

LES SOLS

Un support vivant,
des services multiples

Chaque jour, nous marchons, roulons, circulons dessus. Nous les creusons pour y bâtir des fondations. Chaque jour, ils sont retournés, plantés, cultivés, pour subvenir à nos besoins d'alimentation. Mais que savons-nous des sols ? Quelle conscience avons-nous du monde vivant qu'ils abritent et de la complexité des relations et des phénomènes qui s'y développent ?

Compartiment de l'environnement au même titre que l'eau et l'air, les sols ne font que rarement l'actualité et sont quasiment absents des programmes d'enseignement à l'école. Et pourtant, ils rendent des services indispensables à nos sociétés.

Il est aujourd'hui nécessaire de tenir compte de leurs limitations à se régénérer et de planifier leur utilisation, de mettre en adéquation leurs caractéristiques et les usages que l'on veut en faire : agriculture, zones protégées, aménagement du territoire... Les plans locaux d'urbanisme et les schémas de cohérence territoriale doivent davantage prendre en considération les sols et leurs spécificités. Il y a là un véritable enjeu de connaissance et de reconnaissance de ce milieu encore si peu considéré.

J'espère que ce numéro de Repères contribuera à faire évoluer notre rapport aux sols, pour passer d'une vision « horizontale » à un regard plus global. Car il devient urgent que les sols soient traités comme un capital à gérer, à ménager et à valoriser.



Jean-Patrick Masson
Président

LES SOLS : UN SUPPORT VIVANT, DES SERVICES MULTIPLES



Terre nourricière, support de nos villes et de toute vie biologique terrestre, archive de notre passé, le sol est un milieu multifonctionnel qui fait partie de notre environnement quotidien. Situés à l'interface avec les autres compartiments de l'environnement – l'eau, l'air et la biosphère – « les sols sont au cœur de grands enjeux planétaires comme la sécurité alimentaire, le changement

climatique, la disponibilité en eau de qualité et la biodiversité » résume le dernier rapport du GIS SOL*. Or, comme le rappelle la FAO**, « de nombreuses zones agricoles sont menacées par une baisse progressive de leur capacité productive, dans un contexte de pression démographique excessive et de pratiques agricoles qui détériorent l'environnement ».

Tout comme la qualité des sols est inégalement répartie à la surface du globe, leur état de dégradation n'est pas non plus le même partout, les régions subtropicales étant plus touchées que l'hémisphère Nord. Mais en Europe, les sols ne sont pas pour autant exempts de pressions. Érosion et disparition sont les principales formes de dégradation, selon la Commission européenne. À l'échelle française, l'urbanisation consomme de façon irréversible l'équivalent d'un département tous les 7 à 10 ans, majoritairement sur des terres à bon potentiel agronomique.

Les usages non adaptés et les pressions polluantes contribuent à dégrader cette ressource, considérée comme non renouvelable à notre échelle humaine : les sites pollués d'anciennes usines n'autorisent plus de réallocation des terres, les coulées de boues sur des sols non couverts et en pente provoquent des dommages d'ouvrages en aval, l'imperméabilisation des sols urbanisés fait disparaître des surfaces de production agricole... La préservation des sols passe par une gestion durable, les bonnes pratiques consistant à prendre en compte leurs caractéristiques et leur sensibilité, ainsi qu'à adapter au mieux les usages. Cela sous-entend de bien connaître le fonctionnement des sols pour préserver ce capital unique.

* Système d'information des sols en France

** Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

Les sols, de multiples services au croisement de nombreux usages 3
Une ressource non renouvelable à ménager 9



© Stéphanie Porro - Alterre Bourgogne

LES SOLS, DE MULTIPLES SERVICES AU CROISEMENT DE NOMBREUX USAGES

Les sols que l'on foule au quotidien font partie de notre environnement. Ils nous rendent des services dont on ne réalise pas toujours l'importance : ils assurent l'essentiel de la production alimentaire mondiale, filtrent et épurent les eaux, régulent les flux de gaz à effet de serre, sont des archives du passé de l'homme, mais aussi de la Terre. Ces services relèvent de trois grandes fonctions : les fonctions écosystémiques, de support et de production.

Fonction économique de production

Alimentation, énergie, biomasse, matériaux, granulats...

Fonction écosystémique ou écologique

Régulation, filtration et épuration des eaux, régulation des GES, biodiversité, refuge pour la faune...

Fonction de support

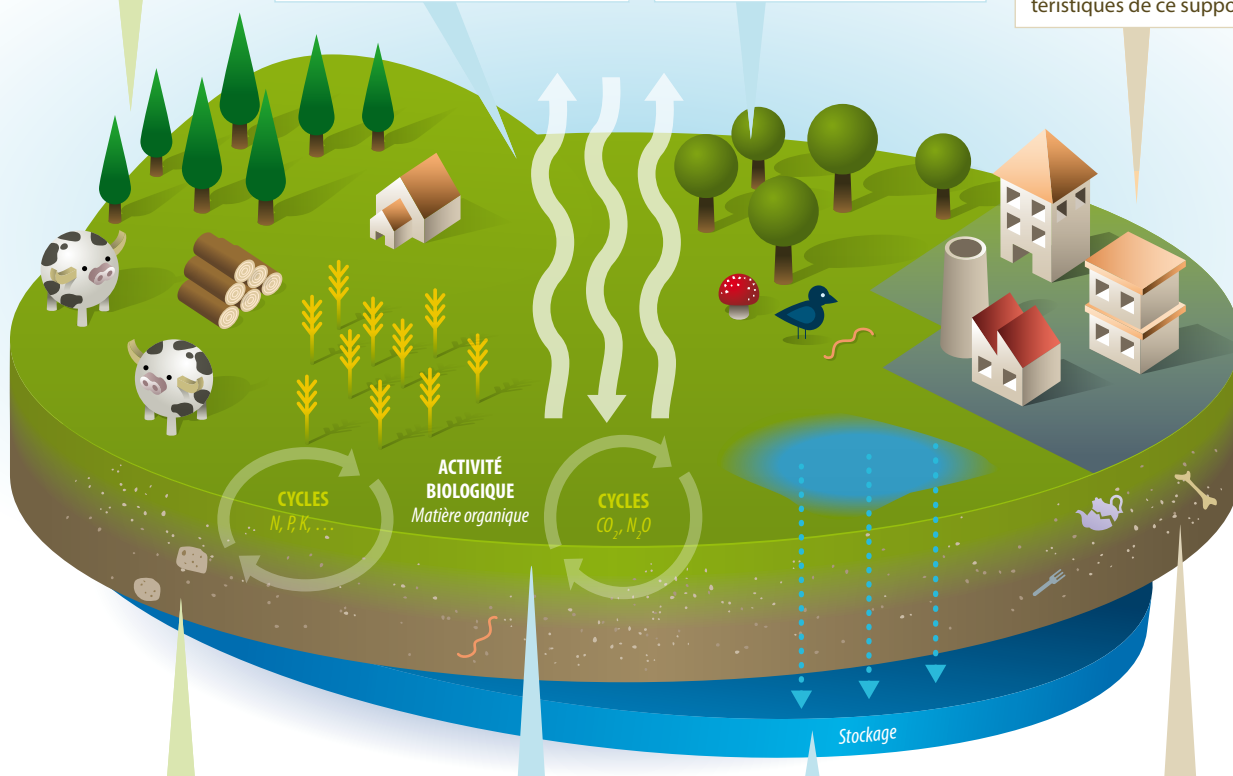
Vie terrestre, constructions, activités humaines, loisirs, paysages, archéologie...

Une fonction économique de **production alimentaire** avec l'agriculture ou de production de bois destiné à la construction ou à la production d'énergie avec la forêt.

Une **action sur le climat** : les sols ont la capacité de stocker des gaz à effet de serre (gaz carbonique, protoxyde d'azote) ou d'en émettre. Actuellement, une attention particulière est portée à son rôle de stockage vis-à-vis du changement climatique.

Grand **réservoir de biodiversité**, le sol est le support de toute vie terrestre : les plantes s'y enracinent, les animaux y cherchent leur alimentation et leur refuge... Le sol est un maillon de tout l'écosystème terrestre et constitue un écosystème à part entière.

La vie qui se développe sur Terre repose sur le sol. La fonction de support concerne aussi nos loisirs, **l'implantation de nos cités**, de nos bâtiments et des infrastructures. Les paysages sont l'expression des caractéristiques de ce support.



Une **source de matériaux de construction** (terres, granulats, roches...) : l'argile et le sable étant parmi les plus anciens matériaux utilisés pour la construction d'habitats.

Le siège de **nombreux cycles biogéochimiques** : la matière organique se dégrade sous l'action de nombreux micro-organismes pour donner des éléments minéraux assimilables par les plantes qui peuvent, à leur tour, être combinés en molécules plus complexes.

Une fonction environnementale à travers **le stockage, la régulation et l'épuration de l'eau** via son action de dégradation des contaminations chimiques.

Les sols conservent les traces du passé, celui de la Terre et celui des hommes. Ils sont une mémoire vivante des événements naturels et humains, un **héritage culturel**.

Un support de vie très hétérogène

Épiderme de la Terre, les sols forment une sorte de « manteau d'arlequin », selon l'expression du professeur Daniel Nahon (cf. références documentaires page 12). Ils varient par leur composition et leurs qualités intrinsèques tant à l'échelle du monde que de la région et même de la parcelle. **Les qualités recherchées dépendent de leurs usages :**

- **En agriculture, c'est la fertilité du sol**, aussi appelée qualité agronomique, qui est recherchée. Les propriétés physiques (profondeur, texture), chimiques et biologiques en sont les principaux indicateurs ;
- **Pour l'aménagement urbain et les constructions, le génie civil s'intéresse essentiellement à la plasticité du sol, à sa portance**, pour bénéficier d'une bonne assise de ses infrastructures. La fertilité du sol n'est pas prise en compte.

La diversité des sols est le résultat de l'histoire de la Terre et de la lente évolution des sols, la *pédogenèse*. Au fil de cette histoire, sols et paysages ont gardé la mémoire d'événements passés, plus ou moins anciens. Ainsi, des pollens et des résidus ligneux contenus dans les tourbes sont révélateurs d'une végétation antérieure très différente.

La diversité des sols s'exprime à travers les paysages, modelés au fil des temps géologiques, ainsi que l'occupation des sols, reflet de l'histoire humaine : forêts de résineux ou de feuillus sur le relief du Morvan, prairies en vallées et grandes cultures en plaines ou sur les plateaux, présence de mares ou d'étangs sur les sols hydromorphes... **La lecture d'un paysage est le premier pas vers la connaissance du sol.**

La pédogenèse des sols : une longue histoire...

Le modelé et la composition des sols révèlent l'histoire de la Terre. Fine couche à la surface de la Terre, les sols sont le résultat d'une longue et lente évolution des roches qui se poursuit toujours, à un pas de temps géologique. Le climat et la circulation de l'eau interviennent dans ces processus d'altération continue : éclatement des roches par le gel, pluies dissolvant les calcaires, érosion éolienne ou hydrologique transportant les éléments fins, dissolution chimique des minéraux de la roche (oxydes de fer ou autres)...

Les processus de la pédogenèse sont également dépendants de l'action des organismes vivants : les racines interviennent dans la chimie du sol ; la matière organique, en se décomposant sous l'action des micro-organismes, se combine aux minéraux du sol (complexe organo-minéral) et lui confère l'essentiel de ses propriétés nutritives et texturales.

Sols des régions naturelles

- Sols limono-argileux, sains, superficiels ou moyennement profonds sur granite et tuf
- Sols limono-argileux profonds
- Sols limoneux à gradient argileux, profonds. Présence locale de silex
- Sols argilo-calcaires, superficiels et caillouteux sur calcaire
- Sols sableux et argileux, très hydromorphes ou sols limoneux sur argile, hydromorphes. Présence de silex
- Sols limono-argileux à argileux, profonds sur marne et argile
- Sols limono-argileux sur craie
- Sols limono-argilo-sableux à gradient argileux sur granites
- Sols sableux et argileux hydromorphes
- Sols limoneux ou limono-sableux hydromorphes sur argile
- Sols argileux hydromorphes sur marne et argile

Les paysages naturels de Bourgogne

Les sols bourguignons sont très variés. On peut distinguer quatre grands groupes, eux-mêmes subdivisés en différentes familles de types de sols.

- **Les sols sur granite** (Morvan) se sont développés sur des roches acides et gardent une tendance naturelle à s'acidifier. Outre l'élevage pratiqué sur les prairies bocagères, la forêt domine ces sols, principalement celle de résineux. La culture de sapins de Noël est devenue une activité économique forte de cette région.
- **Les sols sur roche calcaire**, plateaux de Bourgogne et craies du Sénonais, proviennent de la dissolution du calcaire. Ils sont superficiels et séchants pour les uns, profonds pour les autres. Outre les grandes cultures, on y trouve des forêts de feuillus, majoritairement de chênes. Par ailleurs, les vignes occupent certains de ces sols : elles privilégient l'exposition en coteaux. Les meilleurs crus de Bourgogne sont localisés en milieu de pente des coteaux calcaires.
- **Les sols sur marne, argile et limons des bas de plateaux, de plaines et de dépressions** sont généralement profonds, humides et peu perméables. Ils correspondent aux zones naturelles non cultivées ou aux prairies permanentes.
- **Les sols alluviaux** sont des sols jeunes, peu évolués et liés au fonctionnement hydrologique des vallées. Lorsqu'ils sont inondables, ces sols ne permettent que des prairies ou une végétation naturelle. Lorsqu'ils sont riches en limons et en situation non inondable, ils offrent de bons potentiels et autorisent donc de nombreuses cultures, y compris des cultures maraîchères.



Source : CNERTA

Une fonction de production hautement sollicitée

Un enjeu pour l'alimentation mondiale...

La FAO prévoit qu'une augmentation de 70 % de la production agricole d'ici 2050 sera nécessaire pour répondre à la demande mondiale, en forte croissance. **Or, sur l'ensemble des surfaces productives - qui ne représentent que 22 % des terres émergées - la moitié est effectivement cultivée, l'autre moitié est « en réserve »** (sols trop peu productifs, terres situées dans les pays en développement). Du fait de la dégradation des sols, cette situation risque de s'aggraver avec le temps, notamment dans les pays du Sud. Si les réponses au problème sont essentiellement géopolitiques, l'ampleur du défi à relever souligne l'importance du rôle alimentaire des sols et de leur préservation.

... et pour l'économie bourguignonne

Les filières agricoles et forestières reposent sur l'exploitation de la biomasse du sol, à destination énergétique et alimentaire. Avec plus de 3 millions d'euros de chiffre d'affaires et 35 900 actifs permanents pour l'agriculture, et plus de 2 200 emplois permanents pour la forêt, ces filières représentent un poids important dans l'économie régionale. L'orientation des productions agricoles est fonction des types de sols, de la disponibilité en eau et du climat (conditions pédoclimatiques) qui autorisent une gamme plus ou moins large de cultures. Ainsi, **le colza et les céréales à paille, qui dominent en Bourgogne, sont cultivables dans pratiquement tous les types de sols**, dont les sols superficiels. En revanche, les cultures spécialisées comme la betterave, la pomme de terre ou les légumes de plein champ ne sont rentables qu'en sols bénéficiant d'une bonne réserve utile en eau.

Mais ce sont surtout les conditions de marché et d'organisation de filière, souvent stimulées par les politiques agricoles, qui orientent la production. Les lois d'orientations depuis 1966, puis les différentes politiques agricoles communes (PAC) ont contribué à spécialiser la Bourgogne en un important bassin de production de grandes cultures et d'élevage bovin.

Le terroir, une typicité qui valorise les produits alimentaires

Ce qu'on appelle « produit du terroir » est le croisement entre les caractéristiques du sol, le savoir-faire de l'homme et l'histoire de la production. **Au-delà des pratiques agricoles, les qualités d'un sol peuvent procurer une valeur ajoutée aux productions agricoles en leur apportant une typicité de « terroir »**. Cette typicité résulte de la capacité du sol à fournir aux plantes les éléments nutritifs nécessaires à leur bon développement. Les vins de Bourgogne sont l'exemple le plus ancien. La quasi-totalité des vins bourguignons bénéficient de signes de qualité (AOC, vin de qualité supérieure, appellation Village...). Alors que la vigne ne concerne qu'une très faible proportion du territoire régional - de l'ordre de 1 % - et 2 % de la surface agricole utile, le vin représente 32 % du chiffre d'affaires de l'agriculture bourguignonne.



L'agroécologie, une réponse aux enjeux d'alimentation mondiale

Marc Dufumier, agronome, enseignant chercheur à AgroParisTech

L'agriculture du XXI^e siècle fait face à un double défi, alimentaire et environnemental. Le défi alimentaire est de nourrir les 7 à 9 milliards d'habitants, mais aussi et surtout d'assurer un accès pour tous aux ressources

alimentaires : d'une part, les pays du Sud souffrent de nos exportations, d'autre part, nos politiques exportatrices ont généré des formes d'agriculture responsables de désordres environnementaux. N'oublions pas le contexte de changement climatique, avec des accidents climatiques qui sont et seront plus fréquents et plus intenses. Les systèmes de production se doivent donc d'être plus résilients. La réponse est une meilleure utilisation des services rendus par les écosystèmes. C'est ce que j'ai appelé l'agriculture écologiquement intensive : une agriculture dont la technicité réelle, à construire, est d'optimiser le fonctionnement des écosystèmes. Par exemple, capter le plus possible d'énergie solaire en couvrant le sol de végétaux pour la photosynthèse, gérer au mieux les cycles du carbone, de l'azote, de l'eau et des éléments minéraux en cycles courts, reconstituer l'humus des sols et maintenir le taux de matière organique pour favoriser l'infiltration et la rétention de l'eau, favoriser la fixation de l'azote de l'air par les cultures associées de légumineuses... toutes ces techniques permettant à la biodiversité des sols de se substituer aux intrants chimiques. Les sols ont bien un rôle vivant fondamental. L'agriculture de demain devra permettre de sauvegarder les écosystèmes, outil de base de l'agriculteur, et se garder d'appauvrir les pays du Sud.

Contact : marc.dufumier@agroparistech.fr

3 questions à...



Jean-Pierre Garcia, géologue sédimentaire à l'Université de Bourgogne

Des calcaires du Jurassique pour des vins de caractère

Depuis combien de temps le terroir des vins de Bourgogne est-il reconnu ?

La qualité des vins de Bourgogne est reconnue depuis au moins le XIII^e siècle au Moyen Âge. L'idée que cette qualité était reliée à celle du terroir (qui n'est pas que le sol mais qui implique aussi l'exposition, l'altitude des parcelles, les cépages, les pratiques viticoles) est venue plus tard, au

cours du XVIII^e siècle. C'est à l'époque moderne que l'on a reconnu et décrit la qualité des terroirs des vignobles de Bourgogne, un processus qui a abouti aux appellations d'origine consacrées par les vignerons eux-mêmes au début du XX^e siècle.

Correspond-il à un caractère particulier de nos vins ?

Les vins de Bourgogne montrent beaucoup de typicité, d'originalité et de caractères spécifiques qui en font des produits uniques. Comme les terroirs qui les produisent, ils ont une personnalité et portent des noms différents qui les identifient et les distinguent les uns des autres. Cette extrême diversité liée aux terroirs, aux propriétés, aux pratiques des vignerons, est d'autant plus étonnante que les vins sont produits pour la plupart à partir de cépages uniques : pinot noir pour les vins rouges, chardonnay pour les vins blancs.

Cette typicité est-elle vraiment unique ?

Les sols des vignobles de Bourgogne sont surtout calcaires et argileux et comprennent essentiellement des débris de roches emballés dans une matrice argileuse. En effet, les roches qui arment le sous-sol et qui se décomposent en donnant les sols des vignes sont avant tout des calcaires du Jurassique et des marnes, mélanges de calcaires et d'argiles. En Beaujolais, les sols peuvent comprendre des éléments issus des roches granitiques et volcaniques. En plaine, les sols sont plus profonds, moins drainants et essentiellement argileux tandis que sur les pentes des coteaux, les sols sont modifiés par le ruissellement qui trie les éléments fins des éboulis plus grossiers.

Contact : jpgarcia@u-bourgogne.fr

Une fonction environnementale au service des autres milieux

Au cœur du système sol, la biodiversité

Le sol est un milieu vivant dont la richesse biologique est beaucoup plus importante qu'il n'y paraît. C'est d'ailleurs ce qui le distingue des roches. **Les sols abritent le quart des espèces vivant sur terre. Toutefois, on ne connaîtrait qu'à peine 1 % des espèces de micro-organismes du sol. Chaque espèce vivante assure une ou plusieurs fonctions.** Ce patrimoine de biodiversité est à la base du fonctionnement des sols :

- Il participe activement à la dégradation de la matière organique et la transforme en éléments minéraux assimilables par les plantes ;
- Il intervient dans les différents cycles nutritifs (azote, phosphore, carbone...) ;
- La diversité biologique améliore les potentialités et la stabilité fonctionnelle des sols et limite l'installation de pathogènes.

De façon générale, la biodiversité des sols contribue à sa fertilité. La matière organique est essentielle à l'écosystème du sol : elle nourrit les micro-organismes qui contribuent à la dégrader jusqu'à une forme stable de minéralisation. La matière organique participe aussi à la porosité et à la structuration du sol : en se liant aux éléments minéraux, elle lui confère une structure poreuse qui permet à l'eau, à l'air et aux micro-organismes de circuler.

Pour mieux comprendre

À chacun son travail

Les organismes vivants du sol sont classés selon leurs fonctions :

- **Les ingénieurs chimistes ou écologiques** transforment les débris végétaux en éléments nutritifs assimilables par les plantes. Ils interviennent aussi dans la dégradation de molécules complexes comme les polluants (hydrocarbures, pesticides...). Ce sont principalement les micro-organismes : bactéries, champignons et protozoaires.
- Assimilés à des prédateurs ou même à des parasites (collemboles, nématodes, protozoaires, acariens), **les régulateurs biologiques** agissent sur la dynamique des populations de micro-organismes dont, notamment, les pathogènes des cultures.
- **Les ingénieurs physiques des écosystèmes** (vers de terre, termites, fourmis, petits mammifères...) renouvellent la structure du sol et maintiennent sa porosité en se déplaçant et créant leurs habitats. En ce sens, ils favorisent la régulation de l'eau et la mise à disposition des ressources aux autres organismes du sol.

3 questions à...



Lionel Ranjard, responsable scientifique de la plate-forme GenoSol à l'INRA de Dijon

La mesure de la biodiversité, une nouvelle voie de connaissance

Que mesure l'ADN du sol ?

Pour la première fois au monde, nous avons mesuré la quantité d'ADN des sols, qui équivaut à mesurer l'abondance des organismes vivants, sur un échantillonnage aussi grand que le territoire français. Cette mesure permet d'accéder, grâce à des outils puissants, à l'immense diversité biologique du sol et de se rendre compte que cette vie du sol peut être très variable en fonction des régions françaises.

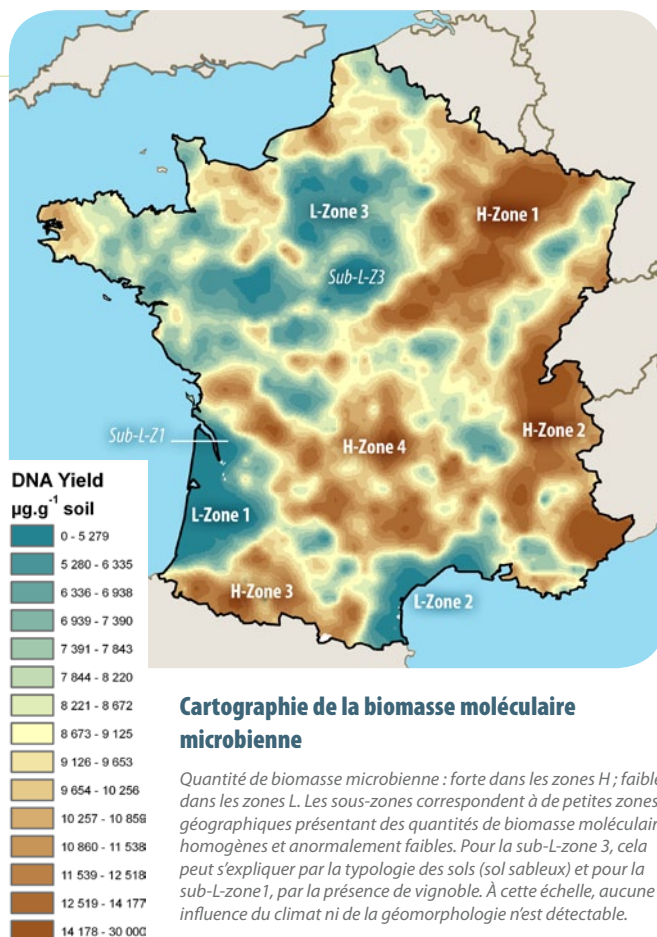
Les sols de Bourgogne sont-ils pauvres ou riches en biodiversité ?

Globalement, les sols de Bourgogne sont relativement riches en abondance et en diversité biologique de par leurs caractéristiques pédologiques. Toutefois, la répartition géographique de cette biomasse microbienne des sols est très hétérogène.

Les pratiques agricoles ou sylvicoles ont-elles un impact ?

Oui tout à fait ! Même si les caractéristiques pédologiques des sols sont les principaux paramètres influençant la biodiversité des sols, certaines pratiques agricoles sont assez agressives et délétères sur le patrimoine biologique. Il s'agit des pratiques viticoles, des forêts monospécifiques de résineux et de certaines pratiques conventionnelles en grandes cultures céréalières qui sont actuellement mises sous surveillance.

Contact : lionel.ranjard@dijon.inra.fr



Source : Dequiedt et al., 2011

Cartographie de la biomasse moléculaire microbienne

Quantité de biomasse microbienne : forte dans les zones H ; faible dans les zones L. Les sous-zones correspondent à de petites zones géographiques présentant des quantités de biomasse moléculaire homogènes et anormalement faibles. Pour la sub-L-zone 3, cela peut s'expliquer par la typologie des sols (sol sableux) et pour la sub-L-zone 1, par la présence de vignoble. À cette échelle, aucune influence du climat ni de la géomorphologie n'est détectable.



Le double rôle de filtre et de dépollution sur les ressources en eau

Situés à l'interface entre la biosphère (lieu de la vie biologique), l'atmosphère et les ressources en eau superficielle ou souterraine, les sols interviennent dans le cycle de l'eau. C'est un lieu de stockage temporaire de l'eau dans lequel les racines puisent leur alimentation. La taille du réservoir de stockage, encore appelé la réserve utile, varie d'un sol à l'autre. Une fois ce réservoir plein, l'eau en surplus alimente les cours d'eau ou s'infiltre vers les ressources souterraines d'eau, les aquifères. Les sols contribuent à la régulation du régime hydrique des cours d'eau. Ils protègent les villes des inondations. Les zones humides y contribuent plus que leur superficie ne le laisse croire. Le maintien de certaines zones humides peut ainsi constituer un enjeu d'aménagement et de préservation d'un territoire.

En Bourgogne, la qualité des ressources en eau reste problématique, tant du point de vue des nitrates que des pesticides. Outre les pressions polluantes exercées par les usages agricoles et viticoles, les territoires bourguignons présentent globalement une grande sensibilité. C'est notamment le cas des plateaux karstiques où le sol peu épais et les fissurations du calcaire ne filtrent pas les contaminations. Mais **même en milieu moins vulnérable comme les limons profonds, la présence de pesticides dans un grand nombre de nappes souterraines témoigne de l'épuration imparfaite des sols et de l'ampleur des pressions polluantes.**

Que deviennent les contaminants dans le sol ? Du fait de son activité microbienne, le sol n'est pas un milieu inerte vis-à-vis de molécules complexes comme les pesticides. Les micro-organismes participent à la dégradation active de certains polluants. L'épuration est conditionnée par la perméabilité du sol, sa teneur en matière organique et son activité biologique. Mais les mécanismes de biodégradation ne sont pas systématiques. Les polluants peuvent être stockés ou absorbés par le complexe organo-minéral du sol (matière organique associée à des particules minérales telles que les argiles et limons) puis relâchés dans le milieu selon des mécanismes encore peu compris : **les sols peuvent fonctionner comme puits ou source de polluants.** Mais in fine, les sols ont plutôt un effet bénéfique de dépollution, à condition de ne pas être trop contaminés.

Témoignages



L'étude des sols, un préalable pour la protection des bassins d'alimentation des captages

Dominique Jauffret, hydrogéologue au Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)

La protection d'un captage peut concerner une surface de plusieurs milliers d'hectares. Sur une telle surface, les sols peuvent montrer une variabilité importante : sols perméables ici avec une plus ou moins grande vitesse de circulation de l'eau au sein de la nappe d'eau souterraine, sols susceptibles de retenir les pollutions un peu plus loin. Aujourd'hui, on prend davantage en compte la nature et l'épaisseur des sols lorsqu'on établit la vulnérabilité des bassins d'alimentation de captage (BAC) et les périmètres de protection des captages, notamment en zone karstique. C'est le but de l'étude hydrogéologique. Cette cartographie plus fine permet de conserver l'activité agricole dans certaines zones, au lieu de classer, par prudence, l'ensemble du BAC en « vulnérable ».

Contact : d.jauffret@brgm.fr



Céline Sagres, animatrice captages à la Chambre d'agriculture de la Côte-d'Or

Au sein d'un BAC, les sols varient entre parcelles mais également à l'intérieur d'une même parcelle, ce qui peut entraîner des différences de pratiques puisque les plantes n'ont pas les mêmes besoins, la flore adventice qui se développe n'est pas la même. L'étude de vulnérabilité permet de prendre en compte ce paramètre. Compte tenu du nombre de captages et de la taille des BAC, il est nécessaire de trouver des solutions pérennes en accord avec les agriculteurs pour maintenir une activité agricole tout en préservant la qualité de l'eau. Pour cela, l'animation agricole et la formation des agriculteurs sont indispensables. Elles aident les agriculteurs à identifier et à mettre en place les solutions les plus efficaces et les plus acceptables économiquement pour leurs exploitations : adaptation des pratiques, allongement de la rotation, réduction d'intrants, remise en herbe...

Contact : celine.sagres@cote-dor.chambagri.fr

L'eau, agent indispensable de la vie des sols

- C'est un agent actif de la **pédogenèse** : sous l'effet de gel/dégel, d'alternance sécheresse/humidité, la roche se fissure, puis éclate.
- C'est aussi un élément important de **cohésion** entre les particules minérales et organiques pour former les agrégats de la texture.
- Elle intervient dans les **réactions chimiques** telles que l'oxydoréduction des cycles des nutriments.
- Elle est nécessaire à l'**alimentation** de tout être vivant, participe à la vie de la faune et de la flore dans et sur le sol.
- C'est grâce à l'eau qui circule dans le sol que les **nutriments** sont rendus disponibles pour alimenter les plantes.

On considère qu'un sol bien structuré est composé, en volume, pour moitié d'éléments sous forme solide, pour un quart d'éléments liquides et pour un quart d'éléments gazeux.

Un précieux réservoir de carbone

Siège de nombreuses activités chimiques et biologiques, **le sol intervient dans le cycle des trois principaux gaz à effet de serre (GES) responsables du changement climatique : le gaz carbonique (CO_2), le protoxyde d'azote (N_2O) et le méthane (CH_4)**. Issues de la décomposition de la matière organique par les micro-organismes, ces molécules simples existantes sous forme de gaz sont soit stockées par la matière organique (par absorption et par réorganisation notamment), soit libérées dans l'atmosphère. L'activité biologique des sols conditionne la capacité des sols à stocker les GES, à fonctionner en « puits ».

Les quantités stockées dans les sols sont importantes : à l'échelle mondiale, les sols pourraient accumuler sous forme de carbone organique l'équivalent d'un quart de nos émissions de CO_2 . On estime qu'en Bourgogne, 773 millions de tonnes de CO_2 seraient stockées dans les 30 premiers centimètres de sols, le tiers étant des sols forestiers.

Mais le processus de stockage de GES peut s'inverser et faire des sols non plus un puits mais une source. Le phénomène de déstockage est une libération massive du gaz piégé dans le sol. C'est le résultat d'une évolution trop rapide de la matière organique, qui peut être due à deux causes majeures :

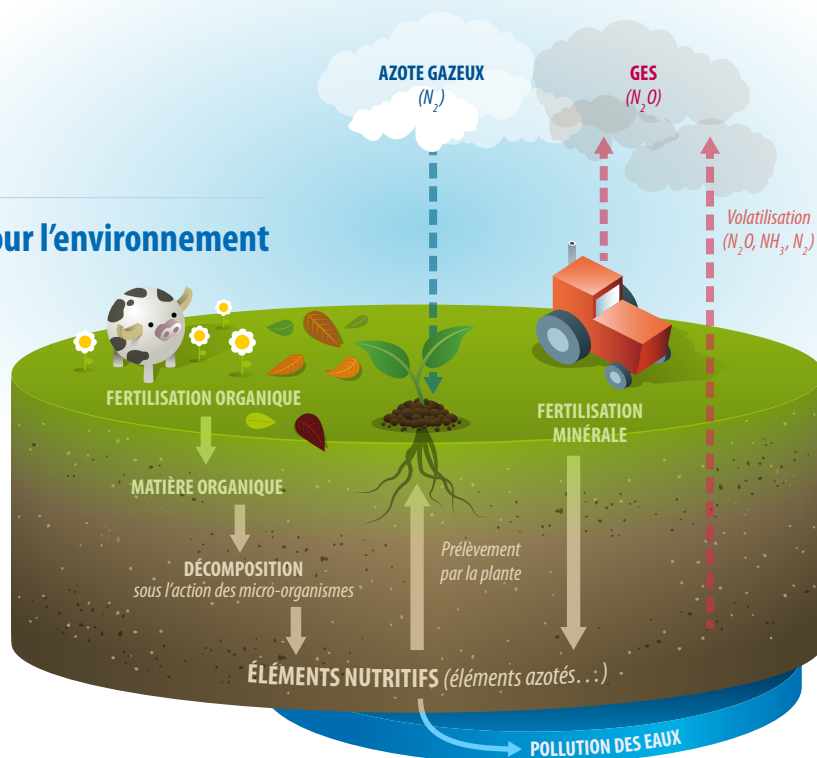
- **Sous l'effet de fortes chaleurs**, la minéralisation de la matière organique s'accélère libérant beaucoup plus de carbone qu'elle n'en fixe.
- **Certaines pratiques agricoles ou forestières**, telles que le retournement de prairies et la déforestation, contribuent à réduire de façon importante le stock de matière organique du sol.

Maintenir une bonne teneur en matière organique contribue à favoriser la séquestration des GES par les sols : enfouissement des pailles après récolte, maintien des prairies, techniques sans labour pour les cultures. L'INRA a montré qu'en France, l'adoption de pratiques favorables pourrait permettre de contrôler 1 à 2 % des émissions de GES.

Pour mieux comprendre

Le cycle de l'azote : son importance pour l'environnement

L'azote est un composant chimique important pour la croissance des plantes. Si une grande partie des apports fertilisants (organiques et minéraux) est absorbée par les végétaux, une autre évolue dans le sol sous l'action de bactéries spécialisées. Elles interviennent dans un nombre important d'étapes de la chaîne de transformation de l'azote. Une partie des nitrates non assimilés se retrouve dans les nappes d'eau souterraine, une autre partie est émise vers l'atmosphère sous forme gazeuse (ammoniac (NH_3), protoxyde d'azote (N_2O), oxydes d'azote (NO_x) ou azote moléculaire (N_2)).



Éclairage



Le non-labour, quels avantages ?

Bernard Nicolardot, enseignant chercheur en agronomie, AgroSup Dijon

Les pratiques culturales qui favorisent le stockage de carbone dans le sol sont de deux ordres : soit elles consistent à augmenter les apports d'amendements organiques (effluents d'élevage, composts...) ou de matières organiques à travers le choix de systèmes de cultures (forêt, prairie, mise en place d'intercultures...) ; soit elles visent à limiter la minéralisation des matières organiques par le travail du sol ou les pertes de sol par érosion (couverture permanente

du sol par exemple). Les techniques culturales sans labour (TCSL), comprenant les techniques de travail superficiel et de semis direct, permettent d'augmenter le stockage de carbone dans les sols en limitant la minéralisation des résidus de culture qui sont progressivement incorporés dans les horizons superficiels du sol. Une expérimentation de longue durée, mise en place en 1970 par Arvalis Institut du végétal, a montré qu'en moyenne 100 kg de carbone sont ainsi stockés par an et par hectare sur une période de 30 ans. Les TCSL en France, en 2004-2005, concernaient un tiers des surfaces de grandes cultures. La motivation des agriculteurs, pour mettre en place ces techniques, repose principalement sur le gain de temps, la diminution des charges de mécanisation et la difficulté de travailler les sols lourds et caillouteux.

Contact : b.nicolardot@agrosupdijon.fr



© Stéphanie Porro - Alterre Bourgogne

UNE RESSOURCE NON RENOUVELABLE À MÉNAGER

Tous les sols ont leurs caractéristiques propres, leurs qualités intrinsèques. Selon les usages qui en sont faits, ces qualités peuvent se maintenir ou se développer, notamment lorsque l'activité biologique est favorisée. À l'inverse, sous l'effet de pressions diverses, les différentes fonctions des sols peuvent s'altérer, entraînant leur dégradation, voire leur destruction.

« Le sol est une ressource limitée [...] qui peut être détruit rapidement à la suite d'actions inconsidérées. Sa reconstitution peut demander des siècles », résume la charte européenne des sols de 1972.

L'histoire des sols, la pédogenèse, raconte leur naissance à partir de l'altération naturelle des roches. Mais des usages et des pratiques inappropriés contribuent à les dégrader à une échelle de temps plus courte. Les fonctions du sol sont affectées, altérées. **La Commission européenne a identifié en 2002 les huit principales menaces qui pèsent sur les sols. Il s'agit de : l'érosion, la diminution des teneurs en matière organique, la contamination, l'imperméabilisation, le tassement, la diminution de la biodiversité, la salinisation, les inondations et les glissements de terrain.**

En Bourgogne, certains sols sont concernés par l'érosion hydrique ou par la diminution de la teneur en matière organique, d'autres par l'imperméabilisation. Quant à la contamination, la forme la plus préoccupante pour les sols est celle d'anciens sites industriels. Ces sites sont référencés. La Bourgogne compte 2 % des sites pollués français faisant l'objet d'une action publique et 1,6 % de sites potentiellement pollués. La contamination par les pesticides, elle, s'exprime surtout dans les ressources en eau.

Un important patrimoine biologique à préserver

Les différentes formes de dégradation dues à l'homme affectent la diversité biologique et la transformation de la matière organique et donc les potentialités de fertilité biologique des sols.

En modifiant la structure et la porosité du sol, le tassement et la compaction des sols contribuent aussi à altérer la biodiversité. La dégradation biologique et le déficit de matière organique enclenchent un cercle vicieux de dégradation :

- les agrégats qui permettent au sol d'avoir de la porosité se tiennent moins bien : les éléments minéraux ont moins de cohésion entre eux ;
- la structure du sol « se ferme », la porosité du sol est moins bonne et le sol « s'asphyxie » ;
- l'eau y pénètre moins bien et ruisselle davantage en surface, entraînant des éléments fins de surface ;
- l'alimentation pour les plantes est moins effi-

ciente ;

- les formes biologiques les plus spécialisées, souvent plus sensibles au changement de milieu, disparaissent, laissant les formes les plus « ubiquistes », souvent pathogènes, envahir les niches écologiques du sol ;
- la diversité biologique diminue, réduisant ainsi la résilience des sols face aux agressions.

Éclairage

Le pilotage des sols en agriculture : analyse chimique, biologique demain ?

Arnaud Vautier, Chambre d'agriculture de la Nièvre

La connaissance des sols est un élément essentiel pour piloter la fertilisation des cultures. On constate une nette évolution des pratiques depuis ces dernières décennies : dans les années 1970 et 1980, les analyses de sol portaient exclusivement sur les propriétés physico-chimiques (texture, teneurs en éléments nutritifs, acidité, matière organique...). Puis, lorsque l'agriculture a cherché à réduire les fuites de nitrate vers les eaux, des campagnes de mesure de reliquats azotés se sont mises en place, d'abord en redémarrage de végétation, mais aussi après récolte. Des essais agronomiques ont également été réalisés pour évaluer la contribution de la minéralisation azotée des agro-systèmes. Ces dernières années, l'activité biologique des sols fait l'objet de nombreuses recherches. Les méthodes d'analyse biologique des sols sont en plein essor. Pour l'instant, des réseaux de comptages « vers de terre » sont organisés avec les agriculteurs et les lycées agricoles, surtout dans un objectif de sensibilisation. Dans 10 ou 20 ans, les mesures biologiques en routine seront disponibles. Elles ouvriront de nouvelles perspectives de progrès. Les retombées porteront sur l'ajustement des intrants aux besoins des cultures et des sols, mais aussi sur l'ensemble des pratiques culturales (travail du sol, apports de matière organique, rotation des cultures) pour une meilleure préservation de l'environnement.

Contact : arnaud.vautier@nievre.chambagri.fr



Mise en œuvre d'un protocole de recensement de vers de terre par des étudiants du lycée agricole de Quetigny-Plombières lès Dijon (21)

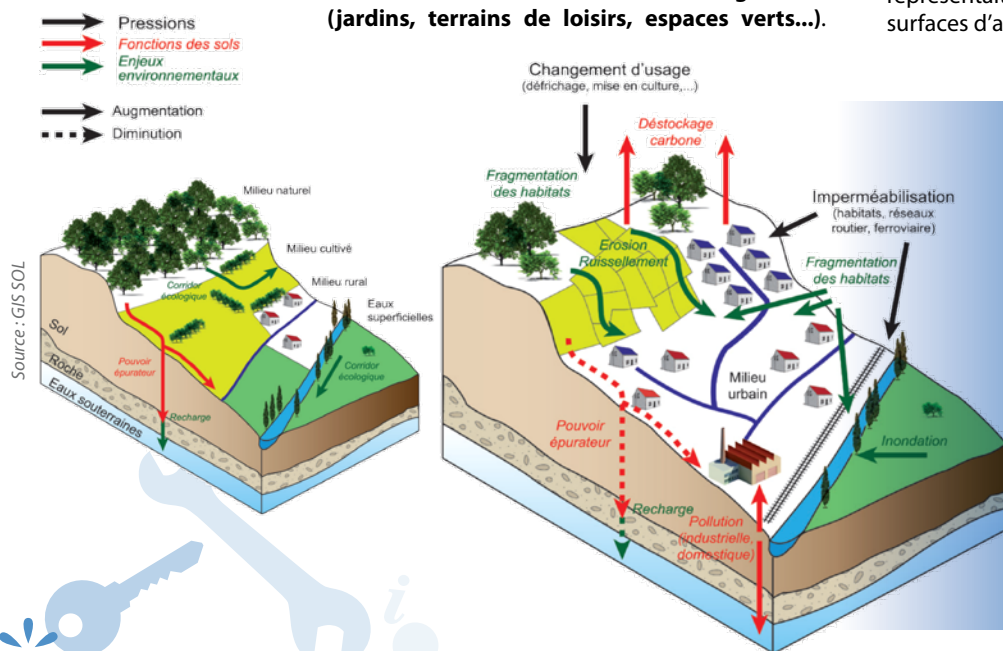
© Lionel Raynaud - EPEA Quetigny

L'artificialisation, premier motif d'inquiétude pour les sols français

Les villes s'étendent essentiellement au détriment des terres agricoles. Selon le ministère en charge de l'environnement, 90 % des sols artificialisés en France entre 2000 et 2006 proviennent de zones agricoles. Entre les deux recensements (2000 et 2010), l'agriculture française enregistre une perte de surface agricole utile de 3,2 % dont 0,7 % en Bourgogne.

L'artificialisation des sols se décompose en deux catégories : les surfaces imperméabilisées (voiries, bâtis) et les surfaces d'agrément (jardins, terrains de loisirs, espaces verts...).

Dans le premier cas, l'imperméabilisation, la perte de sol est irréversible : les surfaces scellées n'ont plus d'activité biologique et n'assurent plus de services écosystémiques. De plus, en scellant les sols, l'imperméabilisation provoque des modifications hydrologiques et contribue aux rejets de polluants dans le milieu. Dans l'autre cas, les surfaces d'agrément, les sols assument encore, malgré les bouleversements subis, des services écologiques (absorption d'eau, filtration...). La direction départementale des territoires de Saône-et-Loire a pu estimer la part relative de ces deux catégories : l'artificialisation du département entre 2005 et 2007 représentait 63 % d'imperméabilisation et 47 % de surfaces d'agrément.



L'effet de l'artificialisation

L'impact de l'urbanisation sur la consommation d'espace n'est pas le même selon que l'extension est le fait d'un tissu urbain continu ou discontinu. Ces deux modalités d'artificialisation peuvent se combiner dans l'espace et dans le temps : les espaces périurbains naturels ou agricoles sont grignotés progressivement au profit des zones urbaines (tissu continu), ou bien l'habitat humain dispersé provoque le mitage des espaces naturels ou agricoles plus distants.

Source : GIS SOL

Quelques pistes pour agir

Paysage de Corton : du terroir au territoire

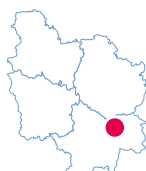


Denis Fetzmann, directeur du domaine Latour, président de l'association Paysage de Corton

En viticulture, le sol est un élément important, très lié à la notion de terroir. Or la préservation des sols et la lutte contre l'érosion nécessitent de prendre en compte une échelle plus large que celle des parcelles du coteau, de comprendre comment celles-ci sont reliées, d'intégrer la présence des différentes entités et de comprendre leur rôle : les bois en sommet de colline, les murets paysagers en milieu et bas de pente, les ouvrages de gestion de l'eau, les pratiques d'entretien des sols, la couverture des sols, etc. L'association Paysages de Corton, créée à l'initiative du domaine Latour en 2011, est née en réaction à un projet de carrière touchant près de la moitié des bois de la colline. Celle-ci entraînerait une forte dégradation du paysage alors que le projet d'inscription de la Côte viticole au patrimoine mondial de l'Unesco se met en place. Mais au-delà de l'objectif de préservation de l'authenticité du paysage, Paysages de Corton constitue aussi et surtout un projet de développement durable qui vise à préserver notre patrimoine et à prendre en compte l'écosystème dans nos façons de travailler. Une quarantaine de domaines, trois municipalités et quatre organismes de défense et de gestion des appellations du territoire de Corton, le Bureau interprofessionnel des vins de Bourgogne (BIVB) et aussi des chercheurs sont impliqués. Et de nombreux partenaires soutiennent l'association dont notamment des collectivités territoriales et des associations environnementales et culturelles. L'association travaille à partir d'ateliers thématiques dont un sur les sols. Nous souhaitons aboutir à une charte des sols axée sur la lutte contre leur érosion et l'amélioration de leur qualité. L'approche est nouvelle pour les viticulteurs, habitués à une démarche de terroir. Avec ce projet, on passe à une démarche plus large de territoire d'environ 1 000 ha, afin de prendre en compte l'ensemble des interconnexions.

En viticulture, le sol est un élément important, très lié à la notion de terroir. Or la préservation des sols et la lutte contre l'érosion nécessitent de prendre en compte une échelle plus large que celle des parcelles du coteau, de comprendre comment celles-ci sont reliées, d'intégrer la présence des différentes entités et de comprendre leur rôle : les bois en sommet de colline, les murets paysagers en milieu et bas de pente, les ouvrages de gestion de l'eau, les pratiques d'entretien des sols, la couverture des sols, etc. L'association Paysages de Corton, créée à l'initiative du domaine Latour en 2011, est née en réaction à un projet de carrière touchant près de la moitié des bois de la colline. Celle-ci entraînerait une forte dégradation du paysage alors que le projet d'inscription de la Côte viticole au patrimoine mondial de l'Unesco se met en place. Mais au-delà de l'objectif de préservation de l'authenticité du paysage, Paysages de Corton constitue aussi et surtout un projet de développement durable qui vise à préserver notre patrimoine et à prendre en compte l'écosystème dans nos façons de travailler. Une quarantaine de domaines, trois municipalités et quatre organismes de défense et de gestion des appellations du territoire de Corton, le Bureau interprofessionnel des vins de Bourgogne (BIVB) et aussi des chercheurs sont impliqués. Et de nombreux partenaires soutiennent l'association dont notamment des collectivités territoriales et des associations environnementales et culturelles. L'association travaille à partir d'ateliers thématiques dont un sur les sols. Nous souhaitons aboutir à une charte des sols axée sur la lutte contre leur érosion et l'amélioration de leur qualité. L'approche est nouvelle pour les viticulteurs, habitués à une démarche de terroir. Avec ce projet, on passe à une démarche plus large de territoire d'environ 1 000 ha, afin de prendre en compte l'ensemble des interconnexions.

Contact : Denis Fetzmann, paysagedecorton@gmail.com ou dfetzmann@louislatour.com



Érosion et coulées de boues : des phénomènes limités en surface, mais aux conséquences importantes

La première cause de perte de terre fine en France est l'érosion due à de fortes pluies. Les ruissellements entraînent les éléments fins ou grossiers de surface qui n'ont pas de cohésion entre eux, comme les sables, les graviers, les limons fins... Le phénomène est aggravé dans le cas de sols pauvres en matière organique. En effet, la matière organique est un ciment pour les particules minérales du sol, qui s'agrègent avec les particules organiques. **Sont aussi concernés les sols nus et en pente, principalement les sols viticoles et les sols battants***. Le type de couverture du sol (enherbé, cultivé ou au contraire nu) et l'aménagement de l'espace (maillage de haies, de fossés, de murets...) jouent un rôle majeur sur les risques d'érosion et la perte de sol. Outre le préjudice sur les aménagements de bas de pente (dégâts sur voiries, sur bâtis), une des conséquences de ces ruissellements excessifs est la turbidité des eaux destinées à l'alimentation.

* La **battance** est un phénomène de surface. Sous l'action des pluies, certains sols forment une croûte, les éléments fins se délitent des agrégats et sont entraînés par le ruissellement des eaux.

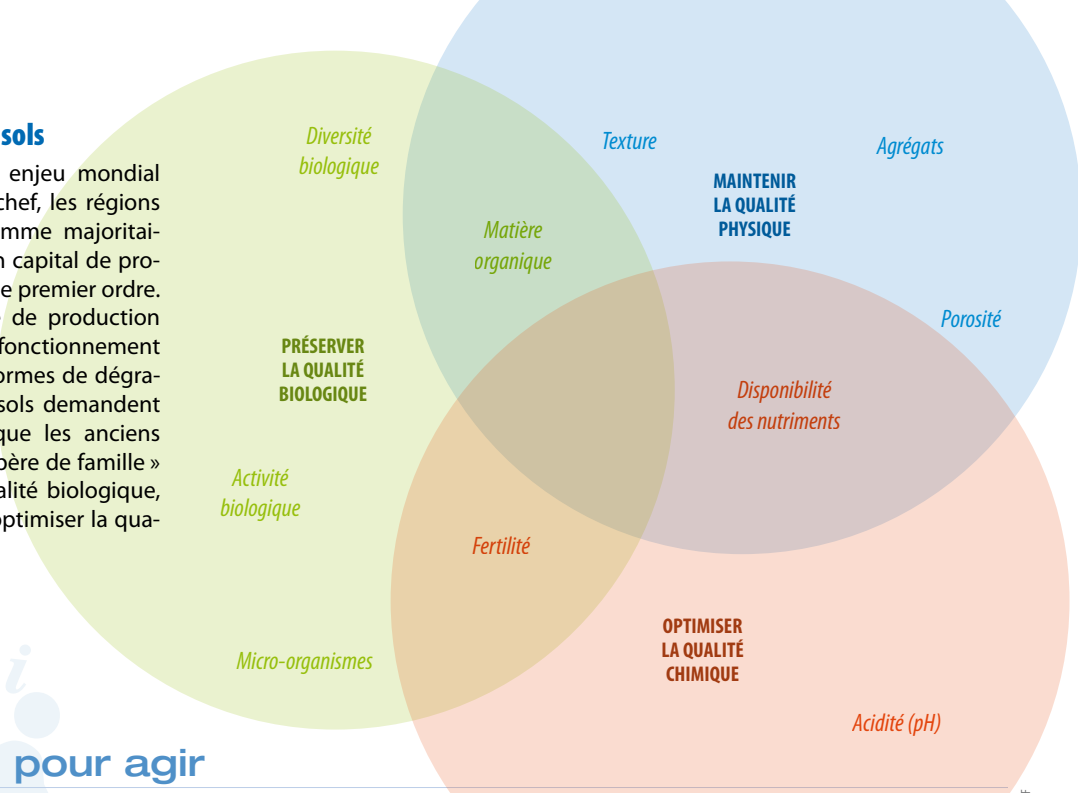


Vers une gestion durable des sols

La préservation des sols est un enjeu mondial même s'il concerne, au premier chef, les régions subtropicales. En Bourgogne, comme majoritairement en France, les sols sont un capital de production alimentaire et forestière de premier ordre. La préservation de leur capacité de production passe par l'optimisation de leur fonctionnement et la lutte contre les différentes formes de dégradation. À l'échelle régionale, les sols demandent aussi une gestion durable, ce que les anciens appelaient « une gestion en bon père de famille » et qui consiste à préserver la qualité biologique, maintenir la qualité physique et optimiser la qualité chimique des sols.



Quelques pistes pour agir



Aménagement urbain

Aménager les espaces non imperméabilisés : le maintien, même partiel, de surfaces enherbées (aires de jeux, noues, végétalisation des parkings...) contribue à atténuer l'engorgement des stations d'épuration en absorbant une partie des pluies. Le sol « naturel » peut jouer son rôle de filtre vis-à-vis de contaminants entraînés par les eaux de pluie.

La gestion raisonnée de l'artificialisation tient compte de la continuité fonctionnelle et écologique entre les sols : continuité hydrique, couloirs de biodiversité... Adapter les usages à la spécificité des sols permet de valoriser leurs potentialités et d'éviter les dégradations.

Introduire des critères agronomiques des sols dans les plans locaux d'urbanisme (PLU) ou lors d'opérations d'aménagement d'infrastructure permettrait de mieux tenir compte de la vocation des sols, au-delà d'une simple répartition spatiale des activités urbaines.



Viticulture

Enherber les vignes : l'enherbement sur les rangs de vigne limite le ruissellement des pluies et l'entraînement des pesticides ; il favorise l'activité biologique.

Entretenir les murets : de construction ancienne, ils arrêtent les écoulements de boue à mi-pente, préservent les infrastructures de bas de pente et agrémentent le paysage.



Agriculture

L'agriculture durable (allongement des rotations, maîtrise des intrants) se résume par le slogan « moins d'intrants, plus d'agronomie ». Elle favorise une pleine activité biologique des sols qui pourra ainsi assurer au mieux ses fonctions (épuration, nutrition, minéralisation de la matière organique...).

Maintenir un taux de matière organique suffisant contribue au stockage du carbone et donc à la lutte contre le réchauffement climatique. Cela permet aussi de limiter les phénomènes de battance synonymes d'érosion des sols et de préserver la structure et la porosité du sol.



Forêt

Favoriser la minéralisation de l'humus, donc l'enrichissement du sol, passe par la réalisation de coupes sélectives, ce qui permet au sol de bénéficier de la lumière.

Protéger le sol lors des exploitations implique la création de cloisonnements d'exploitation : petits chemins sur lesquels circulent les engins d'exploitation et de débardage, et sur sols fragiles (humides, frais, limoneux, argileux...), l'exploitation et le débardage en période sèche.

Diversifier les essences entraîne l'enrichissement de l'humus puis des sols, après sa dégradation.



Références documentaires

- **L'épuisement de la terre : l'enjeu du XXI^e siècle.** Daniel Nahon. Éditions Odile Jacob, 2008
- **Sous les pavés, la terre : connaître et gérer les sols urbains.** Claude Cheverny, Chantal Gascuel. Omniscience, 2009
- **Sol : interface fragile.** Pierre Stengel, Sandrine Gelin. INRA Éditions, 1998
- **Sols et sociétés : regards pluriculturels.** Rabah Lahmar, Jean-Pierre Ribaut. Éditions Charles Léopold Meyer, 2001
- **Le sol.** Dossier INRA mensuel, janvier 2009
- **L'état des sols de France.** GIS SOL, 2011
- **Le sol, épiderme vivant de la Terre.** Comité national français de l'Année internationale de la planète Terre, 2007
- **Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?** Expertise scientifique collective. INRA, 2002
- **Les sols : des fonctionnalités à mieux connaître pour mieux les utiliser et les préserver.** Rapport technique. Alterre Bourgogne, juin 2012
- **Dégradation du sol et développement durable en Europe, ayons les pieds sur terre : un défi pour le XXI^e siècle.** Agence de l'environnement européenne, 2002
- **Les sols pour l'avenir de la planète Terre.** Alain Ruellan, Roland Poss. AFES, février 2008
- **La vie cachée des sols.** Ministère du Développement durable, 2010
- **European atlas of soil biodiversity. Atlas européen de la biodiversité des sols.** Commission européenne, 2010

SITES INTERNET

- **Association française pour les sols (AFES) :** www.afes.fr
- **Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) :** www.brgm.fr
- **GIS SOL :** www.gissol.fr/gissol/gissol.php
- **Ademe,** page « Sites pollués et sols » : www.est-testnet.net/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12620
- **GESSOL :** www.gessol.fr

Sur www.alterre-bourgogne.fr



Les sols : thème des Journées de l'ERE 2012

Les sols sont le thème des Journées de l'éducation relative à l'environnement 2012-2013. Organisées par Alterre dans le cadre du Système de formation de formateurs à l'éducation relative à l'environnement (SFFERE), ces journées ont pour vocation d'inciter les enseignants et les animateurs à monter des projets et des opérations de sensibilisation sur un thème donné avec leurs publics. Un guide pédagogique sur les sols, contenant notamment des fiches-activités, sortira bientôt. Et le dernier numéro de Souffle d'ERE, la revue consacrée à l'éducation à l'environnement et au développement durable en Bourgogne consacre cinq pages au thème des sols. (Pour recevoir un exemplaire papier, écrire à contact@alterre-bourgogne.org)

ment des fiches-activités, sortira bientôt. Et le dernier numéro de Souffle d'ERE, la revue consacrée à l'éducation à l'environnement et au développement durable en Bourgogne consacre cinq pages au thème des sols. (Pour recevoir un exemplaire papier, écrire à contact@alterre-bourgogne.org)



Protection de captages d'eau potable : des pistes pour agir

Des fiches expériences sur la protection de captages d'eau potable en Bourgogne ont été réalisées par Alterre, en collaboration avec l'Agence de l'eau Seine-Normandie. L'objectif de ces fiches est de capitaliser des informations variées sur des projets à partir d'expériences vécues : déroulé des opérations, ressources nécessaires, difficultés rencontrées, éléments de reproductibilité, etc. Sont ainsi disponibles :

- Accompagner les changements de pratiques agricoles : l'expérience de Boux-sous-Salmaise,
 - La reforestation pour reconquérir la qualité de l'eau à Villaines-les-Prévôtes,
 - Réduction des phytosanitaires par les communes : l'engagement de Villeneuve-la-Guyard,
 - Reboisement par parrainage : l'expérience de Pouques-Lormes,
 - Saints-en-Puisaye : une implication locale forte pour la reconquête du captage,
 - Auxerre cherche à innover dans la recherche de débouchés locaux.
- Un guide pratique de 16 pages *Protection des captages d'eau potable, préservation de la ressource en eau : comment passer à l'action ?* corédigé avec l'Agence de l'eau Seine-Normandie et publié en janvier 2011 est également accessible en ligne.

REMERCIEMENTS

Alain Chiffaut, Marc Dufumier (AgroParis Tech), Bernard Nicolardot (AgroSup Dijon), Claire Pernet et Christine Monnamy (BIVB), Dominique Jauffret (BRGM), Céline Sagres et Anne Hermant (Chambre d'agriculture de la Côte-d'Or), Arnaud Vautier (Chambre d'Agriculture de la Nièvre), Marie-Cécile Deconninck (CRPF), Dominique Degueurce (DRAAF Bourgogne), Denis Fetzmann (Domaine Latour, Association Paysage de Corton), Lionel Ranjard (INRA), Jean-Pierre Garcia (Université de Bourgogne).

repères

Périodique d'Alterre Bourgogne

Agence régionale pour l'environnement et le développement soutenable en Bourgogne
9 boulevard Rembrandt - 21000 Dijon
Tél. : 03 80 68 44 30 - Fax : 03 80 68 44 31
Courriel : contact@alterre-bourgogne.org
Site Internet : www.alterre-bourgogne.fr

Directeur de la publication : Jean-Patrick Masson
Rédaction : Hélène Toussaint
Ont également collaboré : Nadège Austin, Aurélie Berbey, Stéphanie Porro, Valérie Trivier.

Design graphique : 1 égal 2 - www.1egal2.com
Imprimé par ICO Imprimerie, Dijon
sur papier certifié PEFC
Dépôt légal 3^e trimestre 2011
ISSN : 1957-1798



Avec le concours financier de :



La reproduction des informations contenues dans REPÈRES est autorisée, à condition d'en mentionner la source et l'origine. Alterre Bourgogne demande à toute personne utilisant ou reproduisant ces informations dans un document de bien vouloir lui en adresser un exemplaire.