la région bretonne est organisée autour de deux agglomérations importantes (Rennes avec 571 754 habitants et Brest avec 309 268 habitants) et de huit aires urbaines de plus de 50 000 habitants.

Malgré un maillage de villes relativement dense, la Bretagne se caractérise par une population traditionnellement rurale : en 2006, les espaces ruraux et périurbains accueillent respectivement 28,4% et 29,9% des Bretons. Entre 1999 et 2006, le gain de population y est plus rapide que les espaces urbains.

Un territoire disputé

Soumise à une forte poussée démographique et à une attractivité touristique renforcée, la Bretagne connaît une pression immobilière très grande sur les zones littorales et périurbaines.

La progression démographique des grandes aires

urbaines bretonnes, plus élevée que la moyenne nationale dans la dernière décennie, s'est accompagnée d'une pression accrue sur le littoral, qui concentre une grande partie des résidences secondaires de la Bretagne. Sur certaines communes du littoral morbihannais (comme Damgan, Arzon, Carnac) et certaines communes littorales des Côtes d'Armor, la part des résidences secondaires avoisine, voire dépasse, les 80%.

Des milieux écologiques riches et diversifiés

La région Bretagne est riche d'espaces tels que les îles, les côtes rocheuses, les dunes, les étangs, les milieux humides, les forêts, les landes, autant de milieux différents qui présentent un intérêt naturel et écologique.

Cette richesse est perceptible au travers d'une véritable mosaïque d'espaces protégés, tels que des Espaces Naturels Sensibles gérés par les Conseils Généraux, des Réserves Naturelles, des sites Natura 2000, des arrêtés de protection de biotope... Ces outils de gestion contribuent à la préservation des milieux et des espèces sensibles, ainsi que des paysages remarquables.

Ainsi, en fin 2007, la Bretagne comptait 78 sites Natura 2000 et 56 sites faisant l'objet d'un arrêté de biotope.

Elle comptait également 872 ZNIEFF¹, dont 791 de type 1 et 81 de type 2, ce qui représente 18% du territoire breton².

Par ailleurs, d'autres protections existent : le Parc naturel régional d'Armorique, le Parc naturel marin d'Iroise (1^{er} parc marin français), la réserve biologique domaniale intégrale du bois de Loc'h et la réserve nationale de chasse et de faune sauvage du Golfe du Morbihan.

Les deux tiers des sites Natura 2000 bretons sont littoraux ou marins (Archipel de Molène - Île d'Ouessant, côte de Granit Rose, etc.), mais il existe aussi de grands ensembles à l'intérieur des terres (Monts d'Arrée, Rivières Scorff, Marais de Vilaine...)

¹ Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique.

² Au niveau national, les ZNIEFF couvrent un peu plus de 20% du territoire.

LES PRINCIPAUX CONSTATS ET ENJEUX FONCIERS

Une croissance des besoins en foncier

- **La croissance économique et démographique engendre une artificialisation importante du territoire**

La Bretagne s'est traditionnellement urbanisée autour de ses agglomérations. Celles-ci, à l'exception de Rennes, sont toutes situées près du littoral. Les pôles secondaires de type villes moyennes se sont également développés dans la période récente. Par ailleurs, l'attractivité du littoral commence à s'étendre dans la profondeur du rétro-littoral (15 à 20 km de la côte).

Si les emplois ont tendance à se concentrer dans les agglomérations, les actifs occupés se dispersent de plus en plus loin des pôles urbains. Cette évolution se traduit par une forte pression résidentielle qui s'exerce aujourd'hui sur une grande partie du territoire breton, même au-delà des aires urbaines.

- **L'urbanisation est peu économe en espace**

Le "modèle" d'urbanisation breton s'appuie très nettement sur l'habitat individuel et la propriété : il concerne respectivement 72% et 66% des ménages en Bretagne, alors que les ratios moyens nationaux s'établissent à 57% et 55%.

Ce modèle est bien évidemment peu économe d'espace : 92 000 ha ont été artificialisés ces 15 dernières années. On estime entre 4 000 et 6 000 ha la surface consommée par an.

Entre 1993 et 2008, la surface artificialisée a augmenté de 37%. Pour la seule période de 1999 à 2006, cette hausse atteint 18% alors que, dans le même temps, la croissance démographique bretonne (6,4%) était trois fois moindre.

La prégnance des résidences secondaires amplifie le phénomène dans les secteurs les plus attractifs.

La taille moyenne des parcelles à vocation d'habitat a fortement diminué depuis le début des années 1980, mais elle semble avoir atteint un palier et reste relativement importante : environ 1 000 m² par logement, alors qu'elle est de 800 m² en France et de 400 m² en Allemagne.

L'analyse des ratios de consommation foncière par territoire permet de détecter des disparités importantes en matière de consommation foncière. Ainsi, il ressort de l'exploitation des données SITADEL du MEEDDM, sur la période 2004-2008, que 9 logements en construction diffuse suffisent à consommer un hectare, alors que les opérations de ZAC permettent d'atteindre une densité nette de 38 logements par hectare. Cette donnée montre l'impact qu'à la puissance publique dans la maîtrise du foncier.

La part de la production en urbanisme opérationnel (ZAC, lotissements, AFU³)

- **Les besoins fonciers d'activités se concentrent sur les territoires urbains et périurbains**

Pour des raisons diverses, les territoires périurbains sont particulièrement convoités par les activités les plus consommatrices de foncier pour des raisons de recherche d'économies d'agglomération, de conditions d'accès optimales, de larges emprises foncières... Cela concerne la plupart des activités de production, mais plus encore les commerces de gros, transport-logistique et le commerce de détail intégré.

Les espaces urbains centraux sont quant à eux recherchés par des services moins exigeants en termes de consommation foncière : des bureaux d'études, des activités de conseil, des sièges sociaux d'entreprises à établissements multiples, des services opérationnels... Ils connaissent un développement plus conséquent et sont attachés à une rente de situation.

Si la croissance des emplois va de pair avec le besoin d'espaces bâtis et non bâtis, il ne faut pas oublier qu'à effectifs constants, l'automatisation et la diversification des activités de production de biens, auxquelles sont notamment soumises les activités confrontées à la concurrence nationale ou internationale, induisent également un supplément de besoins fonciers.

La présence temporaire sur les territoires à caractère touristique de populations non résidentes induit, pour les activités d'accueil (hébergement, restauration, cafés), mais également pour les commerces de détail, activités de construction et activités immobilières, activités récréatives, des besoins fonciers spécifiques. Dans un contexte de littoral fortement urbanisé, ces besoins viennent s'ajouter à ceux que draine la présence d'une population résidente fortement concentrée, contribuant à accroître notablement la pression sur le littoral et à l'étendre à l'arrière-pays.

- **L'offre foncière dédiée aux activités est disséminée et l'aménagement pas toujours adéquat**

La Chambre Régionale de Commerce et d'Industrie a répertorié 1 255 zones d'activité occupant plus de 25 000 ha : dans un contexte de marché parfois mal appréhendé, cette situation est génératrice de surcoûts d'études, acquisitions foncières et travaux, et se traduit à la fois par une surproduction globale de foncier ou d'immobilier et par des inadaptations locales de l'équilibre offre - demande (actuelle ou potentielle).

En outre, certaines zones d'activités de première génération, situées dans des espaces aujourd'hui devenus stratégiques (urbanisés et proches de voies de communication majeures), vieillissent mal (juxtapositions peu fonctionnelles d'activités, vétusté et inadéquation des locaux, environnement dégradé, faible mobilité des entreprises liée à la rente de situation constituant barrière à l'entrée...). Par ailleurs, elles ne répondent pas ou mal aux besoins actuels des entreprises (espaces communs mutualisés, Très Haut Débit, services au personnel...).

LES PERSPECTIVES POUR PALLIER À L'ARTIFICIALISATION DES SOLS

Les études prospectives confirment que la pression actuelle va perdurer

Depuis de nombreuses années, les services de l'État ainsi que leurs partenaires se sont engagés dans des études prospectives. Les thèmes de l'habitat et du foncier ont été ainsi particulièrement expertisés. On peut notamment signaler les projections de population et du nombre de ménages de l'INSEE, qui établissent à 3 471 300 habitants la population bretonne en 2030, soit un gain de 376 743 habitants, soit + 14% de la population totale sur la période 2005-2030.

La Bretagne en 2030 compterait entre 1 620 000 et 1 760 000 ménages selon les hypothèses sur les évolutions démographiques et les modes de cohabitation prises par l'INSEE. Cela représente une augmentation de 23 à 33% du nombre de ménages par rapport à 2005.

Si la croissance démographique entraîne une progression de l'artificialisation des territoires dans les mêmes proportions que sur la période 1999-2006, la Bretagne connaîtra une artificialisation supplémentaire de 105 000 hectares d'ici 2030, soit près de 4% de la surface de la Bretagne.

Des leviers d'actions existent

La puissance publique a les moyens de limiter la consommation foncière notamment par les **SCOT** et les **PLU**. Les premières évaluations (à confirmer) montrent qu'il serait possible d'éviter l'étalement urbain pendant au moins 10 ans en reconquérant les bourgs et centres villes tout en prenant en compte la gestion des eaux de surface. Par ailleurs, il faudrait anticiper la requalification des lotissements des années 80/90 qui sont énergivores et très consommateurs d'espace. Ces lotissements vont perdre une bonne partie de leur valeur patrimoniale en raison des coûts de rénovation thermique. Ils seront de plus habités par des personnes âgées ayant moins besoin de m² habitables.

En sorte, une stratégie politique peut influencer le cours des choses en reconstruisant la ville sur elle-même et le bourg sur lui-même. Il s'agit d'un retour à la densification telle que savait la faire nos anciens avec des formes rurales et rurales à réinventer. Si les agglomérations de Bretagne sont assez en avance sur ce point, la culture du lotissement en étalement urbain est dominante chez les élus bretons, tombés en désamour de leur cœur de ville. Il est vrai que les coûts du foncier sont plus forts qu'en étalement urbain où "il suffit" de prendre sur la terre agricole. L'arrivée de Foncier de Bretagne comme opérateur foncier au service des communes, couplée avec de nouveaux dispositifs financiers de la Région pour les communes s'engageant dans la requalification urbaine, sont autant d'incitation à éviter l'étalement urbain donc l'artificialisation des sols.

De même, la requalification des friches industrielles actuelles peut se faire en grande partie sur l'existant. Une gouvernance régionale est nécessaire pour un maillage cohérent du territoire prenant en compte la logistique d'entrée et de sortie du territoire, ainsi que les circuits courts de redistribution.

La gestion concertée du foncier au niveau territorial (Pays) devient primordial pour zoner la terre réservée à l'agriculture, à l'énergie et/ou matériaux de construction, à l'habitat et au développement économique.

Sources : Région Bretagne, Foncier de Bretagne, INSEE

³ Association Foncière Urbaine : collectivité de propriétaires réunis pour exécuter et entretenir, à frais communs, les travaux qu'elle énumère.

Redécouvrir l'agronomie pour préserver la qualité de l'eau et des sols

Catherine GRIMALDI

Directrice de recherche à l'UMR SAS, INRA

REDÉCOUVRIR L'AGRONOMIE

L'agriculture du XXI^{ème} siècle doit faire face à d'immenses défis :

- Malgré des gains importants de productivité au cours du dernier siècle, une personne sur sept dans le monde souffre de malnutrition chronique. Cette situation risque d'empirer sous l'effet des spéculations financières et des perturbations climatiques. On estime qu'un doublement de la production agricole est nécessaire au cours des prochaines décades pour faire face à la croissance démographique, à l'augmentation de la consommation de viande dans les pays émergents et au développement des bioénergies.
- L'agriculture est l'une des activités dégradant l'environnement (eau, sol, air, biodiversité), soit du fait de son expansion aux dépens d'écosystèmes naturels, soit par certaines de ses pratiques (irrigation, engrais, pesticides, mécanisation). Or, par ses interactions avec l'environnement, l'agriculture pourrait à l'inverse produire des "services écologiques", c'est-à-dire participer aux régulations climatique, hydrique, biologique...
- Enfin, d'autres enjeux importants sont d'assurer la qualité sanitaire des aliments et de s'adapter au changement climatique.

Jusqu'à récemment, l'agriculture des pays développés avait surtout pour objectif d'augmenter la production, souvent au détriment de l'environnement. Elle se trouve aujourd'hui à un tournant de son histoire, avec la nécessité de rompre avec cette trajectoire.

Trois stratégies sont possibles, qui diffèrent par les échelles spatiales et temporelles, les acteurs impliqués et le degré de remise en question de l'agriculture actuelle :

- **Changer certaines pratiques dans le cadre d'une agriculture raisonnée**

Il s'agit de limiter le recours aux pesticides en raisonnant les traitements en fonction de seuils

d'intervention, de mettre en œuvre des méthodes prophylactiques et alternatives à l'échelle annuelle d'un itinéraire technique ou à l'échelle pluriannuelle d'une succession de cultures, de diminuer les intrants et d'améliorer la fertilité des sols par d'autres sources de nutriments (légumineuses), de développer une ingénierie génétique pertinente (sélection variétale, OGM). Cette stratégie concerne l'échelle de la parcelle et peut être mise en œuvre à court terme. Elle implique directement les acteurs agricoles, soutenus éventuellement par des politiques incitatives.

- **Développer une agroécologie**
(on parle aussi d'ingénierie écologique ou d'agriculture écologiquement intensive)

Il s'agit d'augmenter la production sans avoir recours aux intrants et aux pesticides, en utilisant les mécanismes écologiques naturels qui participent au fonctionnement des écosystèmes. La mise en place de cultures associées permet, par exemple, un recyclage des éléments nutritifs limitant leurs pertes ; la couverture permanente des sols réduit l'érosion ; la gestion de mosaïques d'habitats favorise la présence d'auxiliaires des cultures... Cette stratégie est déjà partiellement mise en œuvre en agroforesterie ou en agriculture biologique. Elle doit être développée à plus grande échelle, en s'appuyant sur des innovations issues des acteurs agricoles et de la recherche.

- **Repenser l'agriculture plus globalement en relation avec la société**

La plupart des échecs de l'agriculture intensive sont fortement liés à son modèle économique. La durabilité ne peut être obtenue par les actifs agricoles seulement mais doit aussi intégrer les relations entre production et consommation, et les réseaux commerciaux (consommer moins de viande, limiter les gaspillages à différentes étapes depuis la récolte, la transformation et la consommation).

De gros efforts de recherches sont nécessaires pour soutenir ces stratégies, intégrant de plus en plus de disciplines, en agronomie mais aussi en écologie (plus classiquement tournée vers les écosystèmes naturels que vers les systèmes productifs), et bien sûr en sciences économiques et sociales.

PRÉSERVER LA QUALITÉ DE L'EAU ET DES SOLS

La qualité de l'eau et la qualité des sols gagnent à être considérées simultanément. La qualité chimique de l'eau des nappes et des rivières dépend étroitement du fonctionnement des sols. Elle est le résultat à la fois de processus de transfert hydrique dans le sol (par exemple la partition des pluies entre le ruissellement de surface, jusqu'à la rivière, et l'infiltration, jusqu'à la nappe) et de processus biogéochimiques (par exemple l'adsorption-désorption de substances chimiques sur les particules de sol qui permettent leur stockage ou leur remobilisation, ou bien la dénitrification qui transforme les nitrates en oxydes d'azote gazeux). Le sol peut être selon les polluants, ses caractéristiques et les conditions de circulation de l'eau, un compartiment de stockage et de transformation donc un filtre épurateur pour l'eau, ou un compartiment qui transfère une pollution de la surface vers la nappe et les rivières.

Pour comprendre et prévoir la qualité de l'eau, il est alors nécessaire de prendre en compte les multiples interactions entre les processus de transfert hydrique et les processus biogéochimiques dans les sols, à côté bien sûr des interactions avec d'autres compartiments des écosystèmes (atmosphère, organismes vivants) et des systèmes agricoles. À cet égard, seul le recours à la modélisation peut permettre d'intégrer la multiplicité des mécanismes en jeu et leur interdépendance.

La qualité des sols est aussi considérée indépendamment de la qualité de l'eau, à cause des risques de transfert de pollution vers les plantes ou l'atmosphère. En particulier sa fonction de stockage est intéressante vis-à-vis de la qualité de l'eau mais augmente parfois le risque de contaminer les plantes (cas des métaux lourds). Un autre exemple est la dénitrification réalisée dans les sols riches en matière organique et anoxiques, qui élimine le nitrate de l'eau mais peut produire du N₂O, gaz à effet de serre.

En agronomie, la qualité des sols est plutôt associée à sa fertilité. Les sols sont le résultat d'une longue évolution, souvent de plusieurs milliers d'années, au cours de laquelle une roche subit une altération lente sous l'action conjuguée du climat et de la végétation. Au cours du dernier siècle, les exportations accrues des ions nutritifs par les cultures ont eu tendance à appauvrir les sols et à les acidifier, donc à les appauvrir chimiquement, plus vite que leur renouvellement naturel par l'altération des roches. Contre l'appauvrissement des sols, le remède classique est la fertilisation et les amendements. L'appauvrissement chimique va de pair avec un appauvrissement en matière organique qui est une réserve d'éléments nutritifs et qui contribue à la stabilité physique des sols. On en arrive ainsi à un autre grand processus de dégradation des sols et de l'environnement, **l'érosion**, phénomène naturel sous l'action de l'eau, du vent, de la gravité, mais aussi phénomène exacerbé par l'appauvrissement en matière

organique, certaines pratiques agricoles et transformations du paysage.

Redécouvrir l'agronomie, c'est utiliser au mieux les multiples fonctions du sol, sans privilégier seulement sa fonction de production. Pour la qualité de l'eau, les risques principaux sont, d'une part, le ruissellement qui transfère les particules érodées et les polluants adsorbés sur celles-ci, et d'autre part, les pertes par lessivage des polluants dissous.

QUELQUES TRAVAUX DE RECHERCHE EN AGRONOMIE POUR PRÉSERVER LA QUALITÉ DE L'EAU ET DES SOLS

À l'échelle de la parcelle, les techniques simplifiées de travail du sol

La simplification du travail du sol, notamment la suppression du labour, est susceptible non seulement de limiter les charges de mécanisation et le temps de travail, mais aussi d'augmenter la biodiversité ou de lutter contre l'érosion favorisée par l'émiettement du sol et sa mise à nu, tout en stockant du carbone. Pour mieux évaluer l'impact des techniques culturales simplifiées de travail du sol, des expérimentations de longue durée ont été mises en place (*collaboration Chambre d'Agriculture Bretagne & INRA*). L'objectif est la réduction des transferts d'herbicides et de phosphore par ruissellement, en contexte pédoclimatique breton.

Les techniques simplifiées montrent bien des effets positifs sur la réduction de l'érosion, du transfert de phosphore particulaire et herbicides peu solubles, mais des effets négatifs sur le transfert de phosphore dissous et des herbicides à faible pouvoir adsorbant sur le sol (*Baehr, 2011*). Finalement les effets du non-labour peuvent être complexes et variés en fonction du type de sol et du type de rotation culturale ; il ne s'agit que d'un levier supplémentaire parmi d'autres (gestion des couverts, intercultures, bandes enherbées, haies... ou bien sûr une réduction drastique des apports).

À l'échelle du paysage, la gestion des espaces interstitiels semi-naturels et des zones tampons

Les espaces végétaux semi-naturels autour des parcelles cultivées (haies, ripisylves, bandes enherbées, bosquets...), en plus de favoriser la biodiversité de la faune et de la flore épigées et hypogées, ont plusieurs fonctions pour préserver ou améliorer la qualité des sols et de l'eau. En augmentant la rugosité superficielle du sol (couverts herbacés) ou en constituant une barrière physique au ruissellement (haies sur talus, ripisylves), ces espaces limitent l'érosion, l'appauvrissement en matière organique des sols, les transferts rapides des matières en suspension, du phosphore et des pesticides vers la rivière (*Corpen, 2007*). Deux limites à ce pouvoir tampon apparaissent lorsque la nappe affleure en surface

ou lorsque les écoulements sont concentrés. Certains espaces semi-naturels sont propices à la disparition des nitrates dans la nappe lorsque celle-ci stagne pendant une durée significative à faible profondeur. Ces zones concernées se situent le plus souvent en bordure des cours d'eau (prairies de bas-fond, ripisylves).

À l'échelle du système agricole, la fermeture des cycles biogéochimiques pour limiter les pertes de nutriments

Dans le contexte breton, l'agriculture intensive est responsable de déséquilibres importants dans le cycle de l'azote, connus sous le terme de "cascade de l'azote". La cascade de l'azote, au sens de *Galloway et al. (2003)*, décrit quantitativement et qualitativement le phénomène de circulation ou d'accumulation de l'azote dans la biosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère. Les travaux associés mettent en exergue les risques environnementaux et de santé liés à ces accumulations, ainsi que la part liée à différentes activités humaines dans les flux observés.

Baisser les intrants azotés est certes le levier majeur pour réduire les teneurs en nitrate dans les eaux. Mais ce n'est pas toujours la solution la plus efficace et elle n'est pas toujours suffisante selon l'objectif de qualité à atteindre (bassins à algues vertes) (*Moreau et al, 2011*). Il peut être nécessaire d'agir plus largement sur les systèmes agricoles pour que ceux-ci utilisent, valorisent, recyclent au mieux l'azote apporté. Des modèles agro-hydrologiques à l'échelle du bassin versant sont couplés avec des modèles d'exploitation pour analyser des scénarios de changements de pratiques et de systèmes agricoles, et pour simuler l'effet de diverses politiques possibles.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Baehr A. 2011. "Impact du travail du sol sur les transferts d'herbicides et de phosphore par ruissellement et érosion". Mémoire fin d'études d'Ingénieur agronome, Agrocampus-Ouest. 52 p.

CORPEN 2007. "Les fonctions environnementales des zones tampons : les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux". <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Productions-de-la-Corpen.html>.

Doré T., Réchauchère O., Schmidely P. 2008. "Les clés des champs. L'agriculture en questions". Ed Quae, Versailles. 191 p.

INRA 2009. "Le Sol". Dossier INRA, Eds Quae. 183 p.

Moreau P., Ruiz L., Mabon F., Raimbault T., Durand P., Delaby L., Devienne S., Vertès F. 2011. Reconciling technical, economic and environmental efficiency of farming systems in vulnerable areas. "Agriculture, Ecosystems and Environment", in Press.

Ruellan A. 2010. "Des sols et des hommes. Un lien menacé". Eds IRD. 104 p.

De la simplification du travail du sol à l'agriculture écologiquement intensive : bilan, acquis et perspectives

Frédéric THOMAS

Agriculteur céréalier dans le Loir et Cher
Président de l'association BASE¹
Rédacteur en chef de la revue TCS²



*Semis direct de maïs dans navette oléifère en fleur
Source : Suisse no-till*

Il y a maintenant une bonne vingtaine d'années, avec l'arrivée de la PAC et la chute des cours des céréales, des agriculteurs avant-gardistes ont décidé de réduire voire supprimer le travail du sol, afin de limiter fortement leurs coûts de production. À l'époque, il fallait avoir beaucoup d'audace et un peu d'utopie pour s'engager sur cette voie. Aucun recul, peu d'expérience et d'outils adaptés mais la certitude, grâce à des observations sommaires appuyées par le discours de quelques scientifiques et agronomes éclairés, que cette piste était prometteuse. Avec l'influence nord et sud américaine, il suffisait de repositionner le sol au centre des préoccupations, d'arrêter de l'agresser mécaniquement et de maintenir en surface une couverture protectrice de résidus (litière ou mulch) pour qu'il retrouve son fonctionnement naturel et surtout une bonne activité biologique. En complément, cette orientation permettait de limiter fortement l'érosion, de préserver la qualité de l'eau, mais aussi de limiter les émissions de CO₂. Si la théorie est séduisante, réelle et bien fondée, la réalité et la mise en œuvre se sont révélées semées d'embûches. Malgré ces difficultés, cette conviction

a permis aux pionniers de progresser et de sécuriser leurs itinéraires et ce, souvent grâce à des échecs. Leur pragmatisme a ouvert la voie sur laquelle de plus en plus d'agriculteurs ont pu ensuite s'aventurer. Leur ingéniosité et sens de l'observation leur permettent aujourd'hui de concevoir et mettre en œuvre des modes de production performants et très économes s'appuyant au maximum sur le fonctionnement du vivant.

À l'occasion du XIII^{ème} colloque d'Eau et Rivières de Bretagne sur le thème "L'eau et les sols", il semble donc intéressant, pour mieux comprendre ces approches rassemblées sous les sigles TCS³ et/ou AC⁴ et leurs répercussions sur nos sols, l'eau et plus largement l'environnement, de faire une rétrospective, de considérer les acquis, mais aussi et surtout de se projeter dans l'avenir.

Si, dans ce laps de temps relativement court, nous avons énormément évolué techniquement, nos conditions de production et surtout notre environnement socio-économique a lui, par contre, complètement changé. Nous sommes passés d'une période de pléthore, où les ressources semblaient encore pour beaucoup inépuisables, avec une production agricole en excès chronique qui pesait sur les cours, à un monde où rareté est en train de devenir le maître mot. Rareté des ressources, de l'énergie, ou encore des engrais, comme de beaucoup de matières premières, mais aussi rareté des produits agricoles qui affole les marchés largement amplifiés par la spéculation financière. Nous sommes aussi passés d'une période de stabilité relative permettant de prévoir, à beaucoup de volatilité à la hausse comme à la baisse. Dans ce nouvel environnement où les règles changent très vite, il faudra plus que jamais continuer de produire tout en maîtrisant au mieux les coûts de production : situation qui renforce l'intérêt de l'Agriculture de Conservation dont la cohérence ne cesse de se consolider.

¹ Bretagne Agriculture Sol et Environnement : www.base.asso.fr

² Revue "Techniques Culturelles Simplifiées" : www.agriculture-de-conservation.com

³ Techniques Culturelles Simplifiées, devenu Techniques de Conservation des Sols

⁴ Agriculture de Conservation des "sols"

Sur cette période, nous avons tout d’abord évolué du non-labour ou semis direct à **des interventions plus précises et ciblées**. Aujourd’hui, nous ne sommes plus dans la suppression des interventions, mais dans le raisonnement en fonction des conditions de sol et de culture. À ce titre, le strip-till⁵, qui était en Amérique du Nord le moyen de sécuriser les implantations de maïs et dont nous avons soutenu le développement, est en train d’exploser en France. Beaucoup de producteurs de maïs, mais aussi de tournesol et dans une moindre mesure de betterave, ont progressé grâce à cette approche mixte avec un panel d’outils et de solutions techniques aujourd’hui largement élargi. L’impact et l’engouement sont encore plus forts en colza, où le strip-till apporte tellement de sécurité d’implantations et de réussite qu’il est même en train de faire basculer des agriculteurs conventionnels vers la simplification du travail du sol.

Si l’économie de carburant et de mécanisation reste l’une des principales motivations de la simplification du travail du sol, elle ouvre les portes vers des systèmes globalement beaucoup moins énergivores. Avec les couverts et les légumineuses en mélanges, en associations et en cultures, les économies d’azote - la plus grande source de consommation énergétique de l’agriculture française - sont de plus en plus significatives. La valorisation des couverts et des dérobées pour les éleveurs, tout comme la limitation de l’évaporation de l’eau grâce au mulch laissé en surface apportent aussi des économies complémentaires de fourrage, de protéines, d’eau et donc d’énergie. Bien que l’acquis soit déjà conséquent, il nous reste encore beaucoup de sources d’économie complémentaires dans la fertilisation, la valorisation des effluents d’élevage, le transport, avant de penser à réellement produire de l’énergie, une orientation tout à fait complémentaire. Que ce soit sous l’angle ressource ou pollution, l’énergie risque bien de devenir un élément central et les bilans économiques de nos entreprises agricoles vont inexorablement se rapprocher des bilans énergétiques.

Au départ, TCS pouvait aussi signifier Techniques de Conservation des Sols, mais avec le recul, nous avons progressivement évolué **vers des impacts environnementaux plus globaux**. Déjà, dans beaucoup de cas, il ne s’agit plus de préserver, mais de redonner vie aux sols en les protégeant et en laissant à leur surface une nourriture abondante et variée. Le vocabulaire s’est également adapté pour traduire notre nouvelle perception. Ainsi, on ne parle plus de structure mais d’organisation structurale, ni de fertilité mais de volant d’autofertilité. L’agriculteur devient progressivement un “éleveur” de sol sachant que

plus celui-ci sera en santé, plus il pourra retirer sans risque le travail mécanique, mais aussi réduire beaucoup d’autres intrants. En complément, et si notre quête pour plus de matière organique nous place comme des acteurs qui, aujourd’hui, séquestrent plus de carbone qu’ils en émettent, la recherche de sols vivants nous a conduits des vers de terre à la biodiversité fonctionnelle. Ainsi, les carabes ont commencé à gérer les limaces ; les syrphes et les érigones, encouragés par les couverts, s’occupent des pucerons ; et les renards, rapaces et hérons tentent de réguler les campagnols. Ce ne sont là que quelques exemples, mais qui montrent bien ce changement fondamental de perception et de considération du vivant au sein et en périphérie des parcelles agricoles. Encourager la vie et la diversité biologique nous apporte en retour d’importants bénéfices difficilement quantifiables et dont nous ne sommes pas encore assez conscients. Il est beaucoup plus judicieux mais aussi économique, même si cela peut sembler plus compliqué à première vue, de comprendre les relations naturelles et le fonctionnement des écosystèmes dans nos champs pour les accompagner, plutôt que de rester dans une stratégie de lutte et de conflit.

Sur cette période, nous avons aussi fait des couverts, trop considérés comme une contrainte, **des outils agronomiques performants**. En laissant l’approche CIPAN⁶, (moutarde ou avoine avec une production de matière sèche réduite) pour le concept “biomax” (mélanges qui dépassent facilement les 5 à 6 t de MS/ha pour atteindre 10 t de MS/ha), les couverts sont devenus, plus que des recycleurs d’azote, des promoteurs de fertilité. Ils permettent ainsi de redresser rapidement l’état physique et organique des sols, nourrissent leur activité biologique, facilitent la gestion du salissement et la pratique du semis direct tout en développant l’autofertilité, surtout lorsque les mélanges contiennent des légumineuses. Bien que l’approche soit aujourd’hui relativement bien cadrée et maîtrisée, il reste encore beaucoup d’espèces intéressantes à tester et à valider pour continuer de nous diriger vers le concept de “plante outil agricole”. Il faut enfin signaler que c’est aussi le développement de couverts performants qui a encouragé les réflexions sur le roulage⁷ comme moyen de destruction économique et efficace : une technique de mieux en mieux maîtrisée qui commence même à se développer dans les milieux conventionnels.

Côté fertilisation et après de réels soucis de faim d’azote, nous avons développé le concept de l’autofertilité : restaurer le statut organique des sols séquestre aussi momentanément de l’azote. Ce phénomène est d’autant plus sévère que la suppression du travail est totale et que la fertilité de départ est limitée. Mais nous avons appris à

contourner cette difficulté par une anticipation des apports, une surfertilisation ponctuelle, des légumineuses dans les couverts et la rotation. Avec suffisamment de recul, le retour sur investissement est cependant bien réel et les économies significatives. En complément, la localisation de la fertilisation peut certainement nous permettre de progresser dans l’accompagnement précoce des cultures et de continuer à gagner en efficacité avec des bénéfices complémentaires intéressants comme en matière de gestion du salissement. Enfin concentrés sur la matière organique et l’activité biologique, nous avons certainement trop laissé de côté les aspects chimiques et surtout les oligo-éléments et les notions d’équilibre que nous devons réintégrer dans nos recherches et raisonnements en matière de fertilité.

Pour ce qui est du salissement, nous sommes passés d’une contrainte de désherbage à l’installation de plantes de service avec la culture. C’est certainement dans ce domaine que nous avons enregistré les plus gros progrès ces dernières années. Si l’adaptation des rotations avec des légumineuses et le concept 2/2⁸ a apporté des solutions concrètes et fiables en matière de gestion du salissement, l’association des cultures et l’utilisation de plantes de service est une véritable révolution qui est en train de s’étendre en colza, où les itinéraires commencent à être relativement bien validés. Récolter plus avec moins de travail, d’engrais et de phytos est maintenant une réalité dans les parcelles ; une orientation et une réussite qui illustrent et démontrent bien tout le potentiel de cette nouvelle approche et nous donne encore plus envie de continuer nos expérimentations, nos mélanges et nos investigations. Si nous avons trouvé en grande partie les cocktails de plantes à associer avec le colza, beaucoup d’autres cultures sont encore orphelines et montrent l’ampleur de la tâche, mais aussi des bénéfices qui nous attendent dans ce domaine.

De l’approche très céréalière des débuts, l’AC débouche aujourd’hui sur des systèmes encore **plus performants en élevage**. Bien que la surface exploitée multiplie les économies de temps et de mécanisation, l’élevage introduit d’autres paramètres et options très complémentaires. La meilleure intégration des produits organiques avec le mulch, mais aussi la portance des sols, permettent de mieux valoriser et de transformer les effluents en engrais de ferme, limitant par la même occasion les soucis de faim d’azote. Le remplacement des couverts par des dérobées⁹ ou des méteils¹⁰ apporte plus de nourriture diversifiée à moindre coût aux troupeaux ce qui, de plus, permet de dégager des surfaces en cultures de vente. Enfin, le semis direct autorise sans risque de recharger ou cultiver les prairies, voire de concevoir des approches de production fourragère sur couvert permanent extrêmement performantes.

Au regard de l’ensemble de ces éléments, nous pouvons être assez satisfaits du parcours et des progrès qui font aujourd’hui de l’Agriculture de Conservation une orientation technique sécurisée et à portée d’un grand nombre d’agriculteurs. C’est parce que nous avons accepté de nous éloigner des approches un peu simplistes du départ que nous avons pu nous ouvrir à d’autres raisonnements source d’idées et d’innovations. Si la simplification du travail du sol a été et restera pour beaucoup une porte d’entrée motivante, le moyen de renverser un mode de pensée établi, ce n’est plus l’objectif central mais un élément majeur du système, un outil permettant de mettre en place des modes de gestion plus performants. Ainsi, avec ce recul, notre orientation s’est bien étoffée, fortement enrichie et correctement calée grâce aux expériences et observations de tous, tout en glissant progressivement vers une approche plus globale de recherche d’efficacité basée sur le mimétisme des milieux naturels : un domaine extrêmement riche et diversifié par définition, où il nous reste encore beaucoup à apprendre pour continuer de progresser vers plus d’efficience.

⁵ Technique de culture qui consiste à ne travailler qu’une faible bande de terre sur la ligne de semis, pour des cultures à fort espacement entre rangs (maïs, colza, tournesol, betteraves...) principalement pour semis monograiné.

⁶ Culture Intermédiaire Piège à Nitrates.

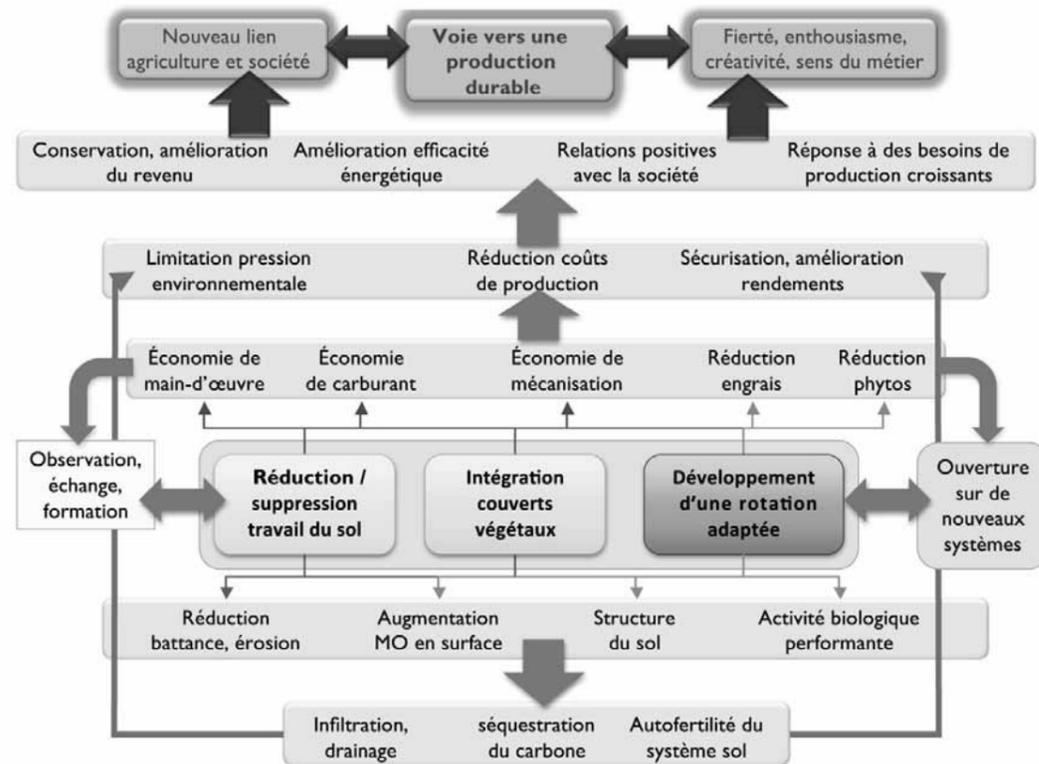
⁷ Technique de destruction mécanique des couverts végétaux en période de gel.

⁸ Technique de rotation des cultures avec légumineuses et céréales pour lutter contre différents adventices et réduire l’apport d’azote (ex : pois - colza - blé - blé)

⁹ Culture de plante fourragère entre 2 cultures principales.

¹⁰ Culture associant céréales et protéagineux pour le fourrage.

L'agriculture de conservation apporte beaucoup de cohérence pour nous diriger vers une agriculture écologiquement intensive



Source : Thomas et Archambeaud 2007

Bien qu'elle ait comme entrée la simplification du travail du sol pour limiter les coûts de production, l'agriculture de conservation, dans son évolution, a su progressivement s'approprier et performer l'utilisation des couverts végétaux, mais également développer des rotations adaptées et efficaces. Outre sécuriser la réduction voire la suppression de tout travail du sol, l'intégration de ces deux autres piliers fondamentaux a permis de limiter encore plus la consommation d'énergie, de main-d'œuvre et de mécanisation, mais également d'y associer d'autres économies tout aussi intéressantes en matière d'engrais et de produits phytosanitaires.

Repositionné au centre des préoccupations, le sol, moins sous pression, peut retrouver une activité biologique intense et diverse, vecteur d'organisations structurales beaucoup plus performantes, accompagnée d'un meilleur recyclage des matières organiques. Ainsi et en conséquence de pratiques différentes, la ressource "sol" est préservée, la qualité de l'eau se trouve nettement améliorée, la biodiversité encouragée dans les paysages agricoles et le réchauffement climatique limité par la réduction de consommation d'énergie additionnée de la séquestration du carbone dans les sols. Au niveau de l'agriculteur, le développement de sols performants débouche également sur une bien meilleure gestion de l'eau et des éléments minéraux limitant les externalisations et sécurisant voire augmentant en retour les potentiels de production.

Cependant, une partie du temps de travail délogé doit être réinvesti dans l'observation, la formation et l'échange afin d'adapter progressivement les pratiques à l'évolution du contexte et des objectifs. Mais l'apparition de nouvelles contraintes, associée au changement d'attitude et de perception du vivant animés par une volonté de réussite et une mutualisation des connaissances, ont permis en retour la conception d'équipements, mais aussi de pratiques et d'itinéraires culturaux encore plus innovants et économes.

Au final, l'objectif de sécurisation du revenu est bien rempli, l'efficacité énergétique est nettement améliorée et l'agriculture peut envisager de faire face à des besoins de production croissants en quantité mais également en qualité et diversité. De plus, des agriculteurs bien dans leurs champs sont des agriculteurs bien dans leur tête, qui retrouvent l'essence même de leur activité avec l'enthousiasme et la créativité pour continuer d'innover mais aussi de tisser de nouvelles relations entre société et agriculture.

Seul un projet ambitieux avec une cohérence globale comme celui de l'agriculture de conservation peut déboucher sur une adhésion forte de l'ensemble des acteurs et un changement rapide et notable des pratiques vers une agriculture nouvelle et beaucoup mieux adaptée aux conditions à venir.

Exemple de mélange de couverts de type "biomax"



Source : F. Thomas

¹¹ Mesures et analyses : CA41
¹² Mesures et analyses : IAPAR Brésil

Avec 14 espèces dont trois légumineuses (vesce, pois fourrager et trèfle incarnat) et semé en direct le 20 juillet après récolte du blé, ce couvert à atteint environ 6 à 7 t de MS/ha malgré le sec de l'été 2005. La végétation aérienne contenait le 5 décembre, 160 kg/ha de N avec seulement 38 kg de N en reliquat sur les 3 horizons¹¹. En complément, ce couvert avait également recyclé à la même époque 26 kg/ha de P, 150 kg de K, 81 kg de CaO, 11 kg de Mg, 19 g de Cu, 220 g de Zn, 121 g de B et 240 g de Mn¹². Si environ la moitié de cet azote correspond au reliquats post-récolte additionnés de la minéralisation automnale, le couvert a cependant fixé au moins 80 kg de N, qui ont été en partie valorisés par le maïs qui a suivi, mais aussi les autres cultures de la rotation et cela sans risque pour l'environnement.

Présentation des résultats de développement des couverts (Biomasse en T de MS/ha) en fonction des espèces et des associations dans le Morbihan après un blé (semis des couverts le 8/08/2005) et mesure de biomasse en décembre.

L'échelle qui va pratiquement de 1 à 10 en fonction des stratégies, montre bien le potentiel des associations pour recycler et développer la fertilité autonome des sols.

Plate-forme de couverts BASE 2005, Ambon (Analyses et mesures : CAM 56)

| | Rendement (en t/ha) |
|--------------------------|---------------------|
| Avoine de printemps | 0,90 |
| RGI | 02,70 |
| Navette | 2,70 |
| Trèfle incarnat | 4,05 |
| Phacélie | 4,35 |
| Moutarde | 5,20 |
| Radis fourrager | 8,25 |
| RGI / trèfle incarnat | 2,10 |
| Seigle / navette | 2,20 |
| Seigle / vesce | 2,40 |
| Avoine pr. / pois fourr. | 3,80 |
| Moutarde / phacélie | 4,95 |

| | Rendement (en t/ha) |
|--------------------------------------|---------------------|
| Trèfle d'Alexandrie | 1,65 |
| Vesce velue | 2,40 |
| Vesce commune | 2,85 |
| Millet | 3,20 |
| Vesce rapide | 3,30 |
| Sorgho fourrager | 3,75 |
| Pois fourrager (Assas) | 3,80 |
| Moha | 4,00 |
| Avoine diploïde | 4,20 |
| Caméline | 6,90 |
| Nyger | 8,80 |
| Tournesol | 11,20 |
| Tournesol / vesce velue / phacélie | 7,40 |
| Radis / tournesol / vesce / phacélie | 7,80 |
| Tournesol / vesce / phacélie | 8,80 |
| Tournesol / moutarde / phacélie | 9,00 |
| Tournesol / vesce / pois / phacélie | 9,40 |



Photo prise sur le même site vers la fin octobre : à droite le Biomax (tournesol, Phacélie, pois et vesce) à 9,4 t de MS et à gauche une parcelle voisine gérée traditionnellement.

Source : BASE

Agriculture Écologiquement Intensive : explication de texte

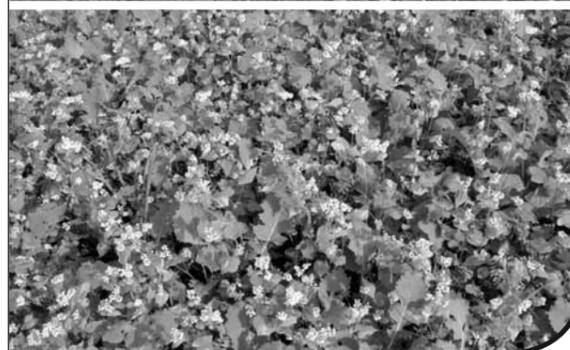
Beaucoup trouvent cette terminologie "fumeuse", provocante, voire antinomique tant l'écologie est plutôt, dans notre subconscient, synonyme d'extensif, de moins productif, de "laissé faire". Cependant, cette appellation choisie volontairement par Michel Griffon pour son côté choquant et interpellateur est d'une grande justesse et dénomme une approche de l'agriculture radicalement nouvelle. Avec l'AEI, l'intrant principal n'est plus la mécanisation, les engrais ou les phytos mais l'écologie ; il est donc logique de l'utiliser "intensivement" pour fortement diminuer le recours aux intrants classiques perturbateurs des systèmes et coûteux que l'on conserve cependant dans la boîte à outils s'il n'existe pas encore de solution écologique. C'est l'énergie du vivant en opposition à l'énergie fossile, c'est la diversité en opposition à la monotonie et c'est l'encouragement de la vie positive pour contrebalancer les "indésirables" en opposition à une gestion par l'élimination, la suppression, voire la recherche d'une éradication. L'AEI n'est pas un "mieux" ou un relookage habile des pratiques conventionnelles, mais une véritable rupture et vision innovante.

Enfin, l'AEI n'est pas qu'une vue de l'esprit de scientifiques, agronomes ou penseurs éclairés, mais elle commence à vraiment se mettre en place dans les réseaux TCS et semis direct avec des différences suffisamment visibles, capables de convaincre même des profanes, à l'instar de ces deux parcelles de colza de la région Centre, voisines de quelques centaines de mètres au début octobre dernier.

- Sur les 2 photos du haut : le **colza classique sur labour** est "propre", c'est à dire indemne d'adventices mais il souffre d'une certaine phytotoxicité du programme de désherbage, certes amplifiée par les fortes pluies, mais généralement consentie pour gérer le salissement. Le champ est vide pouvant laisser la place éventuellement à d'autres plantes et les ravageurs comme les limaces n'ont pas de biomasse importante à se partager : toute attaque sera très préjudiciable. Il va donc falloir redoubler d'attention et ne pas hésiter à encore investir pour protéger la culture de tous nuisibles potentiels.

- Sur les 2 photos du bas : à l'inverse dans le **colza/lentille/sarrasin, semé en direct**, les colzas sont là bien en forme et aucune autre "mauvaise herbe" n'est présente puisque tout l'espace est occupé par de la végétation choisie, sans aucun désherbage pouvant nuire au colza. La diversité "camoufle" en partie le colza de certains ravageurs spécifiques qui auront plus de difficultés à repérer la parcelle et pour d'autres la consommation de biomasse sera partagée entre les plantes présentes avec beaucoup moins d'impact sur la culture elle-même. Enfin, les plantes accompagnantes ou de service (ici sarrasin et lentille) vont progressivement disparaître naturellement par le gel pendant l'hiver, afin de donner plus de place à la culture tout en relarguant des éléments minéraux et entre autre de l'azote pour l'alimenter au printemps.

Produire autant voire plus avec beaucoup moins de travail, de phytos, d'engrais, d'impacts négatifs sur l'environnement, mais aussi de risques techniques et économiques, ce n'est donc plus une lubie mais aujourd'hui une réalité et cet exemple très concret illustre bien le concept d'Agriculture Écologiquement Intensive. Il démontre parfaitement la différence, voire l'opposition des raisonnements et la puissance de cette nouvelle approche qu'il nous appartient d'étendre aux autres cultures et productions agricoles.

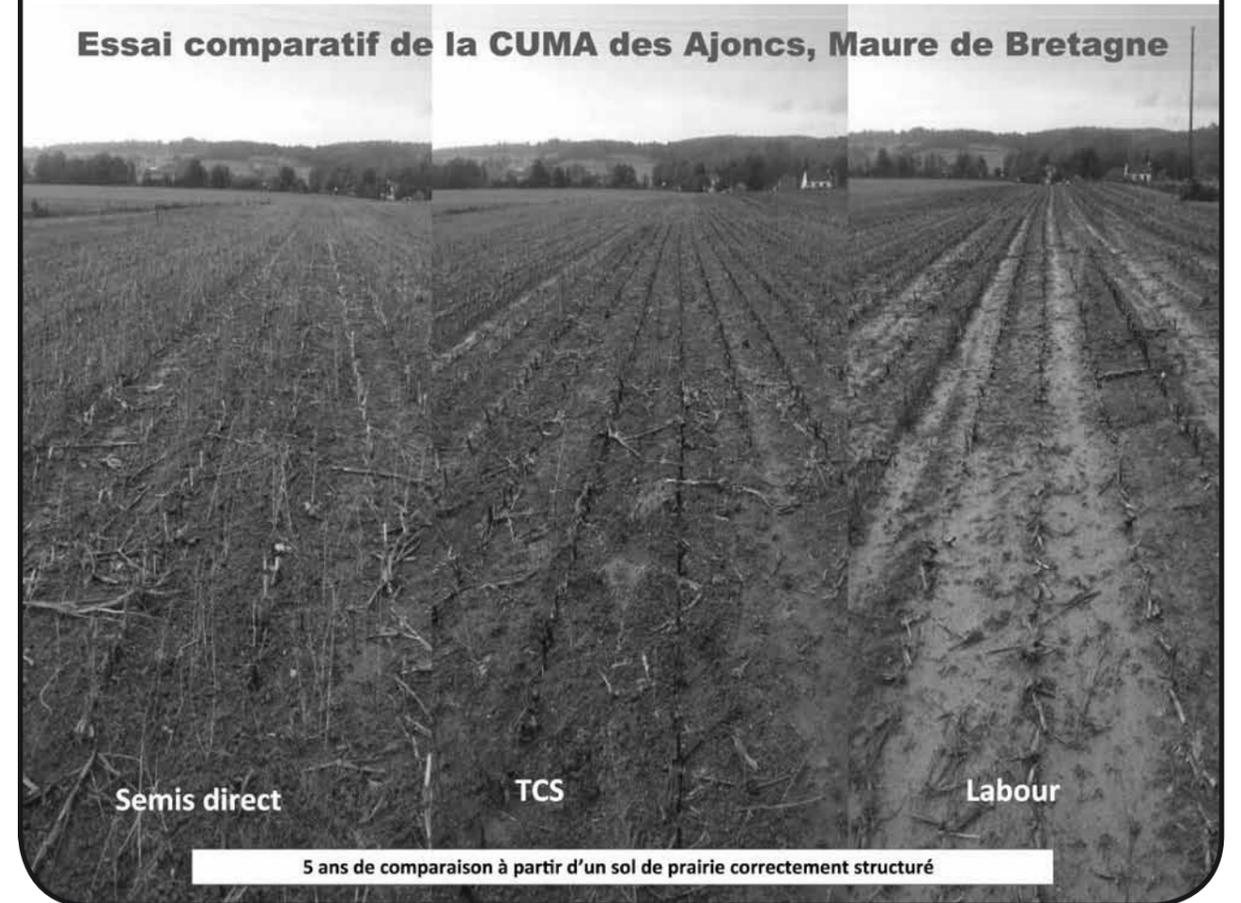


Champs de comparaison de Maure de Bretagne après 5 années de différenciation de techniques culturale.

Juste après l'ensilage de maïs et avant l'implantation de la céréale d'hiver, le labour à droite est déjà refermé et ne va pas être propice à un itinéraire très simplifié, alors que la parcelle du centre en TCS et celle de gauche menée en semis direct montrent beaucoup plus de grumulosité et d'activité biologique en surface. Cet aspect fait

nettement ressortir l'impact du travail du sol sur son comportement mais aussi les difficultés de passer d'un état de "structuration mécanique" à une organisation structurale biologique ; une période de transition pas si simple à gérer et qui perturbe l'analyse des agriculteurs à la recherche d'effet court terme.

Essai comparatif de la CUMA des Ajoncs, Maure de Bretagne



5 ans de comparaison à partir d'un sol de prairie correctement structuré

Protéger mes sols par la polyculture et l'élevage lié au sol

Bernard MOREL

Agriculteur biologique en Ille-et-Vilaine

PRÉSENTATION

À 58 ans, je suis installé depuis 1984 en production laitière sur une exploitation de 41 ha de sols profonds limono-sableux à Drouges, près de La Guerche-de-Bretagne, à l'extrême sud-est de l'Ille-et-Vilaine. La pluviométrie est relativement faible avec 650 à 700 mm/an, mais compensée en partie par des sols profonds (> 80 cm).

Depuis 1993, je suis en agriculture durable avec mon adhésion à l'ADAGE ¹, et depuis 1997 en agriculture biologique. L'exploitation est en polyculture élevage depuis des générations avec du lait, des porcs, des cultures, et des pommiers à cidre jusque dans les années 1960.

MES CONVICTIONS FORTES

Le sol est mon premier outil de travail qui doit être préservé, voire amélioré par mes pratiques. C'est un milieu fragile dont la couche arable se reconstitue lentement, où les équilibres physiques et biologiques peuvent se dégrader rapidement. Cette conviction forte fait suite à deux faits générateurs :

- en 1974, au début de mon activité agricole, je découvre en Algérie qu'en moins de 2 millénaires, la forêt de hêtres et de chênes qui chauffait les thermes romains de Timgad ou Tipasa avait disparu et était devenue une zone semi-aride ;
- en 1982, au cours de ma formation agricole, un pédologue de la chambre d'agriculture m'affirme que 50% des limons des sols de ma région provient, par érosion éolienne, du département de la Manche situé à plus de 150 km !

Depuis le début de la révolution fourragère de la fin des années 1950, les vieux agriculteurs ont toujours constaté des rendements élevés et réguliers en maïs ensilage derrière une prairie de longue durée, dont les effets se prolongeaient sur les cultures suivantes de céréales.

Ces constats ont été déterminants pour me forger des convictions fortes quant à l'intérêt de l'association de la polyculture et de l'élevage.

LA POLY-CULTURE-ÉLEVAGE

Avant les principes de l'agriculture biologique, il me semble fondamental de respecter les principes du système de polyculture-élevage :

- le lien étroit entre la capacité des sols et l'importance de l'élevage : j'ai 42 vaches laitières et 30 génisses nourries essentiellement à partir de l'exploitation. Sauf lors de ces deux dernières années de sécheresse, je n'achète pas d'aliments à l'extérieur, mis à part la complémentation minérale des animaux.
- l'association de cultures et de l'élevage : vente de 3 à 6 hectares par an de céréales pour l'alimentation humaine, et production de 2,5 à 3,5 ha de maïs ensilage et de mélange céréalière pour l'alimentation des animaux de la ferme.
- une rotation de cultures permettant de préserver, voire d'améliorer la structure de mes sols : prairie pendant 5 à 7 ans, ensuite maïs ensilage, puis blé, mélange céréalière, et réimplantation d'une prairie.

DU LAIT À PARTIR DE L'HERBE

La production des 235 000 litres de lait est essentiellement réalisée à partir de la production des 27-28 ha de prairies et 2 ha de luzerne pure. Ces prairies durent en moyenne 5 ans sur les parcelles les plus éloignées de l'exploitation, et 7-8 voire 10 ans près de l'exploitation. Depuis près de 20 ans, elles sont constituées par un mélange de graminées (raygrass anglais et fétuque élevée) et de légumineuses (trèfles blancs et luzerne depuis 4-5 ans).

Ces prairies sont principalement pâturées : dès que le climat et la portance des sols le permettent, les animaux sont en pâture : début février jusqu'à mi-décembre, voire début janvier selon la pluviométrie.

Afin de constituer des stocks pour l'alimentation hivernale, les excédents de production sont récoltés en ensilage d'herbe fin avril (20 à 25 t de matière sèche) et de foin de la fin mai à la fin juillet, voire août (30 à 40 tonnes de matière sèche).

¹ ADAGE : Agriculture Durable par l'Autonomie, la Gestion et l'Environnement, association née de l'initiative d'éleveurs laitiers, adhérente aux Centres d'Initiatives et de Valorisation du Milieu rural, ainsi qu'au Réseau Agriculture Durable.

Deux hectares de luzerne permettent une forte production de protéine, et donc une autonomie par rapport au tourteau de soja. De plus, grâce à un enracinement très profond (2 mètres, voire plus suivant les sols), la luzerne va chercher l'eau et les éléments minéraux très en profondeur, lui permettant de résister à la sécheresse et de remonter à la surface les éléments minéraux lessivés.

L'introduction de luzerne dans les prairies répond aux mêmes objectifs. Face aux évolutions climatiques, elle est peut-être une solution pour maintenir la productivité des prairies en été sous les fortes chaleurs et l'absence de pluies.

DES PRATIQUES CULTURALES POUR MAINTENIR LA FERTILITÉ DES SOLS

a- Une fertilisation essentiellement organique

Elle est constituée par :

- la restitution des bouses lors du pâturage (10 mois sur 12).
- l'épandage sur les cultures et prairies, fin janvier début février, des fumiers (environ 120 t compostés) et 4 à 500 m³ de lisiers produits par les animaux lors de leur présence en bâtiments.
- l'apport d'amendements calcaires tous les ans (roche calcaire broyée finement) pour compenser les pertes de calcium et maintenir un bon fonctionnement du sol.

b- Couverture systématique des sols

Depuis très longtemps, les sols sont **systématiquement couverts** en hiver. Les sols les moins bien couverts sont ceux implantés en céréales à l'automne, qui ne sont pas encore très développés au début de l'hiver (blé semé après le maïs, mélange céréalière semé après le blé, soit 6 ha en moyenne).

Entre la culture de blé récoltée début août et la culture de mélange céréalière semée en novembre, est implantée une moutarde ou un colza, qui en plus de la protection physique du sol réorganise les éventuels reliquats d'engrais et peut produire un peu de fourrage.

Derrière le mélange céréalière récolté également début août, est implantée une culture fourragère dérobée ayant une forte rapidité de développement (colza, R.G.I., trèfle d'alexandrie, etc.), mais une pérennité faible, ce qui permet une couverture forte du sol durant l'hiver et une production fourragère rapide à l'automne et au tout début du printemps. Cette culture sera "cassée" à la mi-mars pour une implantation conjointe d'une céréale de printemps et une prairie sous couvert de cette céréale. La jeune prairie empêchera le salissement de la céréale et sera bien développée l'hiver suivant, tout en permettant une production non négligeable de fourrage en fin d'été et à l'automne.

c- Désherbage mécanique des cultures

La lutte contre les adventices dans les cultures se fait

avec une herse hémisphérique ou une bineuse. Ainsi, le sol est aéré superficiellement plusieurs fois pendant le cycle de la culture, ce qui facilite le fonctionnement microbien aérobie du sol et permet à l'eau de pluie de mieux s'infiltrer, tout en freinant l'évaporation de l'eau présente dans le sol.

d- Des haies protectrices

Plus de 5 km de haies, dont 3,5 km plantées depuis 1988, assurent un maillage bocager dense. Toutes les parcelles sont entourées de haies sur au moins 3 côtés, et protégées des exploitations voisines conventionnelles.

Depuis 2001, le bois de ces haies est utilisé comme bois plaquette pour produire de l'énergie. En 2004, l'exploitation a installé une chaufferie à bois déchiqueté pour chauffer 4 maisons du village.

L'effet bénéfique de ces haies n'est plus à démontrer pour freiner l'érosion éolienne ou par ruissellement des sols, et pour préserver la biodiversité. Comment expliquer que, depuis 1997 :

- les céréales résistent aux pucerons, sinon par les coccinelles, syrphes et autres oiseaux ?
- les plantules de maïs ne soient détruites par les taupins, alors qu'elles se développent derrière une prairie âgée ?
- les jeunes prairies résistent aux attaques des gourmandes limaces ?

DES RENDEMENTS SATISFAISANTS

Comment mesurer les effets de ces pratiques sinon en évaluant les rendements et en les comparant aux systèmes conventionnels intensifs forts gourmands en intrants ?

Depuis plus de 10 ans, les rendements moyens des cultures sont tout à fait satisfaisants :

- blé : 50 quintaux (58 qx en 2011)
- prairies : 8 à 9 tonnes de M.S.
- maïs ensilage : 14 à 15 tonnes de M.S. (9,5 t en 2011 lié à un semis trop tardif et une levée très étalée dans le temps du fait de pluie trop rares).

DES INTERROGATIONS

L'implantation des céréales et du maïs se fait en labourant les terres. Les conséquences négatives du labour sont nombreuses :

- bouleversement de la vie microbienne du sol
- sol nu pendant l'implantation de la culture
- coût énergétique de la traction nécessaire

Le labour permet de lutter contre le salissement des terres et permet d'utiliser les outils de désherbage mécanique. Mais il me semble que ses inconvénients sont plus importants que ses avantages. Cette critique souvent faite à l'agriculture biologique est à mon avis justifiée et nécessite l'exploration de nouvelles techniques pour améliorer nos pratiques culturales, tout en faisant face à la lutte contre les mauvaises herbes.

La restauration du bocage, un outil de protection des sols

Bertrand GUIZARD

Chef du service de l'eau, des territoires, de l'environnement et de la forêt
DRAAF Bretagne

Breizh Bocage est le premier programme de plantation et d'entretien de haies bocagères institué à l'échelle de la région entière. Il se substitue aux programmes départementaux plus anciens ayant le même but.

Ce programme est financé à hauteur de 20 millions d'euros par l'Europe (FEADER¹), l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, le Conseil Régional et les quatre Conseil Généraux bretons.

L'intérêt du bocage au travers de sa multifonctionnalité n'est plus à démontrer. En freinant ou canalisant les écoulements, il a un effet bénéfique de **ralentissement de la formation de crues**, mais aussi de **limitation du transfert de polluants** vers les cours d'eau (phosphore, matière organique et pesticides) et de **frein à l'érosion des sols**. L'impact du maillage bocager sur le paysage est d'autant plus sensible qu'aujourd'hui la disparition des haies est moins souvent masquée par d'autres haies. Enfin, les haies bocagères constituent autant d'habitats et de corridors interconnectés qui représentent des biotopes très particuliers qu'il convient de préserver au nom de la biodiversité.

Jusqu'à présent, l'érosion du bocage breton s'est poursuivie au rythme annuel de 1,1% des linéaires de haies. Si le vieillissement du bocage est une cause majeure actuelle de sa disparition, les arrachages liés à des restructurations agricoles, à l'urbanisation et aux grands ouvrages sont en partie responsables de la réduction des haies.

Compte tenu de ces éléments, l'ensemble des partenaires publics a décidé d'unir ses efforts pour lancer un programme original qui vise à fédérer les initiatives de reconstitution du bocage à l'échelle de la région entière. Ainsi est né le programme Breizh Bocage. Ce programme fait partie intégrante du volet régional du Programme de Développement Rural Hexagonal (P.D.R.H.) d'une part et du Contrat de Projet État - Région d'autre part, pour la période 2007-2013.

ENJEUX DU PROGRAMME ET ACTION FINANÇABLES

Le dispositif vise à réduire les transferts de polluants d'origine agricole vers les eaux superficielles, à produire du bois d'œuvre et du bois-énergie, à préserver la biodiversité, à lutter contre l'érosion des sols et à restaurer les paysages.

Pour cela, les maîtres d'ouvrage sont incités à créer et à restaurer des haies bocagères ou talus boisés. Sont éligibles les structures collectives, publiques ou privées, telles que les syndicats de bassin versant et communautés de communes.

Les actions finançables sont donc :

- les études préalables et l'ingénierie pouvant intégrer des actions de sensibilisation et de conseil ;
- les investissements liés à la création, la restauration, l'amélioration et l'entretien du bocage :
 - constitution de haies à base d'essences autochtones ;
 - constitution de talus simples et talus boisés.

Seules sont éligibles les opérations collectives, intégrées sur un territoire bien défini et répondant au cahier des charges validé par les financeurs publics du programme.

MISE EN PLACE ET ÉVOLUTION DU DISPOSITIF

Les premières réflexions préparatoires ont été engagées en 2006. L'année 2007 a été consacrée à la finalisation du plan de financement, ainsi qu'à la mise au point des documents nécessaires à la mise en œuvre du dispositif. Le cahier des charges de Breizh Bocage a été **validé le 15 mai 2008**. Il repose sur la mise en œuvre de **trois volets** (dits "V1, V2 et V3") :

- une étude générale de territoire visant à fixer les priorités,
- un diagnostic préparatoire aux travaux,
- et les travaux proprement dits.

Un démarrage relativement lent du programme a amené les financeurs, fin 2009, à modifier le cahier des charges et à élargir les objectifs, non plus seulement à la seule préservation des ressources en eau comme c'était le cas à l'origine de Breizh Bocage, mais aussi aux autres objectifs présentés ci-dessus.

Dans le même temps, les conditions de financement ont été modifiées : l'assiette pour les maîtres d'ouvrage publiques est passée à 100%. La part de financement de ces porteurs de projet peut également appeler du FEADER. Le taux de subvention effectif est donc porté à 90% au lieu de 80%.

POINT D'ÉTAPE, NOVEMBRE 2011

Le programme Breizh Bocage est désormais dans sa quatrième année d'existence. Comme indiqué ci-dessus, les premières années ont été marquées par un faible niveau de consommation des crédits. On observe toutefois une forte croissance des investissements, liée tant à l'adhésion de nouveaux territoires au programme, qu'au passage progressif des phases d'études, peu consommatrice de crédits, aux phases de travaux, sur lesquels le programme met l'accent en terme de financement (rapport de 1 à 10 € pour une même surface de territoire). C'est ce que traduit la courbe de consommation des crédits FEADER présentés ci-dessous.

COUVERTURE DE LA BRETAGNE PAR BREIZH-BOCAGE

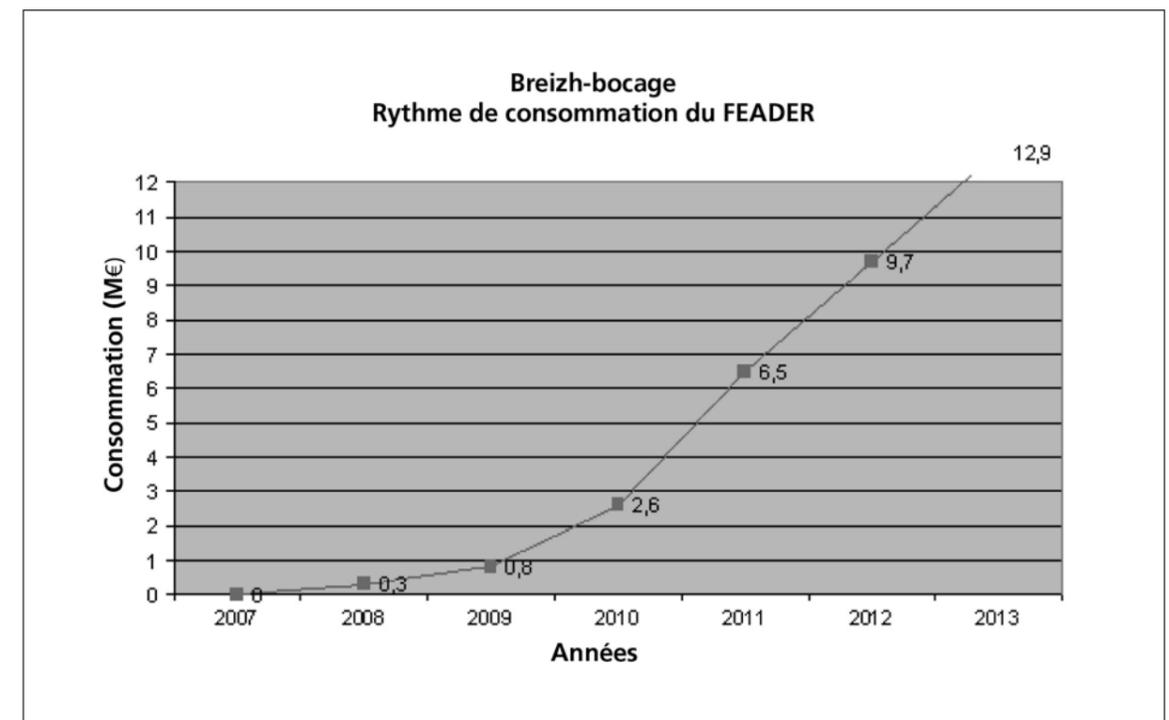
Couverture en terme d'animation

L'ensemble des dispositions nouvelles présentées ci-dessus s'est traduit par une forte dynamisation du programme. Ainsi, trois départements sont maintenant couverts aux ¾ ou à plus des ¾ par le dispositif d'animation. Les Conseils Généraux des Côtes d'Armor et du Finistère ont obtenu le financement de deux postes d'animation. Ces postes de coordonnateurs techniques s'ajoutent aux 65 animateurs en poste au sein des territoires, structures de bassins versants ou collectivités locales.

Couverture en terme de réalisations

Comme l'illustre la carte ci-dessous datée de mai 2011, une grande majorité de la Bretagne est couverte par le programme Breizh Bocage. Les structures impliquées dans le programme sont de plus en plus nombreuses et parviennent à sensibiliser un nombre croissant d'acteurs locaux.

Hors Finistère, on observe un très bon taux de couverture de Breizh Bocage. De nombreux secteurs d'étude sont non encore couverts par des travaux, ceux-ci pouvant être réalisés jusque fin 2013.

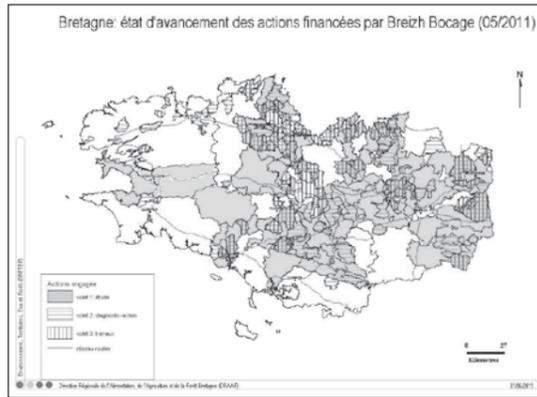


¹ FEADER : Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural

Le programme de travaux pour l'hiver 2010/2011 a porté sur environ 350 km de talus et de haies plantées. Ces chiffres sont appelés à augmenter de manière très significative pendant l'hiver 2011-2012, avec l'achèvement des phases initiales du programme (étude et diagnostic-action) et la réalisation de la phase de travaux pour de nombreux territoires.

Au 12 novembre 2011, Breizh-bocage a financé un linéaire de 1584 kilomètres de nouvelles haies, réparties de la façon suivante selon les départements :

- Côtes d'Armor : 632 km
- Finistère : 63 km
- Ille-et-Vilaine : 656 km
- Morbihan : 235 km



CONCLUSION

Sur les 182526 km de haies bocagères mesurées en Bretagne à l'occasion de l'enquête AGRESTE de 2008, 140000 km étaient des haies bocagères anciennes. Le bocage est vieillissant et comme tout être vivant, les arbres finissent par mourir. Dans de nombreux secteurs, il ne reste plus que quelques lambeaux de haies bocagères, inintéressants au regard des atouts présentés en introduction. Il ne fait aucun doute que ces vestiges de bocage sont amenés à disparaître.

La lente érosion du bocage breton, d'environ 1,1% par an entre 1996 et 2008 (années correspondant à deux enquêtes successives), continue à un rythme moindre que les années précédentes, mais elle persiste.

Dans une période où la puissance publique fait le pari d'une amélioration de la qualité des ressources en eau, d'un enrichissement de la biodiversité avec l'avènement des trames vertes et bleues, d'un accroissement de la production d'énergie renouvelable dans le cadre du Grenelle de l'environnement et du pacte électrique breton, la prise de conscience du nécessaire renouvellement du bocage et d'une restauration fonctionnelle vis-à-vis des différents enjeux qui lui sont assignés doit se poursuivre avec énergie. Il faut continuer de sensibiliser l'ensemble des partenaires : élus, agriculteurs, propriétaires fonciers et habitants ruraux à la conservation de l'existant, à sa protection, à sa régénération et à la création d'un nouveau bocage qui permettra à chaque riverain de profiter d'une amélioration de la qualité de vie sur son territoire.

Tout ne sera pas résolu à l'issue du présent programme. Quand certaines haies sont créées ou restaurées, d'autres, fortement majoritaires, continuent à dépérir. Il ne fait aucun doute que pour pérenniser un maillage bocager sur le sol breton, Breizh Bocage devra être relayé par d'autres programmes d'envergure équivalente, complétés par un appel fort au maintien et à l'entretien de l'existant.

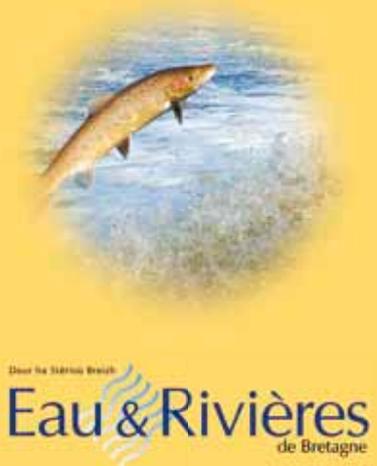
Un premier jalon dans ce sens consistera à évaluer Breizh Bocage pour en améliorer l'efficacité. La rédaction d'un cahier des charges d'évaluation est en cours au sein des services techniques des financeurs. L'évaluation à proprement parler du programme aura lieu dans le courant de l'année 2012. Les décideurs politiques disposeront ainsi des éléments utiles à la décision pour la mise en œuvre d'un nouveau dispositif en phase avec le programme qui succèdera à l'actuel Programme de Développement Rural Hexagonal.



- **Chaque semaine, l'actualité de l'eau en Bretagne**
- **Découvrez l'action Eau & Rivières**
- **Des fiches techniques et pédagogiques, de nombreux documents en libre téléchargement**



- **Délégation régionale**
Venelle de la Caserne 22200 GUINGAMP
Tél./fax 02 96 21 38 77
erb@eau-et-rivieres.asso.fr
- **Centre Régional
d'Initiation à la Rivière**
Castel Mond 22810 BELLE-ISLE-EN-TERRE
Tél. 02 96 43 08 39
Fax 02 96 43 07 29
crir@eau-et-rivieres.asso.fr
- **Côtes d'Armor**
Venelle de la Caserne 22200 GUINGAMP
Tél./fax 02 96 21 14 70
delegation-22@eau-et-rivieres.asso.fr
- **Finistère nord**
Espace associatif
6, rue Penn ar Creac'h 29200 BREST
Tél. 02 98 01 05 45
delegation-29nord@eau-et-rivieres.asso.fr
- **Finistère sud**
13, rue Louis de Montcalm 29000 QUIMPER
Tél. 02 98 95 96 33
delegation-29sud@eau-et-rivieres.asso.fr
- **Marches de Bretagne (35 et 44)**
Maison de la Consommation et de l'Environnement
48, boulevard Magenta 35000 RENNES
Tél. 02 99 30 49 94
Fax 02 99 35 10 67
delegation-35@eau-et-rivieres.asso.fr
- **Morbihan**
École de Lanveur
Rue Roland Garros 56100 LORIENT
Tél. 02 97 87 92 45
delegation-56@eau-et-rivieres.asso.fr



www.eau-et-rivieres.asso.fr

Venelle de la caserne – 22 200 Guingamp – Tél./Fax : 02 96 21 38 77
E-mail : secretariat@eau-et-rivieres.asso.fr

Avec le concours de :



Établissement public du ministère
chargé du développement durable



PRÉFET
DE LA RÉGION
BRETAGNE



Crédits photo : Jean-Yves Bouglouan

