



HAL
open science

Récolithe et sol : l'interface entre lithosphère et atmosphère

Robert Wyns, Sophie Cornu, Caroline Prognon

► **To cite this version:**

Robert Wyns, Sophie Cornu, Caroline Prognon. Récolithe et sol : l'interface entre lithosphère et atmosphère. *Géosciences*, 2014, 18, pp.8-15. hal-01075128

HAL Id: hal-01075128

<https://brgm.hal.science/hal-01075128>

Submitted on 16 Oct 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Le régolithe, espace de transition entre roche (domaine d'étude des géologues) et sol (domaine d'étude des pédologues), comprend généralement un profil d'altération (« régolithe autochtone ») éventuellement surmonté de sédiments continentaux (« régolithe allochtone » : terrains alluviaux, éoliens, colluviaux, glaciaires, lacustres...). Sol et profil d'altération sont régis par des dynamiques propres ayant des constantes de temps différentes. Ils sont le siège de nombreuses ressources essentielles à la vie et doivent être mieux compris et protégés.

La saprolite d'un profil latéritique en France (Saint-Cyr-des-Gâts, Vendée).

Saprolite in a lateritic paleoprofile in France (Saint-Cyr-des-Gâts, Vendée).

© R. Wyns.



Régolithe et sol : l'interface entre lithosphère et atmosphère



Robert Wyns

GÉOLOGUE-EXPERT EN GÉOLOGIE DES ALTÉRATIONS
BRGM ORLÉANS, DIRECTION DES GÉORESSOURCES
r.wyns@brgm.fr

Sophie Cornu

PÉDOLOGUE
INRA GSE, AIX-EN-PROVENCE
sophie.cornu@aix.inra.fr

Caroline Prognon

GÉOLOGUE
BRGM ORLÉANS, DIRECTION DES GÉORESSOURCES
c.prognon@brgm.fr

L'altération

L'altération est un processus de changement minéralogique, chimique et physique d'une roche dû à l'action de l'eau. Ce phénomène tend à mettre la roche en équilibre avec l'eau qui la baigne ou la traverse, au moyen de réactions constituant ce que l'on appelle « l'interaction eau-roche ». La roche résultante, appelée « altérite », a une composition différente de la roche originelle, différence d'autant plus prononcée que la durée de fonctionnement du profil aura été longue.

Il existe deux grandes familles d'altérites, celle résultant de l'altération « soustractive », où le bilan de l'altération correspond à la perte nette de matière par dissolution, et celle résultant de l'altération « additive », où le bilan de l'altération correspond à un gain net de matière par précipitation. Ces deux familles d'altérites seront examinées successivement, ainsi que leurs mécanismes et les « forçages » qui les contrôlent.

L'altération soustractive

L'un des principaux mécanismes de l'altération soustractive correspond à l'hydrolyse des minéraux primaires de la roche originelle, c'est-à-dire la « cassure » des liaisons ioniques liant les atomes entre eux au sein des cristaux sous l'action des ions H⁺ et OH⁻ provenant de la dissociation des molécules d'eau. L'énergie d'activation nécessaire pour briser

les liaisons ioniques peut être chimique ou thermique. Une fois les liaisons les plus fragiles brisées, les éléments chimiques les plus solubles libérés passent en solution dans l'eau si celle-ci n'est pas saturée vis-à-vis de ces éléments, et sont évacués vers l'aval par l'écoulement de l'eau. Les éléments les moins solubles restent sur place et se recombinaient pour former de nouveaux minéraux, qui restent stables tant qu'ils sont en équilibre avec la composition de l'eau. L'altération soustractive conduit à la formation de minéraux argileux, d'hydroxydes et d'oxydes, en remplacement de la roche originelle, et à la création de vides, dont la taille va de la microporosité à des conduits de type karstique. L'eau circulant de haut en bas modifie d'abord le haut du profil, et s'enrichit en éléments dissous au fur et à mesure de son approfondissement. En un même lieu la composition de l'eau s'appauvrit au cours du temps, de sorte que des minéraux secondaires (argiles néoformées) deviennent à leur tour instables et se transforment en d'autres minéraux appauvris en éléments chimiques. Dans les roches alumino-silicatées, l'évolution du profil conduit *in fine* à la formation d'un seul type d'argile, la kaolinite, qui reste stable tant que de la silice figurée (quartz, silex) est encore présente. Si celle-ci est absente ou a été dissoute, la kaolinite devient à son tour instable : elle perd sa silice et recristallise en gibbsite, qui est l'un des principaux minéraux d'aluminium (bauxite).

D'un point de vue géochimique, l'altération soustractive provoque l'appauvrissement par lessivage des éléments en fonction de leur solubilité (du plus soluble au moins soluble : K, Na, Mg, Ca, Si). Le résultat est un « profil d'altération », constitué d'une roche meuble à dominante argileuse, la « saprolite » (*photo page d'entrée*), dont la composition varie de haut en bas : les éléments les moins solubles (Al, Fe) sont concentrés différemment au sommet du profil, tandis que vers le bas la composition chimique se rapproche graduellement de celle de la roche parente. La saprolite atteint couramment plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, voire plus de cent mètres. La saprolitisation d'un granite donne une arène granitique.

Sur les roches alumino-silicatées les profils d'altération soustractive sont appelés généralement profils latéritiques ; sur roches sédimentaires ils donnent des argiles kaoliniques, des argiles à silex, des sables, de la *terra rossa*...

Le sommet des profils latéritiques peut comporter une cuirasse ferrugineuse (*figure 1*), bauxitique, ou mixte. Cette cuirasse est due à la déshydratation en sommet de profil, en saison sèche, des hydroxydes de fer (goéthite) ou d'alumine (gibbsite) et leur recristallisation en minéraux moins hydratés à plus forte cristallinité (hématite et boémite).

“ Il existe deux grandes familles d'altérites, celle résultant de l'altération « soustractive » et celle résultant de l'altération « additive ».

Fig. 1 : Cuirasse latéritique dégagée par l'érosion, Burkina Faso.

Fig. 1: A lateritic iron crust uncovered by erosion, Burkina Faso.

© R. Wyns.





Fig. 2 : L'horizon fissuré dans les granites altérés est caractérisé par la présence de fractures horizontales : c'est le principal aquifère exploité dans les régions granitiques (Pontaubert, vallée du Cousin, Morvan).

Fig. 2: The fissured layer of weathered granites is characterized by horizontal sheeting: it is the main aquifer exploited in granitic areas (Pontaubert, Cousin Valley, Morvan).

© R. Wyns.

Dans certaines roches plutoniques, volcaniques, ou métamorphiques, le profil d'altération ne se limite pas à la saprolite et à son éventuelle cuirasse : la roche dure sous-jacente, paraissant saine, est en fait parcourue par un intense réseau de fissures dont la densité décroît du haut vers le bas : c'est l'horizon fissuré, dont l'épaisseur est environ le double de celle de la saprolite. Ces fissures résultent des contraintes engendrées par le gonflement des minéraux (principalement la biotite, les pyroxènes et l'olivine) au stade précoce de l'altération. Ces fissures augmentent de façon exponentielle les surfaces réactives et préparent la transformation de la roche en saprolite. Dans les granites, ces fissures ont une géométrie horizontale caractéristique (*figure 2*). L'horizon fissuré constitue le principal aquifère dans les régions de socle cristallin, avec une capacité de stockage de un à plusieurs millions de m³ par km². Il peut également constituer, lorsqu'il est enfoui et recouvert de roches imperméables, un réservoir pétrolier (pétrole ou gaz) : de nombreux gisements d'hydrocarbures de ce type sont ou ont été exploités dans différentes régions du monde.

L'altération additive

Le principal mécanisme des altérations additives est la précipitation en zone vadose (espace situé entre la surface du sol et le sommet de la nappe phréatique) de minéraux à partir d'eau souterraine chargée en éléments dissous, l'évapotranspiration provoquant l'augmentation des concentrations jusqu'au stade de la saturation. Ces altérations produisent des dépôts de nature variée, souvent sous forme de cuirassements : dépôts siliceux (silcrètes et meulrières), carbonatés (calcrètes et dolocrètes), sulfatés (gypse et gypcrètes), chlorurés (chlorures de sodium et de potassium). Les profils d'altération additive ont une épaisseur de un mètre à une dizaine de mètres en général, et peuvent alterner avec des sédiments.

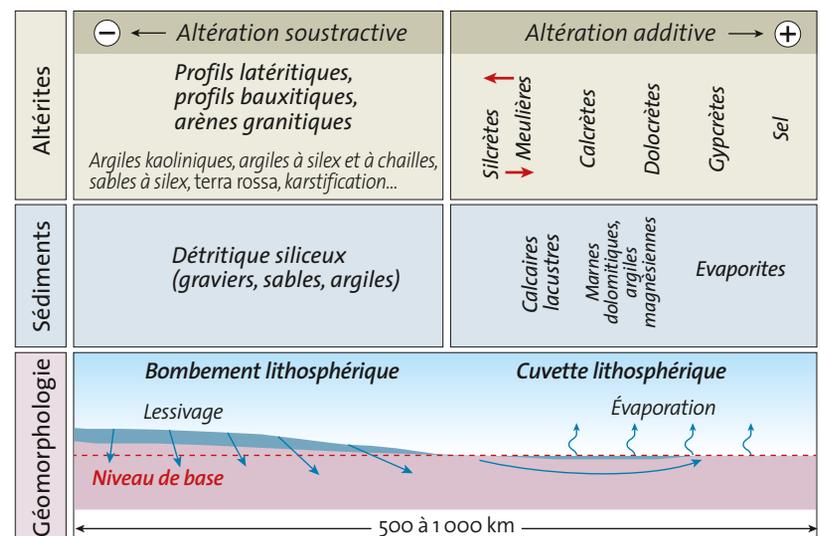
“L'altération additive produit des dépôts de nature variée, souvent sous forme de cuirassements.”

L'altération soustractive nourrit l'altération additive : rôle des déformations lithosphériques, rôle du climat

Pour qu'un profil d'altération soustractive puisse fonctionner, il faut que l'eau soit en permanence sous-saturée vis-à-vis des minéraux de la roche, donc qu'elle puisse s'écouler latéralement après avoir interagi avec la roche. Par ailleurs, la pente moyenne de la surface du sol doit être faible pour éviter le ruissellement et permettre à l'eau de s'infiltrer. Les profils d'altération soustractive se développent donc dans des zones hautes et plates du paysage (*figure 3*),

Fig. 3 : Organisation spatiale des différents types d'altération et des sédiments associés en fonction des grandes unités morphotectoniques intracontinentales (modifié de Wyns, 2002).

Fig. 3: Spatial organisation of the various types of weathering and their associated sediments depending on the major intracontinental morphotectonic units (modified from Wyns, 2002).





généralement liées à des déformations des lithosphères continentales (flambage lithosphérique en contexte compressif, épaulements de rifts, *doming* lié à un point chaud). À l'opposé, un profil d'altération additive ne peut se développer que lorsque la surface de la nappe phréatique est proche de la surface du sol, ce qui permet l'évapotranspiration : ce type de configuration se retrouve dans les points bas du paysage, soit à proximité des côtes, soit dans de grandes dépressions intracontinentales comme le Tchad ou le centre de l'Australie, ou bien dans les dépressions endoréiques. Les sels minéraux qui précipitent au cours de l'altération additive sont donc alimentés par les dissolutions qui ont lieu dans les zones soulevées périphériques, souvent à des centaines ou des milliers de kilomètres.

Le climat ne joue donc pas un rôle fondamental dans le sens (additif ou soustractif) de l'altération. Dans l'altération soustractive, il contrôle l'épaisseur des différents horizons, la vitesse d'approfondissement, et la présence ou l'absence de cuirasse. Dans l'altération additive, il contrôle le débit pompé par évapotranspiration, le fonctionnement n'étant possible que si le bilan évapotranspiration/pluviométrie est positif (ce qui explique la présence d'altérations additives dans la cuvette désertique du Tchad et leur absence dans celle, humide, du Congo).

Le sol, une interface fragile

Le sol est la zone supérieure de la croûte terrestre dans laquelle les matériaux géologiques sont en interaction avec les organismes vivants et le climat sur des périodes de temps plus ou moins longues. La durée de ces interactions dépend notamment de l'érosion.

► DIFFÉRENTES ACCEPTIONS DU MOT SOL

- **Sens commun** : le sol sur lequel on marche, qu'il soit naturel ou artificiel.
- **En géotechnique** : un « sol » est une roche meuble, par opposition à une « roche », qui est une roche indurée.
- **En agronomie** : c'est la partie sommitale du sol des pédologues, zone meuble d'exploration des racines et d'alimentation des cultures.
- **En pédologie** : c'est la partie sommitale, plus ou moins meuble, de la lithosphère, formée de minéraux, d'air, de matières organiques et d'organismes vivants et caractérisée par ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. ■

Le sol se différencie de l'altérite sous-jacente aux dépens de laquelle il se développe par : (i) la présence de matières organiques (débris végétaux, micro-organismes...) ; (ii) son organisation, caractérisée par une porosité de grande taille linéaire (fentes liées à des alternances humectation-dessiccation, gel-dégel) ou tubulaires (canaux des racines, de vers de terre, de termites ou de fourmis notamment), et par de nombreuses structures de mélange du fait du gel (cryoturbation) ou des organismes vivants (bioturbation). La diversité des matériaux parentaux (roches et altérites) et des climats est responsable de la diversité des sols (*figure 4*) dont l'épaisseur peut aller de quelques dizaines de centimètres, voire quelques centimètres dans les zones désertiques ou très pentues, à plusieurs mètres dans les zones intertropicales forestières.

Difficulté d'établir l'âge et les vitesses d'évolution des sols

Selon leur âge, les sols peuvent être homogènes sur toute leur profondeur (sols jeunes peu développés ou au contraire sols très vieux, très évolués) ou

Fig. 4 : Illustration de la diversité des sols :

1. **Sol brun calcaire (Cambisol)**
© M. Jamagne.
2. **Sol ferralitique (Ferralsol)**
© M. Jamagne.
3. **Sol caractérisé par l'altération des minéraux par complexation par des acides organiques (Podzol)**
© M. Jamagne.
4. **Sol peu évolué (Rendzine ou Leptosol)**
© M. Jamagne.
5. **Sol lessivé dégradé (Albeluvisol)**
© D. Montagne.

Fig. 4: Example of soil diversity:

1. A brown, calcareous soil (Cambisol)
2. A ferralitic soil (Ferralsol)
3. Soil characterized by the weathering of minerals by organic acid complexation (Podzol)
4. Weakly developed mineral soil (Rendzina or Leptosol)
5. A degraded leached soil (Albeluvisol)





constitués de volumes de sol différant par leur couleur (déterminée par les matières organiques, et les oxydes de fer ou de manganèse), ou par leur structure. Si l'âge des sols est un paramètre clé de leur développement, il est difficile à estimer. Les datations permettent de borner l'âge des matériaux parentaux, mais les sols peuvent s'être développés largement après leur formation. Classiquement l'âge des sols est considéré comme étant de plusieurs milliers d'années. Des séquences de sols développés sur des dépôts d'âges connus (terrasses alluviales, moraines glaciaires, dépôts volcaniques) permettent aussi de contraindre ces âges. Ces approches ont mis en évidence des âges de quelques dizaines à une centaine d'années pour le développement d'horizons caractéristiques dans certains types de sols. Des évolutions des argiles des sols sont observées sur quelques mois. Ainsi les sols sont des matériaux très réactifs et ce, aussi bien dans leur composante organique que minérale.

Usage des sols et risques anthropiques

Les sols sont depuis des millénaires exploités par l'homme pour ses diverses activités. Ils lui permettent de se nourrir, se chauffer, bâtir et se vêtir grâce à la production végétale qu'ils supportent. Ils ont aussi une fonction d'épuration des déchets (agricoles : lisiers ; urbains : eaux usées, composts d'ordures ménagères, boues de station d'épuration ; ou industriels : industries agro alimentaires) ; de support pour les constructions (bâtiments, routes, aéroports...) ; d'archives (archéologiques...), et de réserve de biodiversité. Ils régulent les échanges gazeux avec l'atmosphère, stockent le carbone organique et ont un rôle majeur dans la régulation des gaz à effet de serre et du climat. Par exemple, les sols arctiques, gelés depuis des millénaires (pergélisols), contiennent de grandes quantités de matières organiques. Leur fonte, due au réchauffement global, permet la biodégradation du carbone organique et provoque la libération massive de CO₂ et de méthane, amplifiant ainsi le réchauffement.

L'augmentation de la population transforme nombre de ses activités en menaces pour les sols. On pense à leurs pollutions par des épandages chargés en métaux autour de la plupart des mégapoles du tiers monde, ou en France dans les années 1970 (zone d'épandage des eaux d'Achères) ; à l'acidification rapide et massive des sols chinois suite à l'utilisation intensive d'engrais azotés par l'agriculture ; à la perte de l'équivalent d'un département français en terres agricoles tous les dix ans en France du fait des constructions ; à la perte en matières organiques des sols, du fait de la diminution des restitutions organiques. Ces exemples

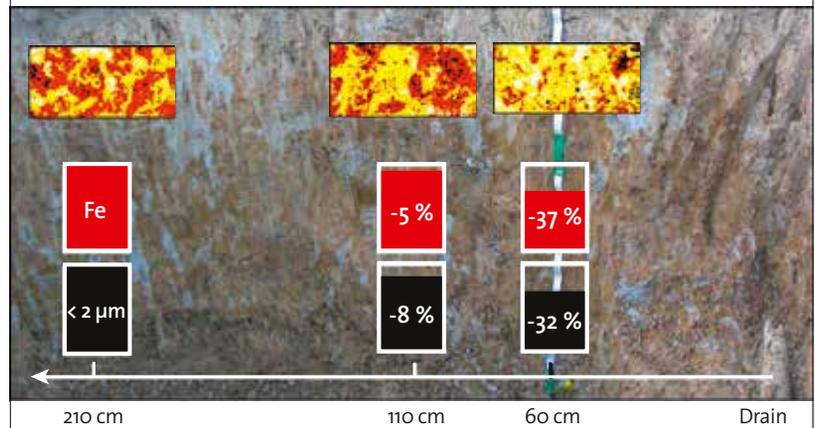
▶ QUELLE ÉVOLUTION DES SOLS POUR DEMAIN ?

Sophie Cornu – Inra GSE – sophie.cornu@aix.inra.fr

David Montagne – Inra/AgroParisTech EGC – david.montagne@agroparistech.fr

Des travaux récents ont montré la rapidité de la réponse à des pratiques et aménagements agricoles d'un type de sol très largement répandu en Europe : les albeluvisols (sols lessivés dégradés). Représentant 20 % des sols européens, les albeluvisols sont très largement mis en valeur par l'agriculture du fait de leur fort potentiel agronomique. Sous les climats humides d'Europe, ces sols souffrent toutefois d'excès d'eau hivernaux allant parfois jusqu'à leur engorgement/ennoiment dès la surface. Pour limiter cette contrainte à la mise en culture, ils font généralement l'objet d'un drainage enterré, pratique connue au moins depuis l'Antiquité romaine, dont l'objectif consiste à évacuer artificiellement les excès d'eau par l'intermédiaire, de nos jours, de tuyaux implantés dans le sol. Les transferts d'eau au sein des sols augmentent alors en quantité et en vitesse. Nous avons montré qu'en une quinzaine d'années de drainage, cette intervention humaine avait conduit à des exportations irréversibles de fer et d'argiles représentant, sur des distances d'un mètre de part et d'autre des drains, jusqu'à près de 30 % des stocks initialement présents dans les sols (figure).

Ces résultats démontrent l'existence d'évolutions rapides des sols suite à une action anthropique. En outre, si le drainage induit ici une modification localisée des conditions hydriques du sol, le changement climatique à venir est susceptible de produire des modifications du régime hydrique de même amplitude, mais généralisées à de grands territoires. Ainsi, les activités humaines et le changement climatique global sont responsables d'évolutions significatives et plus ou moins réversibles des sols qu'il est nécessaire de prendre en compte pour une gestion durable de l'environnement. ■



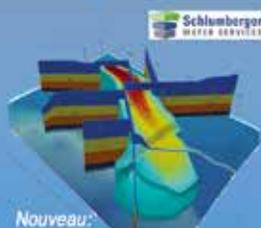
▲ Un exemple d'évolution rapide des sols sous contraintes anthropiques : impact de seize années de drainage sur l'évolution morphologique d'un albeluvisol et sur les exportations associées de particules de taille inférieure à 2 μm et de fer. Les rectangles de couleur correspondent au résultat du traitement d'image des sections de sol, ayant servi à calculer l'évolution latérale des volumes de sol. L'exportation du fer et des particules fines augmente quand on se rapproche du drain (situé en bas à droite de la photo).

An example of rapid soil evolution under anthropic driving-force: the impact of 16 years of soil drainage on the morphological evolution of an albeluvisol and on the export of soil particles smaller than 2 μm and of Fe. The colored rectangles correspond to the results of image processing for portions of the soil that were used to compute the lateral evolution of the soil volumes. The export of iron and of fine particles increases as one nears the drain (seen in the lower righthand corner of the photo).

La fiabilité de vos diagnostics environnementaux dépend de vos outils !



CTD-Diver



Nouveau:
Logiciel Visual Modflow Flex



Humidimètres sols et matériaux



Stations météo GPRS



Tarières & Carottiers



Solutions technologiques pour l'environnement

SDEC France - ZI. de la Gare - BP 27 Tauxigny - 37310 Reignac sur Indre - France
Tel: 02 47 94 10 00 - Fax: 02 47 94 17 13 - e-mail: info@sdec-france.com

Découvrez nos équipements sur:
www.sdec-france.com

Publicité

montrent la fragilité des sols vis-à-vis des phénomènes naturels ou anthropiques, auxquels il faut ajouter la salinisation, l'érosion et les pollutions organiques. On connaît moins bien l'action des pratiques agricoles sur l'évolution des sols à l'échelle d'une dizaine d'années. Ces évolutions peuvent être bénéfiques ou néfastes. Par exemple, la mise en culture avec le chaulage qui l'accompagne le plus souvent ralentit la dégradation des sols, processus géochimique de perte de fer et d'argile, alors que des aménagements agricoles, comme le drainage, l'accélèrent localement (*encadré page précédente*). Les sols sont nécessaires à notre développement et nos activités influencent considérablement leur évolution, il est donc urgent de prendre en compte ces évolutions afin de s'assurer que, sur le long terme, les sols continueront de remplir leurs fonctions.

Profil d'altération et profil pédologique : deux concepts à distinguer

Comme nous l'avons vu plus haut, les principales différences entre sol et profil d'altération tiennent aux constantes de temps des phénomènes. Les profils d'altération sont contrôlés au premier ordre par les déformations lithosphériques, celles-ci ayant des durées de l'ordre de plusieurs dizaines de millions d'années, tandis que les sols s'adaptent en temps réel aux changements climatiques et aux activités humaines *via* le couvert végétal et l'occupation du sol, avec des

constantes de temps de l'ordre de la centaine à quelques milliers d'années. En France métropolitaine par exemple, les sols actuels sont établis, pour plus des deux tiers du territoire, sur différents horizons d'anciens profils latéritiques d'âges variés, les plus anciens étant d'âge carbonifère. Ces sols héritent des propriétés physiques et chimiques des horizons d'altération sur lesquels ils sont établis, l'occupation du sol pouvant modifier en quelques dizaines d'années les caractéristiques « naturelles » de ces sols.

Un profil d'altération est d'une certaine manière irréversible : un granite, une fois transformé en arène argileuse, ne peut se retransformer en granite par un processus d'altération. Un sol peut dans certaines limites être réversible (sur plusieurs générations), sauf si sa dégradation entraîne la perte de sa phase argileuse.

Les concepts de sol et de profil d'altération doivent donc être distingués. Dans les profils d'altération, le terme de « sol » s'applique uniquement à la partie sommitale du profil où est implantée la végétation ; au sommet d'un profil latéritique par exemple, dans la zone intertropicale, on trouve très souvent un « latosol », formation meuble où s'enracinent les végétaux, constituée d'un mélange de kaolinite, de limonite et de nodules ou graviers hématitiques, qui résulte de la destruction par réhydratation du sommet de la cuirasse latéritique pendant la saison des pluies ; mais le latosol n'est ni obligatoire ni systématique, on trouve même

“
La mise en culture
avec le chaulage
qui l'accompagne
ralentit
la dégradation
des sols,
alors que certains
aménagement,
comme
le drainage,
l'accélèrent
localement.
”

► SANS SOL, LA VIE QUAND MÊME !

Jacques Varet – BRGM – Rédacteur en chef de la revue

Dans ce numéro de la revue *Géosciences* consacré aux sols, il semble opportun de tourner le regard vers tous ces lieux, sur la planète Terre, qui sont dépourvus de sols. Bien sûr entrent dans cette catégorie principalement les déserts, mais aussi les zones accidentées, notamment les falaises, les hautes montagnes, ou certaines formations géologiques particulières du fait de leurs caractéristiques physiques, chimiques, de leur âge ou de leur environnement : formations alluvionnaires, éoliennes et volcaniques récentes ou zones hyperthermales actives, masses granitiques ou arrêtes schisteuses de montagne, calcaires perméables ou bassins et dômes salifères, sites pollués ou encore cavités souterraines.

Tous ces milieux peuvent être considérés comme relevant de « conditions extrêmes », de faible intérêt économique, au mieux à réhabiliter ou même à protéger. Ainsi, les parcs nationaux sont les espaces qui contiennent le plus de sites relevant de cette catégorie. Comme le montrent plusieurs articles de ce numéro, les pressions anthropiques et le changement global entraînent une disparition des sols et donc l'augmentation de l'importance de ces espaces. Il est en conséquence opportun d'y porter quelque attention.

Ce qui caractérise ces espaces, c'est en définitive, non l'absence de vie, mais bien au contraire une biodiversité remarquable, tout à fait particulière et souvent spécifique du site. Bactéries extrémophiles des zones hydrothermales (profondes ou superficielles) et des sites pollués (ex. : *Noccae caerulea* des sites métallifères à plomb zinc), lichens des parois granitiques ou schisteuses (ex. : *Asplenium foreziense* des Cévennes), oiseaux nicheurs ou *Pinguicula longifolia subsp. caussensis* des falaises caussenardes, végétaux des anfractuosités scoriacées des laves, *Drosera rotundifolia* des tourbières du mont Lozère, espèces aveugles des karsts, comme le nouveau genre *Scotobena Mortonii* découvert par Théodore Monod dans les grottes de Sof Omar (la partie souterraine du parcours du Wabi Shebele) sur le versant somalien de l'Éthiopie.

En définitive, ces zones dépourvues de sols ne sont pas seulement des sites privilégiés pour l'observation géologique. Ce sont aussi des sites remarquables, et même irremplaçables pour la biodiversité dans ses formes les plus primitives comme les plus évoluées. ■



▲ La vapeur géothermale issue de la fissure ouverte suffit à cette herbe (« Fialé » en langue Afar) pour pousser sur ce basalte récent dans le désert (Asal, Djibouti).

© J. Varet, 2013.



▲ La végétation apparaît à la faveur des lapiaz dans le massif calcaire de la Vanoise. © J. Varet, 2013.

des podzols sur certains profils latéritiques (Guyane). Dans les profils d'altération additive, les cuirassements se font souvent au niveau du sol (mais ils peuvent se développer largement plus bas). D'une manière générale, on réservera le terme de sol (ou de paléosol) à la partie sommitale des profils d'altération marquée par la présence de racines végétales actuelles (ou fossiles pour les paléosols).

Des enjeux sociétaux

Le régolithe et le sol, à l'interface entre géosphère, hydrosphère, atmosphère et biosphère, sont à la fois le support et le réceptacle de l'activité des êtres vivants, y compris l'homme. La connaissance de leur origine et de leur fonctionnement, de même que leur

préservation, sont au centre de toute politique de développement durable. Ressource essentielle pour l'agriculture, l'élevage, l'eau potable, et un certain nombre de matériaux de construction, ils jouent un rôle majeur dans l'autoépuration des rejets anthropiques, dans la régulation du climat par le carbone contenu dans le sol. Mais ils peuvent également jouer un rôle d'amplification dans certains aléas : érosion, retrait/gonflement, effets de site lors d'un séisme, mouvements de terrain, crues de nappes... Leurs différents compartiments sont en très forte interaction et doivent être de mieux en mieux pris en compte. Leur intégrité, leur durabilité et leur qualité doivent être d'abord comprises puis protégées pour léguer aux générations futures de bonnes conditions de vie. ■



Regolith and Soil: the Interface between Lithosphere and Atmosphere

When a rock becomes exposed at the surface (subsequent to a tectonic deformation, an erosion, a volcanic eruption...), it generally is subjected to a lengthy transformation and differentiation process which will produce, at its top, the formation of a weathering profile overlain by a soil layer. The mechanisms responsible for transforming rocks are multiple: mechanical (the effects of freezing or of temperature variations, for example), chemical (water-rock interaction) and biological (plant and animal organisms that live in the soil), with these three mechanisms interacting with each other. The "regolith", a transition zone between rock and soil, generally comprises a weathering profile ("autochthonous regolith") that can be covered by continental sediments ("allochthonous regolith"). The soil and the weathering profile develop from top to bottom.

Over time, the soil and the weathering profile gradually differentiate from each other, for the dominant mechanisms involved in the one (water-rock interaction for weathering profiles) and in the other (plant cover for soils) are subject to controls with differing characteristic periods: weathering is governed by drainage conditions on a continental scale, which vary in function of tectonic deformations on time scales of several millions of years, while the soil is governed essentially by the plant cover, which reacts "instantaneously" to changes in climate, and accordingly to time constants ranging from several tens to several thousands of years.

ÉVOLUTION DE LA CARTOGRAPHIE DU RÉGOLITHE

Florence Quesnel – BRGM, Direction des Géoressources – f.quesnel@brgm.fr
Frédéric Lacquement – BRGM, Direction des Géoressources – f.lacquement@brgm.fr

La cartographie du régolithe a constamment évolué en France depuis les années 1950. Les quantités et qualités de l'information relative à la géologie de surface sont très inégales sur les cartes géologiques au 1/50 000 réalisées dans le cadre du programme de lever systématique. Le déficit est qualitatif, géométrique et quantitatif, et très souvent la quantité de caissons caractérisant le régolithe reste faible. Un état des lieux des connaissances du régolithe métropolitain fut effectué en 2009 et actualisé en 2013. Il s'agit d'une synthèse cartographique au 1/1 000 000 en deux couches numériques distinctes : régolithe allochtone et autochtone (<http://infoterre.brgm.fr>). Des cartes d'indice de qualité accompagnent ces cartes, afin d'estimer le degré de connaissance sur le régolithe.

Suite aux évolutions conceptuelles des années 1990, la dénomination de régolithe intègre désormais non seulement les dépôts sédimentaires quaternaires (fluviaux, gravitaires et colluviaux, éoliens, glaciaires, lacustres, côtiers...), mais aussi les altérites météoriques et les unités sédimentaires continentales anté quaternaires, parfois résiduelles. Grâce aux avancées scientifiques récentes sur ces unités et à leur compréhension en termes de dynamique de mise en place, les cartes et les modèles produits sont désormais bien mieux renseignés.

Des données nouvelles, notamment de géophysique aéroportée, peuvent aider à remédier à certains manques

d'information, mais sans étalonnage au sol, ni caractérisation, elles sont inutiles. Les levés récents et en cours en région Centre et dans les DOM TOM pourront être valorisés pour optimiser la connaissance cartographique du régolithe si l'on effectue la validation au sol des données aéroportées.

Dans le nouveau programme du Référentiel Géologique de la France, le régolithe sera pris en compte et étudié avec suffisamment de détails, au même titre que son substrat (terrains sédimentaires, magmatiques, métamorphiques) afin de produire des cartes et modèles 3D divers, mis en cohérence, interopérables et assortis de bases de données décrivant lithologie, âges, paramètres etc. Cet exercice a déjà été mené avec succès avec les données disponibles dans le démonstrateur Rhin-Vosges (*figure*).

Enfin, des prototypes de cartes d'épaisseur au 1/50 000 des formations meubles et des propriétés physiques du régolithe ont été réalisés au début des années 2000 (rapport BRGM/RP-53676-FR, <http://infoterre.brgm.fr>). Ces cartes sont basées sur l'interpolation de l'altitude de la base des formations meubles (données BSS complétées par des observations de terrain), la différence entre cette altitude et l'altitude du sol permettant d'obtenir à la fois les contours et l'épaisseur de ces formations. Dans les régions de socle, la réalisation d'une telle carte représenterait environ un mois/géologue pour les levés de terrain et les calculs. ■

