

ADAPTER SES PRATIQUES À LA NATURE DE SON SOL
Application de la méthode Hérody aux sols agricoles bretons

**LES PUBLICATIONS
DU RÉSEAU GAB-FRAB**

Sommaire

Éléments de compréhension du fonctionnement des sols du massif armoricain

- 1) Généralités sur les sols
- 2) Les principaux constituants des sols du Massif Armoricain
- 3) Les matières organiques du sol
- 4) La nécessaire gestion calcique
- 5) Quelques éléments clés pour la compréhension des analyses Hérody

Étude de cas : plusieurs exemples de grands types de sols en Bretagne - Préambule

- Bas-fonds
- Granites
- Limons éoliens
- Schistes briovériens
- Grès
- Schistes et Grès
- Micaschistes
- Sables littoraux calcaires

Glossaire

PAGE 4
PAGE 7
PAGE 12
PAGE 17
PAGE 18
PAGE 21
PAGE 23
PAGE 27
PAGE 31
PAGE 35
PAGE 39
PAGE 43
PAGE 47
PAGE 51
PAGE 55

Depuis plus de 20 ans, la Fédération Régionale des Agriculteurs Biologiques (FRAB) et les Groupements d'Agriculteurs Biologiques (GAB) bretons accompagnent les agriculteurs biologiques. Aujourd'hui, grâce à ses nombreux adhérents et techniciens spécialisés, le réseau bénéficie d'une expertise en agriculture biologique qui lui permet d'accompagner tous les producteurs qui le souhaitent. Ainsi, le réseau permet aux personnes intéressées de découvrir les techniques utilisées par les agriculteurs biologiques, de réfléchir à une conversion, de réaliser des diagnostics complets d'exploitation. 60% des producteurs biologiques bretons sont adhérents dans un des quatre GAB de Bretagne. Par ailleurs, le réseau compte environ 60 producteurs bio bénévoles actifs : administrateurs, mandatés et responsables de commissions.

Le réseau agit notamment dans :

- Le **développement et l'accompagnement de la production**
- Le **transfert des pratiques** biologiques vers les agriculteurs non bio
- La **formation**
- La **recherche et l'expérimentation**
- Le **développement des filières**
- La **promotion de l'agriculture bio**, de ses techniques et de ses produits

En 2019, le Réseau GAB-FRAB, c'est :

- Plus de **2000 producteurs bio bretons adhérents**
- Environ **80 producteurs bio bénévoles actifs** : administrateurs, mandatés, responsables de commission
- **Une présence sur le territoire breton** via 1 fédération régionale (FRAB), et 4 groupements départementaux d'agriculteurs bio, les GAB.
- **Des compétences transversales** :
 - **58 salariés spécialisés** dont :
 - **25 techniciens spécialisés**
 - **12 chargés de mission** Territoires, Filières et Alimentation
 - **5 chargés de missions** Politiques agricoles, Réglementation, Observatoire et Structuration des Filières
 - **5 chargés de communication et événementiel**

www.agrobio-bretagne.org



Réseau **Gab • Frab**
Les Agriculteurs **BIO** de Bretagne

Fédération Régionale des Agrobiologistes de Bretagne

12 Avenue des Peupliers
35 510 Cesson Sévigné

02 99 77 32 34

contact@agrobio-bretagne.org

Comité de rédaction :

Yves **HARDY** 
Conseiller indépendant
Contact : yves.hardy@free.fr

Sarah **CHOUPAULT**
(GAB 22)

Céline **ROLLAND**
et Maela **PEDEN**
(GAB 56)

Manu **BUE**
(GAB 29)

Robin **GUILHOU**
(Agrobio 35)

Antonin **LE CAMPION**
(FRAB)

Remerciements :

Blandine **LEMERCIER**
(AGROCAMPUS-OUEST)

Christophe **COUSSEMENT**
(REAGIH)

Conception-crédit :

www.atelierdoppio.fr

ISSN :



Présentation du guide

L'état actuel d'un sol agricole est la résultante de nombreux facteurs : son histoire géologique, l'activité biologique, le climat, la circulation de l'eau et l'action humaine. Dès lors, une même action sur un sol pourra s'avérer bénéfique ou au contraire néfaste selon le contexte. Il est donc essentiel de comprendre son sol, au cas par cas, dans une démarche proche du naturaliste, en considérant trois grands domaines : la roche-mère et la nature des minéraux issus de son altération, l'hydraulique, et les processus biologiques.

Ce petit guide est organisé en deux parties :

- Une première permet d'aborder la majorité des paramètres à prendre en compte pour mieux comprendre le fonctionnement des sols agricoles. Cette synthèse ne peut être exhaustive, et pour des raisons de clarté, certains raccourcis scientifiques sont utilisés. L'objectif est ici de fournir une trame de réflexion sur la compréhension des sols agricoles en s'appuyant sur la méthode BRDA-Hérody, une méthode développée depuis 40 ans par Yves Hérody.
- Dans une seconde partie, une série de 8 fiches pédologiques correspondant aux principaux sols agricoles rencontrés sur le Massif Armoricain est présentée. Il ne s'agit pas d'une classification déterminée des sols bretons car ces derniers cohabitent parfois sur une même parcelle agricole, mais d'une tentative pour en donner les grands marqueurs, et identifier leurs atouts et contraintes dans un objectif de production agricole.

Ce guide, à destination d'un public déjà averti sur l'observation des sols, apporte des éléments complémentaires à l'analyse terrain, pour faciliter le diagnostic de sol et la mise en œuvre de pratiques agronomiques durables.

L'approche Hérody

Yves Hérody est géologue de formation, ses études sur les conditions d'apparition et de développement de la vie sur terre le conduisent vers la pédologie dynamique.

Expert international pour les Nations Unies, et dans le cadre du HCR (Haut Comité aux Réfugiés), il travaille sur la remise en culture des terres après conflit. Cette expérience lui fera rencontrer un grand nombre de situations dans le monde. En 1980, il fonde le BRDA (Bureau de Recherches sur le Développement Agricole) et développe une approche globale et pragmatique des sols agricoles qui deviendra la «Méthode Hérody».

Son but est de permettre à tout agriculteur de construire son propre outil de connaissance du sol et des relations sol/plante. L'approche BRDA repose essentiellement sur l'observation du terrain et la réalisation de profils de sol. Elle tente de caractériser le fonctionnement global d'un sol. Des analyses de laboratoire complémentaires sont effectuées afin d'affiner les observations de terrain.

La plupart des techniques de laboratoire utilisées par le BRDA sont connues et certaines ont été adaptées par Yves Hérody à l'étude des sols cultivés.

Compréhension du fonctionnement des sols du Massif Armoricain

1) Généralités sur les sols

a. Qu'est-ce qu'un sol ?

Un sol est un assemblage de matières organiques d'origine végétale et de matières minérales issues d'une altération du socle rocheux. Les sols observables dans les parcelles cultivées existent rarement « naturellement ». Sous nos climats tempérés, la végétation spontanée est la forêt de feuillus. En milieu forestier, les sols sont généralement constitués d'une litière de faible épaisseur recouvrant une couche de roche dégradée (altérite) plus ou moins épaisse. A contrario, dans les champs cultivés, la morphologie du sol est différente et généralement constituée d'une couche brune, moins foncée qu'une litière, mais plus épaisse.

Cette différence s'explique par la forte modification des sols cultivés par un travail d'ameublissement et d'incorporation de matières organiques sur les 25-30 centimètres au cours de plusieurs siècles d'agriculture. (cf Illustration 1)

Un sol agricole est un sol naturel modifié pour favoriser le développement d'une plante cultivée

Pour qu'une plante cultivée se développe, il lui faut :

→ **de la lumière et de la chaleur.** En climat tempéré, l'agriculteur a donc commencé par éliminer partiellement la principale plante concurrente des cultures : l'arbre.

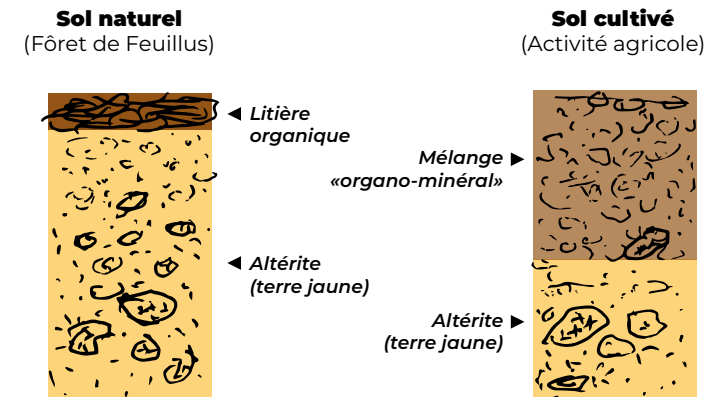
→ Pour assurer une fourniture régulière et proportionnée en eau à la culture, l'agriculteur a ensuite massivement modifié l'**hydraulique des sols** tout en conservant partiellement le système régulateur de la forêt : le maillage bocager.

→ Enfin, pour favoriser l'enracinement des plantes, et une bonne activité biologique, il fut nécessaire de faciliter la formation de « vides » et d'aérer le sol, par **le travail du sol**.

L'homme s'est alors rendu compte que pour la même quantité d'énergie dépensée, il récoltait davantage de nourriture (énergie + nutriments) par la culture des sols plutôt que par la chasse et la cueillette. Ainsi est née l'agriculture, et cette technique a per-

mis à l'Humanité de prendre l'ascendance sur toutes les autres espèces sur terre. Depuis dix mille ans, l'agriculture a modifié le fonctionnement biologique de la couche terrestre superficielle, créant un milieu très productif qui n'existerait pas naturellement : le sol agricole.

. Un sol agricole n'est plus un sol naturel



→ Juxtaposition d'une couche purement organique avec une couche purement minérale

→ **Cycle végétal :**
500-5000 ans

→ **Régulation hydraulique :**
forêt

→ **Pas de tassement**
(animaux, machinerie agricole)

→ **Pas d'exportations**

« Chasse et cueillette »

Faible densité humaine

→ Fine imbrication organique et minérale sur 30 cm (travail du sol), très favorable à l'activité biologique

→ **Cycle végétal :** 3 mois-15 ans

→ **Régulation hydraulique :**
Haies, talus, fossés, chemins creux, billons, drainage...

→ **Beaucoup de tassement**
(animaux, machinerie agricole)

→ **Fortes exportations**

« Agriculture »

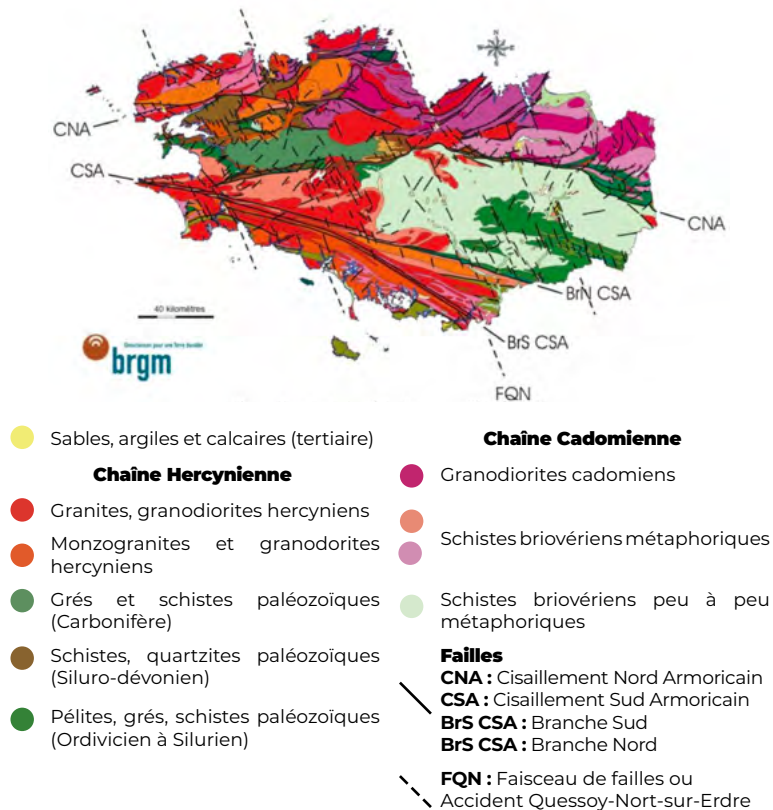
Forte densité humaine, sédentarisation

▲ **Illustration 1 :** comparaison d'un sol naturel et d'un sol cultivé
Source : Yves Hardy

b. Le Massif Armoricaïn, une longue histoire

Une chaîne de montagne naît de la rencontre, ou collision, de deux plaques continentales en mouvement (ex : le massif de l'Everest est né de la rencontre entre le continent indien et le continent asiatique).

Le Massif Armoricaïn en est un exemple. Deux périodes de collision se sont succédées : une première entre 750 et 550 millions d'années formant une première chaîne de montagnes appelée Cadomienne, puis une seconde entre 350 et 300 millions d'année créant une seconde chaîne de montagnes nommée Hercynienne. Entre ces deux événements géologiques, les débris de roches issus de l'érosion de la chaîne Cadomienne ont été «re-compressés» par le plissement Hercynien, donnant les schistes briovériens et les grès armoricains.



▲ **Illustration 2** : Carte géologique au millionième de la Bretagne et failles associées (*Source : BRGM*)

Ces deux événements majeurs sont à l'origine de la production de roches essentiellement métamorphiques : les schistes, les grès, les micaschistes et les gneiss. Dans le socle schisteux, du magma est remonté sous forme de « bulles » et s'est solidifié. Suite à des millions d'année d'érosion ces « bulles » ou « plutons » de magma refroidi se sont retrouvés à la surface, donnant ainsi naissance à la famille des granites. Au passage, ces bulles ont retransformé les roches autour d'elles, provoquant un métamorphisme localisé : les cornéennes. Ces dernières sont généralement plus dures que la roche initiale.

Depuis 300 millions d'années, ces deux chaînes ont été inlassablement érodées en raison de fortes variations du climat (passage du tropical au glaciaire). Les roches qui affleurent aujourd'hui ne sont que des résurgences du vieux socle rocheux, les montagnes ayant totalement disparues. Cette histoire géologique donnera les caractéristiques générales des sols armoricains : au nord le domaine Cadomien, au sud le domaine Hercynien s'articulant autour de deux grosses failles en arc orientées Ouest-Est. Le relief de la Bretagne a fortement limité les incursions marines, les roches calcaires y sont donc rares.

Enfin l'histoire récente du climat (période glaciaire puis dégel) a achevé de façonner le paysage et la topographie actuelle.

La couche superficielle a ainsi été fortement remaniée par endroits (colluvions, alluvions, solifluxion). Les sols sont bien souvent nés sur des « mélanges » d'altérites de roches. La roche encaissante figurant sur les cartes géologiques n'est donc pas forcément la roche qui a donné naissance au sol. Les particules minérales qui composent les sols sont liées à la taille, la forme, la nature des grains qui constituent ces roches ou ces dépôts, dont il est parfois difficile d'identifier l'origine.

Les processus géologiques et l'origine granitique du Massif Armoricaïn expliquent la nature chimique acide des roches (forte teneur en silicium) et la présence d'aluminium sous une forme facilement mobilisable. Ces ions sont alors facilement libérés et leur oxydation acidifie massivement les sols. Chimiquement actifs les métaux (Al, Fe, Mn) induisent des risques de toxicité pour les végétaux et l'activité biologique mais également des blocages de certains oligoéléments (risque de carences) par complexation. Les minéraux libérés de l'altération de la roche ont tendance à se recombinaer dans des formes chimiques plus stables que la roche d'origine, ce qui provoque des carences induites.

POUR ALLER PLUS LOIN :

Site du SIGES Bretagne
<https://frama.link/Ft49CTaD>



Ancienne carrière dans le département du Morbihan.

Les carrières sont l'occasion d'observer très facilement les roches en place. Ici, des alternances de grès et siltites du briovérien sont visibles.

Source : AGROCAMPUS-OUEST

2) Les principaux constituants des sols du Massif Armoricain

Un sol cultivé est composé d'environ 97 % de minéraux issus de l'altération de la roche mère et 3 % de matières dites organiques issues de la décomposition plus ou moins rapide d'organismes vivants. L'ensemble de ces processus sont rendus possibles par l'action des êtres vivants du sol dans un milieu dynamique.

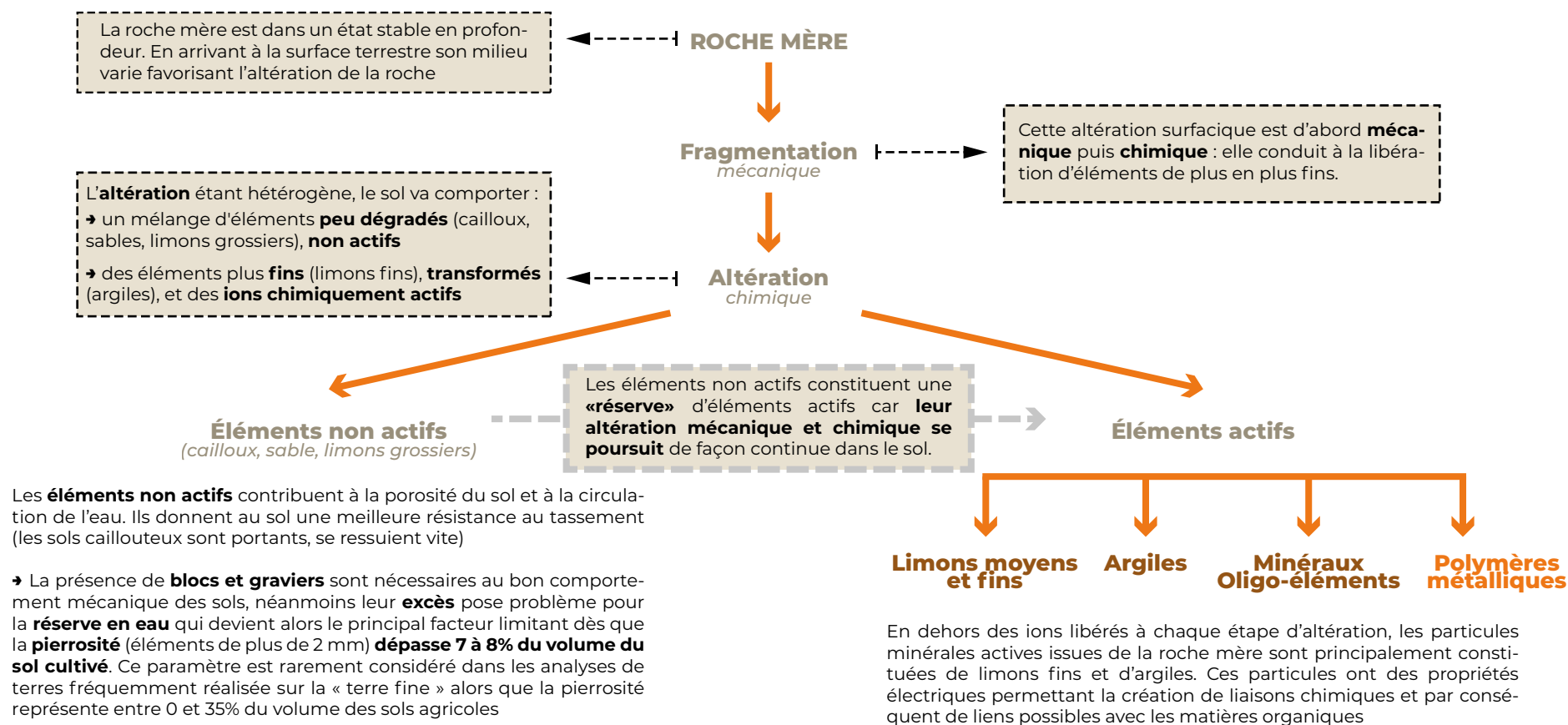
a. La fraction minérale du sol

Des éléments grossiers aux fines

La fraction minérale d'un sol est issue de la dégradation de la roche mère. Les caractéristiques de cette dernière et son type

d'altération vont former toute une gamme de sols : calcaires, acides, argileux, sableux etc... Les cartes géologiques du BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière) donnent de bonnes indications mais leur échelle n'est pas assez fine pour un usage agricole et elles s'attachent aux formations de profondeur uniquement (socle). En surface, le terrain a pu être remanié par du colluvionnement (terre qui descend la pente), une rivière, des glaciers, etc. Certains limons sont arrivés par le vent et ont recouvert les sols. La roche du socle n'est donc pas forcément celle qui donnera naissance au sol en place. Seule l'observation du paysage, de la topographie, du réseau hydrographique permet de faire un diagnostic pédologique.

Naturellement le sol perd donc sa fertilité et s'érode. Bien entendu, l'agriculture mal pratiquée va accentuer le phénomène d'érosion. Mais à contrario, l'agriculture bien pratiquée permettra de limiter l'érosion et de maintenir un sol fertile de façon plus efficace et durable que la nature elle-même.



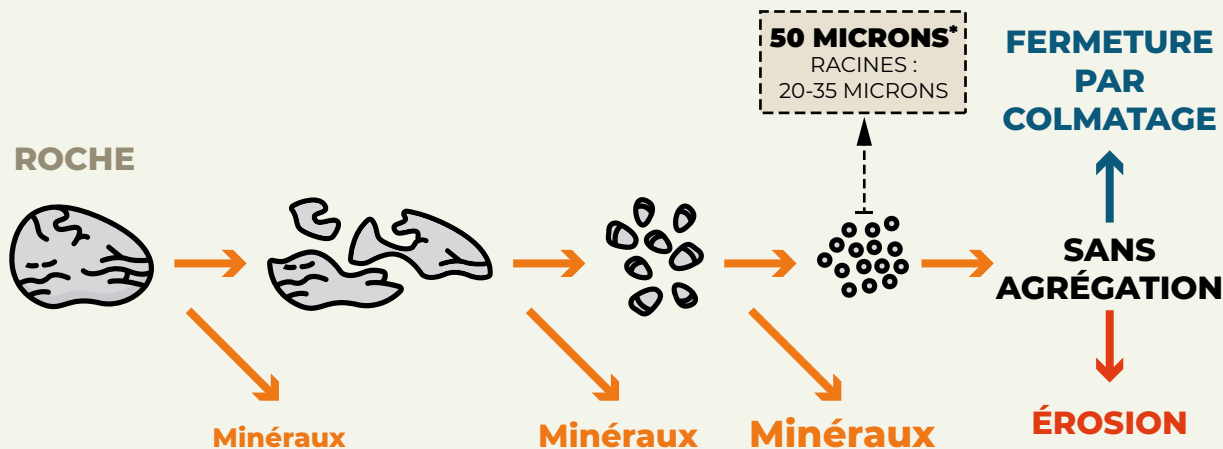
▲ **Illustration 3** : les différentes particules issues de la dégradation de la roche mère



▲ **Illustration 4** : Cours d'eau chargé de particules en suspension suite à un épisode pluvieux intense
Source : Aline Le Féon, SMBV Linon

Au bout d'un certain temps, l'altération progressive de la roche mère conduit à une réduction de la taille des particules formées, jusqu'à la formation de particules très fines. Dès lors, le sol se ferme progressivement par diminution de la porosité, et les racines de végétaux ne peuvent plus passer.

Ce phénomène naturel implique aussi un risque d'érosion majeur si ces particules, suffisamment fines pour être mises en suspension dans l'eau, ne sont pas retenues entre-elles par liaison avec la matière organique (cf. illustration 5). L'érosion des sols s'observe facilement sur la couleur des cours d'eau après les gros épisodes pluvieux. Elle constitue un préjudice grave pour le fonctionnement du sol qui perd ses fractions minérales les plus actives. Ce type d'érosion est un phénomène majeur en Bretagne, et une des causes principales de la dégradation de la qualité de l'eau.



* En deçà de 50 microns (sables fins), la taille des vides devient inférieure à la taille des racines

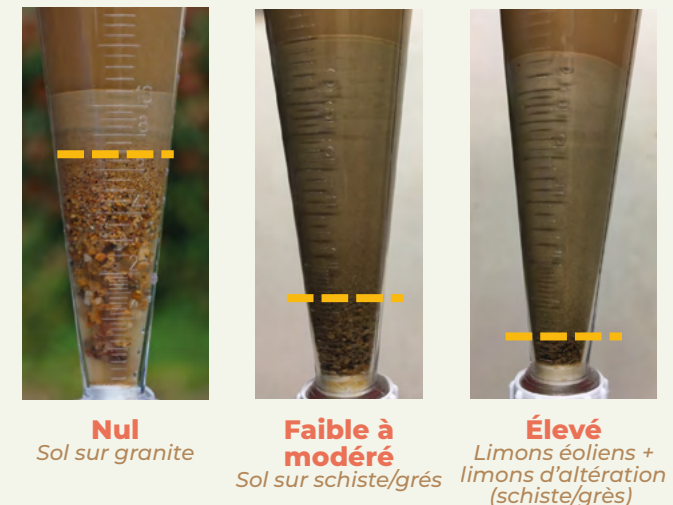
▲ **Illustration 5** : représentation du processus d'altération. D'après un schéma d'Yves Hardy

La présence de sables

Les sables sont des éléments passifs qui contribuent à plus petite échelle à une certaine porosité héritée du sol, la porosité dite texturale. Avec les éléments grossiers (graviers), les sables jouent un rôle déterminant dans le comportement mécanique et hydraulique du sol. Il convient donc de bien les évaluer, en particulier la fraction des sables grossiers supérieure à 200 microns (**cf. illustration 6**). Si la fraction en sables est faible avec peu de graviers (**cf. limons éoliens ill. 6**), le sol sera très sensible au tassement (animaux, machines agricoles). Dans ce cas, le travail du sol est impératif pour compenser le tassement et maintenir une bonne porosité. À l'inverse, avec une bonne fraction de sable (grossiers et/ou graviers) conférant une « charpente », les sols auront une bonne porosité naturelle, résisteront mieux au tassement et le travail du sol pourra être fortement réduit.

Sur le terrain, les situations sont très diverses et les combinaisons argiles/limons/sables sont très variées. Sur un sol granitique à grains moyens à gros, le sol est toujours portant et peu sujet à la fermeture, l'envers du décor étant la faible réserve en eau.

Au contraire, sur un sol de limons éoliens, il n'y a que des limons moyens à fins sans éléments grossiers ce qui rend ces sols particulièrement sensibles à la battance et au tassement mais peu sensibles au stress hydrique.



▲ **Illustration 6** : Mesure de l'équivalent sable – Risque d'auto-tassement
Sources d'Yves Hardy

Les fractions minérales actives

Ces fractions sont dites actives car elles ont la capacité à fixer des éléments minéraux à leur périphérie. Les fractions minérales actives sont traditionnellement classées selon leur taille en limons et argiles :

→ **les limons grossiers (20 à 50 microns)** s'apparentent à des sables très fins, donc non-actifs ;

→ **les limons fins (< 20 microns)** sont considérés comme actifs, tout comme les limons moyens à fins (entre 20 et 2 microns) et toutes particules inférieures à 2 microns qui sont assimilées aux argiles (cf. illustration 7).

NB : toutes les roches ne donnent pas d'argile « vrai » ou « minéralogique » dont la présence est liée à la nature des minéraux libérés et aux conditions du milieu. Pour toutes particules de taille inférieure à 2 microns, on parle d'argile granulométrique.

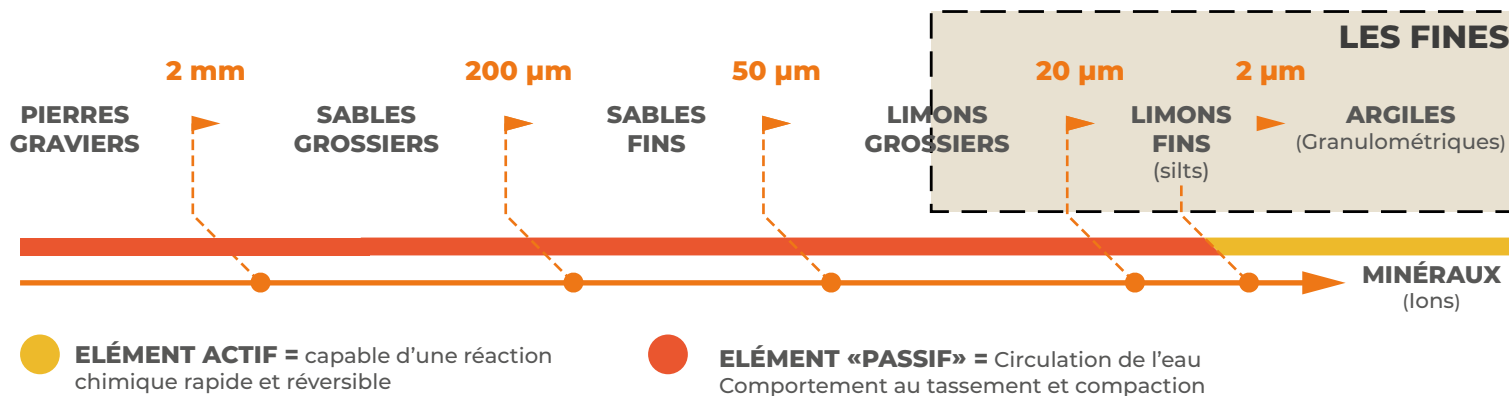
1) Les argiles

Les argiles (minéralogiques) sont des alumino-silicates hydratés, autrement dit un cristal constitué en feuillets plus ou moins serrés et mobiles. Ils possèdent la capacité de fixer les éléments minéraux à leur périphérie mais aussi dans les espaces entre leurs feuillets. Leur pouvoir de rétention sur les minéraux permet de limiter l'érosion chimique hivernale. Les argiles sont donc gé-

néralement « riches » en éléments minéraux nutritifs, bien que ces derniers soient solidement accrochés et difficilement mobilisables par l'activité biologique et les végétaux. Leur pouvoir fixateur d'éléments minéraux est directement lié à leur surface, très variable selon les types d'argile (ex : 10 m²/g pour un kaolin, jusqu'à 800 m²/g pour une montmorillonite). Le pourcentage d'argile dans un sol n'est donc pas une donnée suffisante, il est nécessaire d'en connaître la nature.

2) Les limons

Les limons sont des « petits cailloux » que l'érosion a affinés. Les plus fins se chargent électriquement et deviennent chimiquement actifs. Parfois sur ces limons se déposent de petits dépôts ferriques qui leur donnent une couleur rouge/orange ou brune, et la capacité à s'accrocher sur des matières organiques sous forme de complexe limono-humique. Contrairement aux argiles, leur pouvoir fixateur en éléments nutritifs est très réduit.



▲ **Illustration 7** : de la roche à la particule, distinction entre les éléments actifs et passifs / *D'après un schéma d'Yves Hardy*



LE TEST AU BLEU DE MÉTHYLÈNE

Ce test, issu des techniques utilisées par les Ponts et Chaussées en géotechnique routière, et adapté aux sols agricoles par Yves Hérody, permet de déterminer si on est en présence d'argiles minéralogiques ou de limons moyens à grossiers ou de limons moyens à fins..



MARQUEURS DE LA NATURE DU SOL

Y-a-il des argiles dans les sols bretons ?

Les argiles minéralogiques sont très peu présentes dans les sols agricoles bretons de par le caractère très métamorphique du Massif Armoricain et de la circulation de l'eau (lessivage des argiles de l'horizon de surface).

Il peut y avoir des sols argileux dans les zones d'accumulation de fond de vallée ou sur des placages d'altérites périglaciaires, mais ces situations sont rares et il s'agit encore, le plus souvent, d'accumulations de limons. Par conséquent, il y a peu de réel complexe argilo-humique en Bretagne !



**MARQUEURS
DE LA NATURE
DES SOLS**

Les limons

Les réserves en éléments minéraux nutritifs fournies par les limons sont donc modestes mais facilement accessibles pour le vivant. Leur comportement physique les rend faciles à travailler mais en contrepartie, ils sont très sensibles à l'érosion. Ce juste compromis entre éléments fins et éléments plus grossiers fait que les sols sur limons comptent parmi les sols les plus fertiles du monde.

En Bretagne, presque tous les sols agricoles sont sur des limons, pourtant certains sols apparaissent lourds et collants avec un aspect jaune pâle, notamment sur des géologies de certains grès très durs. Il ne s'agit pourtant pas d'argiles, mais là encore de limons.

L'importance de la forme des particules (cf. illustration 8)

Comme pour les argiles, l'approche purement granulométrique ne donne aucune indication sur la nature chimique des limons qui peut être très variée : quartz, feldspath, calcaire, puisque le terme « limon » ne correspond qu'à une taille de particule solide. Il faut aussi considérer la forme des particules.

Pour une même taille de particules :

- Si elles sont sphériques, même tassées, il reste un vide entre les particules, qui permet à l'eau et l'air de circuler. La faible surface de contact entre elles fait que les particules sont faciles à séparer, le sol se travaille très facilement. C'est le cas des limons éoliens ou alluviaux qui ont été arrondis et polis durant leur transport.

- Si elles sont cubiques ou « esquilleuses », les particules s'emboîtent sans vides entre elles, le sol prend alors un aspect lourd et colmatant et devient difficile à travailler (comme un sol argileux et par conséquent confondu avec des argiles). C'est le cas des limons de quartz, issus de l'altération des grès fortement métamorphisés. Le métamorphisme de contact étant très important en Bretagne, de nombreux sols sont concernés par ce phénomène. Ici également la coloration au bleu de méthylène permet d'en faire le diagnostic, mais également l'étude géologique.

b. La fraction organique du sol

Bien qu'elles ne représentent que 3% en moyenne de la masse du sol cultivé, les matières organiques assurent un rôle fondamental. Sans elles, pas d'agriculture possible.

Pour comprendre l'importance des matières organiques et en déduire des leviers agronomiques, il ne faut pas se limiter à leur composition chimique mais il faut connaître leur fonctionnement, leur évolution dans le sol et les effets qu'elles produisent sur l'activité biologique.

Origine des matières organiques

Les matières organiques sont fabriquées uniquement par des organismes vivants, de deux façons différentes :

→ **1.** A partir d'énergie (lumière) et de minéraux libres. Ce sont les végétaux chlorophylliens, dits autotrophes grâce à leur fonction de photosynthèse. Les végétaux construisent des molécules organiques à partir du gaz carbonique atmosphérique. Ils vont à cette occasion transformer l'énergie libre qu'est la lumière en énergie chimique combinée que sont les hydrates de carbone. C'est le point d'entrée de toute la chaîne trophique qui va suivre et dont nous faisons partie. La plante n'a besoin de s'alimenter qu'en eau et en minéraux.

→ **2.** A partir du recyclage (décomposition) de matières organiques déjà existantes. Ce sont tous les autres organismes (ou presque), dits « hétérotrophes » dont les micro-organismes du sol font partie qui utilisent ces matières organiques pour leurs propres constituants. Dans un sol, cette activité de recyclage des tissus végétaux est qualifiée d'activité biologique.

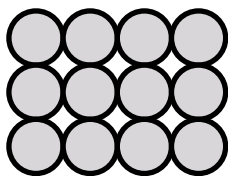
Rôle des matières organiques

Dans un sol cultivé, les matières organiques ont trois fonctions :

1) Source d'énergie

Les matières organiques constituent un apport d'énergie pour les organismes hétérotrophes, organismes qui assurent par ailleurs la mobilité, des minéraux issus de la roche mère et des matières organiques, vers la plante cultivée. Sans source d'énergie, il n'y a pas de vie possible. L'agriculteur ne doit donc plus seulement considérer ses apports organiques sur leur équivalent engrais NPK, mais aussi sur leur valeur énergétique.

LIMONS ÉOLIENS



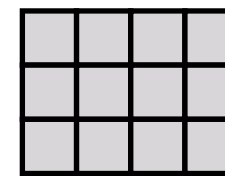
- Surface de contact faible
- Reste des vides même compactés

- **FACILE À TRAVAILLER**
- **L'EAU CIRCULE BIEN**

TAILLES IDENTIQUES

COMPORTEMENTS DIFFÉRENTS

LIMONS ESQUILLEUX SUR GRÈS SILURIENS



- Surface de contact élevée
- Emboîtement sans vide

- **DUR À TRAVAILLER**
- **LOURD ET COLLANT**
- **FROID ET HUMIDE**

▲ **Illustration 8** : importance de la forme des limons sur la structure des sols / D'après un schéma d'Yves Hardy

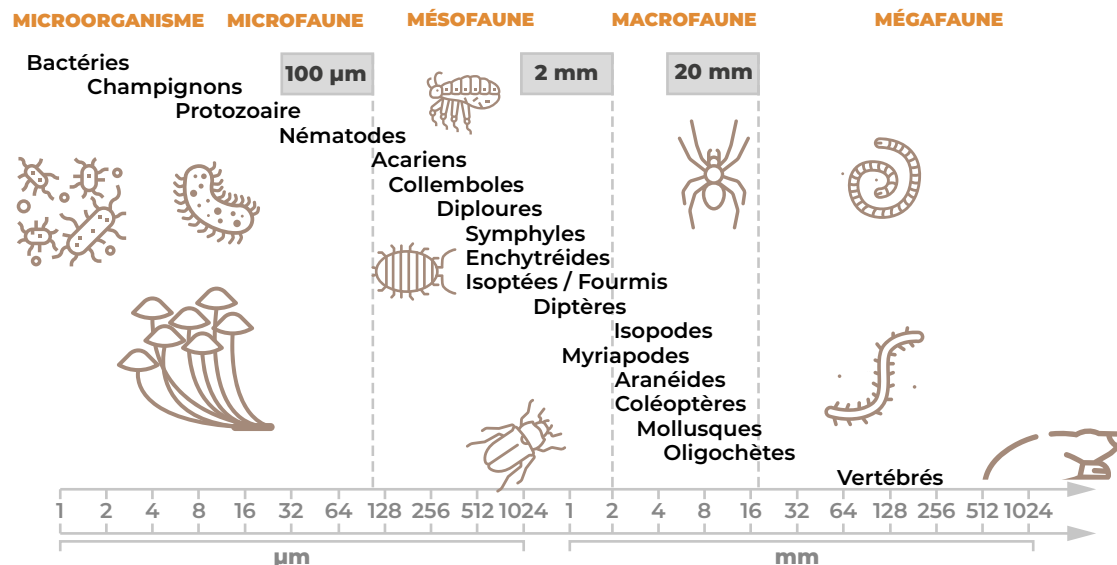
2) Agrégat

Lors de la dégradation de tissus vivants, les différents composés organiques qui les constituent vont se dégrader à des vitesses différentes. Les molécules organiques résiduelles issues de cette activité biologique sont nommées « composés intermédiaires ». Elles vont retenir l'eau comme des petites éponges si les conditions de milieu sont favorables, assurant ainsi une réserve en eau et jouant un rôle tampon dans les phénomènes d'alternance sec/humide.

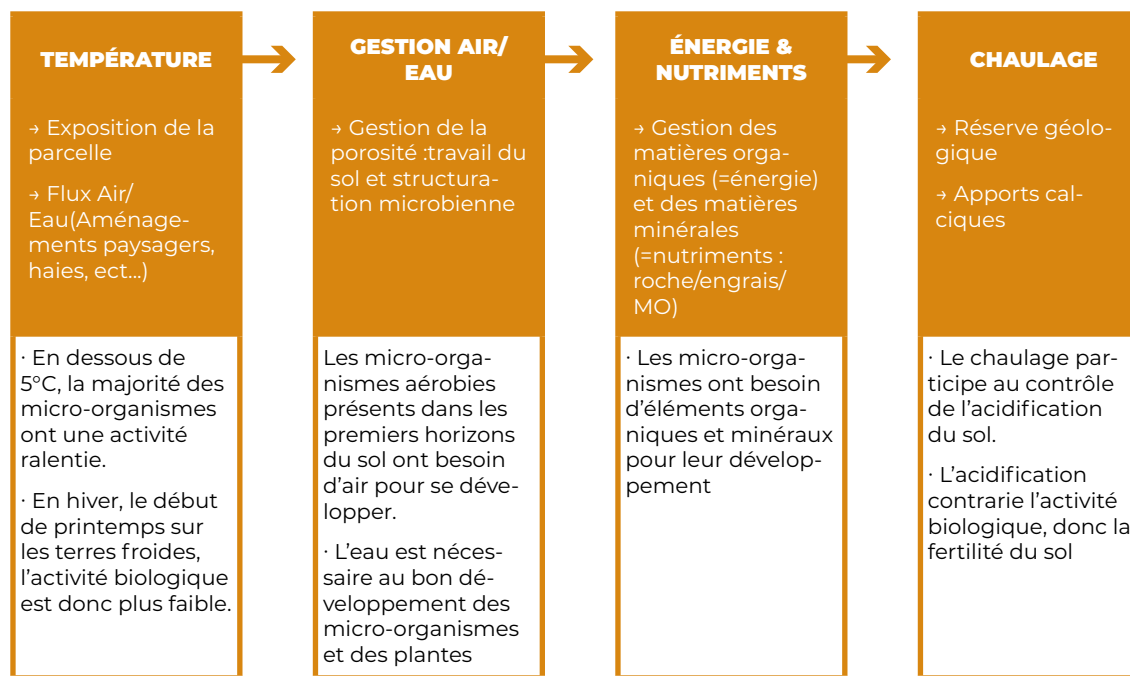
Sans ces composés intermédiaires « colloïdaux », les sols agricoles passeraient rapidement à l'état de boue dès qu'il pleut et à l'état de béton dès qu'il fait sec. En règle générale, ce que l'on appelle la fatigue des sols coïncide avec une baisse significative du taux de matières organiques.

L'activité biologique et en particulier bactérienne, en dégradant de la matière organique produit des mucus hydrophylles pour se protéger des épisodes de sécheresse. Ces mucus assurent une fonction de « colles » structurantes pour le sol. En l'absence de complexe argilo-humique en Bretagne, c'est essentiellement par cette voie que se fera l'agrégation des particules fines du sol.

3) Source d'éléments minéraux



▲ Illustration 9 : Diversité des organismes des sols



▲ Illustration 10 : Facteurs limitants de l'activité biologique par ordre de priorité



ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DU SOL

La vie du sol se compose d'un panel d'organismes vivants, de familles diversifiées et impliquées à différents niveaux dans les processus biologiques du sol. La croissance des plantes repose sur l'activité de cette biodiversité, car elle recycle la biomasse produite par ces mêmes végétaux. Elle joue également un rôle important sur les propriétés physiques (structure), chimiques (dynamique de la matière organique, éléments nutritifs) et biologiques du sol qui assurent la productivité du sol cultivé. Le sol n'est pas qu'un support ou un habitat, c'est bien un milieu complexe pour lequel la vie du sol joue un rôle déterminant.

La troisième fonction des matières organiques est la mise en liberté d'éléments minéraux. Cette minéralisation se fait tout simplement par leur dégradation. C'est le rôle de nutrition des matières organiques.

A terme, toute matière organique dans le sol est « digérée » et les composants issus de cette dégradation sont mobilisés. L'énergie est récupérée, le carbone s'échappe sous forme de gaz carbonique et les minéraux sont soit utilisés par le vivant, soit lessivés, soit cristallisés. Ce processus de décomposition est inéluctable, et sa vitesse dépendra de la stabilité des molécules initialement apportées et des conditions de milieu.

Pour qu'un sol fonctionne et pour en assurer une bonne fertilité, il est nécessaire d'optimiser « l'activité biologique » mise en œuvre par tous les micro- et macro-organismes. L'enjeu majeur de la gestion de la fertilité des sols repose donc sur la gestion de l'équilibre sol>plante>micro-organismes. Assurer une « activité biologique intense » nécessite de savoir piloter les processus de décomposition des matières organiques pour que la libération des éléments minéraux, effectuée par voie microbienne, s'effectue au moment précis où la plante en aura besoin. Le contrôle

de la décomposition permettra également d'entretenir l'humus stable du sol et par conséquent une fertilité durable.

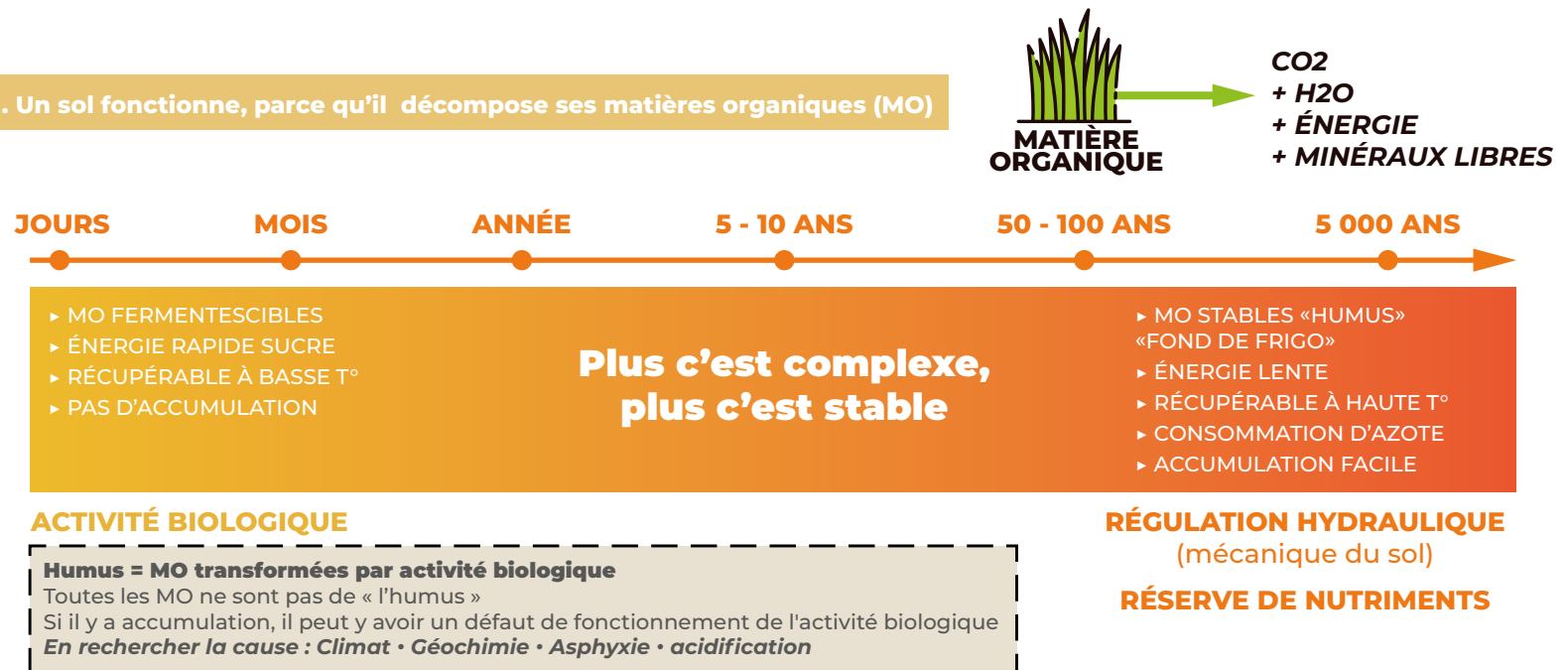
Concrètement, l'entretien et le développement de la fertilité des sols reposent sur l'optimisation de plusieurs paramètres (détailés par ordre de priorité sur l'ill. 10, page précédente) sur lesquels le producteur pourra plus ou moins agir.

3) Les différentes matières organiques du sol

Classiquement, pour appréhender les matières organiques dans les sols, une mesure du carbone organique est effectuée. Cette mesure permet d'estimer si le sol « contient trop de matière organique ou pas assez » par rapport à des normes ou référentiels. Toutefois, elle ne permet pas de connaître leur nature.

Il y a de nombreuses fractions organiques dans un sol et comme pour une analyse de fourrage, il faut en identifier les différents

. Un sol fonctionne, parce qu'il décompose ses matières organiques (MO)



▲ Illustration 11 : Schéma de synthèse du rôle des matières organiques / D'après un schéma d'Yves Hardy

compartiments. En effet, le type de matières organiques produites par le sol renseigne sur son fonctionnement. Il y a donc des matières organiques qui témoignent d'un bon fonctionnement du sol, et d'autres qui indiquent, au contraire, un dysfonctionnement.

Ainsi le seul indicateur « carbone organique du sol » n'est pas suffisant et s'il est vrai que certains sols manquent de matières organiques, notamment certains sols argilo-calcaires conduits sans gestion organique, d'autres en ont trop et/ou de mauvaise qualité. C'est d'ailleurs fréquemment le cas en Bretagne.

Tout excès de matière organique dans un sol témoigne d'un dysfonctionnement de l'activité biologique dont il faut identifier la cause. Cet excès provient d'une accumulation de MO stables ou parce que les conditions du milieu font qu'elles ne se dégradent plus ou mal (ex : hydromorphie).

Ces MO stables sont essentielles pour assurer un rôle de régulation hydraulique au sol. Toutefois en excès, deux phénomènes peuvent survenir sous notre climat tempéré océanique :

- **une faim d'azote au printemps**, qui va limiter le développement des cultures (y compris les prairies)
- **et une forte minéralisation azotée automnale**, qui va engendrer entre autres un lessivage hivernal des nitrates.

Les matières organiques ayant une inertie très longue dans le sol, toute erreur de gestion organique répétée mettra du temps à se révéler, mais ses effets négatifs perdureront sur le long terme.

Pour bien comprendre les matières organiques, il faut donc :

- **1.** identifier finement sur le terrain les conditions du milieu dans lequel elles évoluent.
- **2.** effectuer une évaluation chimique en laboratoire pour affiner ce diagnostic de terrain. Un dosage des différentes fractions de matières organiques est nécessaire. Le BRDA-Hérody propose un protocole de fractionnement quantitatif et qualitatif des matières organiques.

D'autres techniques permettant de mesurer les différentes fractions de la matière organique existent, mais il faut garder à l'esprit que quel que soit le protocole analytique utilisé, il ne permet que d'estimer ces différentes fractions (les limites entre fractions ne sont pas nettes ou se superposent). Pour éviter les erreurs d'interprétation du bordereau de laboratoire, il est donc impératif de remplacer ces résultats dans leur contexte de terrain.

a. Cinétique des MO dans le sol

La fraction facilement dégradable

Quand on parle d'apports organiques, il s'agit de tous les apports : les effluents d'élevage, les apports organiques végétaux externes, mais aussi les restitutions des parties aériennes et racinaires des plantes cultivées (cultures, prairie, engrais verts).

Les fractions facilement dégradables de ces apports sont rapidement dégradées car elles sont riches en sucres et en énergie rapide. Elles assurent une forte activité biologique qui va fournir tous les minéraux nécessaires aux plantes cultivées. Les plantes en croissance fournissent également de l'énergie rapide à l'activité biologique via leur système racinaire (production d'exsudats racinaires et renouvellement rapide des poils absorbants). Ces « sucres », moteurs de l'activité biologique, permettent d'accroître son activité minéralisatrice. Ils ont également un impact très bénéfique sur la structure du sol (mucus microbiens), mais de très courte durée, puisqu'ils seront ensuite, à leur tour, rapidement dégradés.

La fraction stable et l'accumulation

En règle générale, toutes les matières organiques d'un sol seront à terme intégralement dégradées, ce n'est qu'une question de temps et de milieu.

Lorsqu'un apport de matière organique est réalisé, on peut estimer qu'une fraction de cette MO sera décomposée sur la première année, et qu'une autre fraction, la plus stable, sera décomposée sur les années suivantes. Lors d'un apport équivalent réalisé sur une deuxième année, ce reliquat de l'année 1 s'accumulera donc avec la fraction la plus stable (non-dégradée) de l'apport de MO réalisée en année 2, et ainsi de suite.

Exemple théorique : apport chaque année d'une même quantité de MO d'une durée de dégradation de 10 ans – Reliquat de 0,1% de MO chaque année

- De l'année 1 à 10 : on constate une augmentation progressive du taux de MO – Ex : Taux MO augmente de 2 à 3%
- Année 11 : l'apport de l'année 1 est intégralement dégradé – Ex : Taux MO = 3% (3,1% - 0,1%)
- Année 15 : l'apport de l'année 5 est intégralement dégradé – Ex : Taux MO = 3% (3,1% - 0,1%)

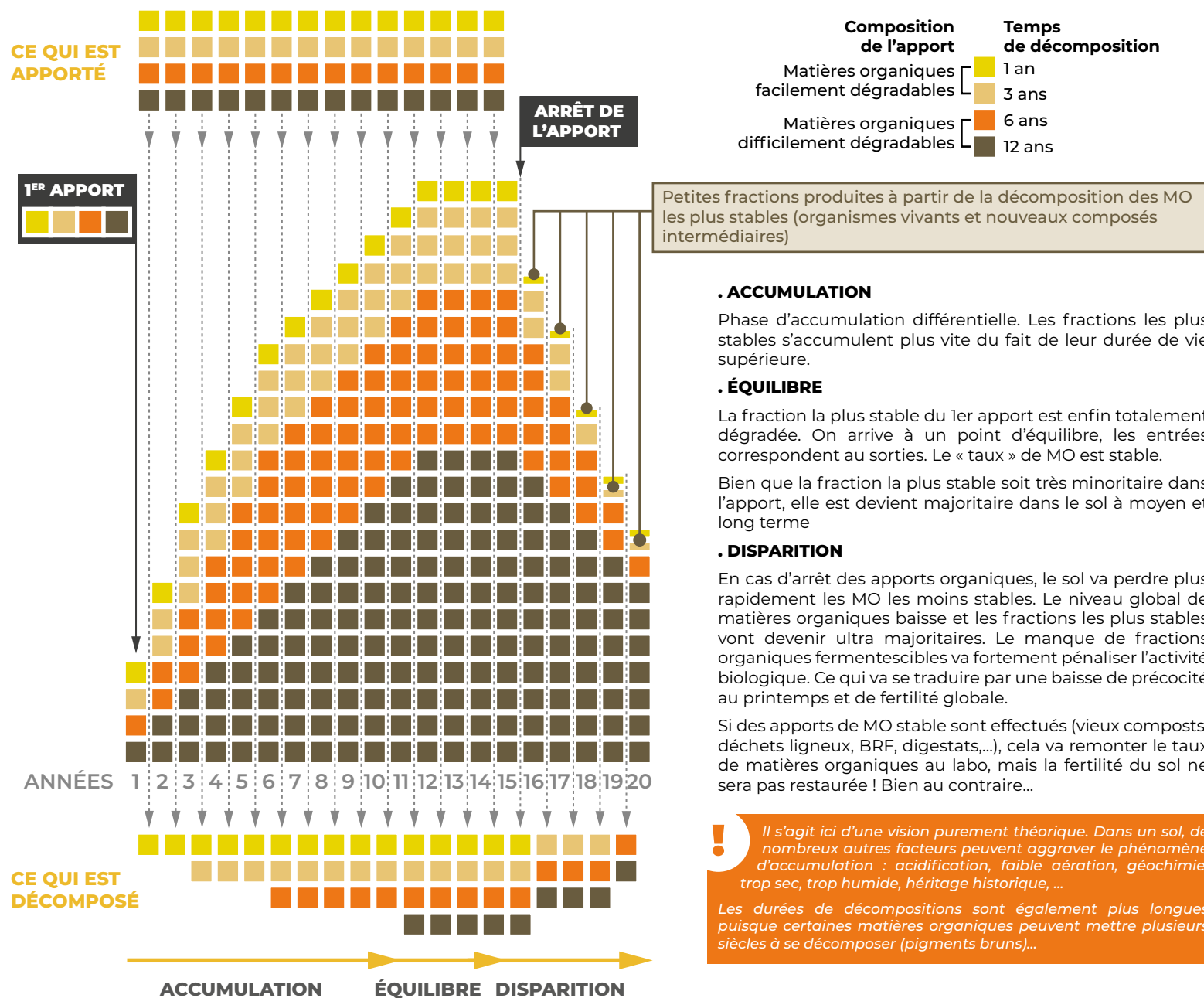
On est arrivé à un point d'équilibre où les entrées sont égales aux sorties.



MARQUEURS DE LA NATURE DES SOLS

Les «humus» hydromorphes

Les sols hydromorphes (circulation de l'eau difficile), de bas fond ou de « mouillasses », sont facilement identifiables. Par contre, certains sols peuvent avoir un régime d'hydromorphie temporaire, uniquement en surface quand l'eau a du mal à s'écouler. Dans ce cas, l'observation du pourtour des racines permet de détecter d'éventuelles traces de rouille révélant cette hydromorphie. Les cas d'asphyxie temporaire sont très fréquents sur des sols sensibles au tassement (faible pierrosité et peu de sables) et/ou dont les particules sont esquilleuses (= cubiques, certains limons). Le piétinement lié au pâturage créé aussi des conditions asphyxiantes, tout comme l'irrigation en goutte à goutte permanent en culture maraîchères, dans certaines situations.



▲ **Illustration 12 :** Décomposition théorique d'un apport répété de matière organique ou pourquoi les MO stables s'accumulent
D'après un schéma d'Yves Hardy

Le processus d'humification

Les fractions les plus stables des apports sont celles qui mettront donc le plus de temps à se dégrader. En parallèle, leurs propriétés physico-chimiques varieront au fur et à mesure de leur décomposition. On assiste à une minéralisation retardée (mais non bloquée) que l'on peut qualifier d'humification. Les humus sont donc une accumulation des fractions « encore » non-dégradées de la matière organique.

A terme la fraction stable des MO apportées au sol constitue la majeure partie des matières organiques présentes. Ce mécanisme d'accumulation par voie biologique est bénéfique pour le comportement du sol car ces humus vont assurer une régulation hydraulique, une réserve de nutriments et d'énergie.

Le plafond de verre de l'azote

Avec ce raisonnement, il serait facilement admissible que plus le sol contient des humus stables, plus il est fertile. Beaucoup de techniques culturales mises en avant aujourd'hui basent d'ailleurs leur stratégie d'apports et d'incorporation sur cette accumulation organique, avec comme simple évaluation le taux de carbone organique total mesuré au laboratoire. Dans certains types de sol et de climat, ces techniques sont appropriées, mais elles vont poser à moyen terme des problèmes de fertilité des sols, notamment sous le climat tempéré océanique du Massif Armoricaire.

Trop de matière organique stable, quelle que soit sa nature, contrarie l'activité biologique et la croissance des végétaux.

→ Faim d'azote au printemps

Pour dégrader ces humus stables, l'activité biologique a besoin d'une source d'énergie rapide et d'azote pour démarrer la minéralisation. Or, après le lessivage des pluies hivernales armoricaines, le sol est en déficit d'azote. Au redémarrage de l'activité biologique, se produit une faim azotée qui va être d'autant plus importante en quantité et dans le temps que le sol contient une grande quantité de MO stable. Un phénomène de compétition sur l'azote entre la plante et l'activité biologique s'installe, au détriment de la plante. Ces deux phénomènes combinés vont impacter toutes les cultures d'hiver, mais aussi les prairies conduisant à de fortes baisses de productivité.

→ Et lessivage en automne

Par ailleurs, les humus stables sont fragilisés par des températures élevées et des conditions humides. Ces conditions sont réunies à l'automne. On assiste alors à de fortes minéralisations azo-

tées au mauvais moment, l'azote libéré ayant de fortes chances d'être lessivé.

Bilan

Pour qu'un sol soit fertile, un certain niveau d'humus stable est nécessaire pour construire un milieu favorable aux plantes cultivées (régulation hydraulique et structure), mais trop d'humus stables perturbe la dynamique azotée et freine la croissance des végétaux, puis par conséquence, l'activité biologique elle-même. Ce ralentissement de l'activité biologique favorisera à son tour... l'accumulation organique.

b. Les différentes matières organiques du sol

Il existe de nombreux processus d'évolutions de la matière organique dans les sols. Seules les fractions rencontrées couramment sur les parcelles agricoles du Massif Armoricaire seront décrites ici.

Les « humus » géochimiques – Blocage de la dégradation de la MO (cf encart ci contre)

Ce sont des matières organiques qui sont rendues insolubles par un ou plusieurs éléments issus de l'altération de la roche mère. De nombreux mécanismes sont mis en œuvre, mais en Bretagne, la plupart du temps il s'agit d'un phénomène de tannage ou d'enrobage des matières organiques par des ions métalliques (manganèse, fer, et surtout aluminium) qui vont bloquer leur dégradation. Le niveau de carbone organique va dès lors augmenter et s'accumuler. Comme toute accumulation, cela perturbe la vie microbienne et le cycle de l'azote.

Les humus hydromorphes (cf encart page précédente)

Dans certains sites, l'excès d'eau va faire chuter le niveau d'oxygène dans le sol. Dans ce milieu, la lignine (composante du bois) subit une transformation partielle lui conférant une couleur noire. Les sucres, amidons, celluloses sont transformés en sucres réduits pauvres en azote (phénomène de dénitrification – formation de N_2O).

Dans ces conditions, le sol produit des MO stables qui vont s'accumuler. Ces dernières sont pauvres en azote accentuant ainsi les décalages de minéralisation azotée. Les fractions stables issues du processus de réduction, ne peuvent être complexées et sont même destructurantes, le sol devient massif comme du « beurre noir ». Une fois fortement déshydratées, ces MO ne jouent plus leur rôle d'« éponges » capables de retenir l'eau, il n'y a donc aucun effet de régulation hydraulique.



**MARQUEURS
DE LA NATURE
DES SOLS**

Les «humus» géochimiques

Cette situation est très courante sur le Massif Armoricaire, notamment sur les granites ou sur les roches fortement métamorphisées (micaschistes, grès micacés, etc.). L'altération de ces roches libère de grandes quantités d'aluminium. Sur granite, les terres sont souvent noires et très riches en MO uniquement à cause de ce phénomène.

Avec des roches hyper-alumineuses (certains granites contiennent jusqu'à 25% d'aluminium du total), l'aluminium devient toxique pour le vivant, et seules les plantes qui lui sont tolérantes pourront se développer sur ce milieu. Cet élément va également bloquer la plupart des anions comme le phosphore et le bore. L'activité chimique de l'aluminium et des métaux doit donc être contrôlée par des apports calciques appropriés.



PRATIQUES ADAPTÉES QUELLE QUE SOIT LA NATURE DU SOL EN BRETAGNE

De manière générale, il est donc nécessaire d'apporter et incorporer le plus souvent possible de la biomasse fermentescible (=riche en sucres) qui va, en se dégradant, permettre à l'activité biologique de dégrader les humus stables et limiter ainsi leur accumulation excessive. La bonne gestion des couverts végétaux (dont les engrais verts) est donc fondamentale sur notre région et va au-delà de la simple culture « piège à nitrates ».

Les « humus » archaïques – Difficilement dégradables

Ils sont appelés ainsi car principalement issus de la dégradation de résineux, qui vont sécréter des substances antibiotiques et des inhibiteurs de croissance bloquant la dégradation de leurs tissus et empêchant la germination des plantes concurrentes. Les bois de feuillus protègent moins leurs tissus, mais leur dégradation libère tout de même un cortège de tannins, des composés antibiotiques (polyphénols) ou très résistants (pigments bruns des feuilles mortes). D'autres encore contiennent de grandes quantités de cires sur leur feuillage, qui sont des composés particulièrement difficiles à dégrader par l'activité biologique. C'est également le cas des landes, courantes en Bretagne, qui engendrent des litières acides.

Il est facilement compréhensible que ces matières organiques sont à proscrire en usage agricole régulier. Bien qu'elles puissent avoir un effet bénéfique pour la rétention d'eau, leur décomposition freinera à moyen terme l'activité biologique.

Les humus biologiques

C'est la voie « normale » d'évolution des matières organiques dans un sol agricole, dans des conditions de milieu optimales. Cette dégradation de biomasse riche en sucres et en azote, permet une activité biologique intense, génératrice de « colles » structurantes pour le sol.

Les « colles » du sol

→ Les colles à mucus microbiens

Comme abordé précédemment (cf. paragraphe « Rôle des matières organiques »), l'activité biologique produit des mucus microbiens permettant l'agrégation des particules fines. Les sols bretons contenant peu de particules fines complexantes (ex : argile minéralogique), c'est ce mode d'agrégation qui doit être favorisé. En dehors des apports organiques, et en cours de saison, la plante cultivée va alimenter en sucres et en énergie l'activité biologique via son système racinaire et mobiliser ainsi les nutriments. Il est donc primordial de contrôler la qualité de l'enracinement, car « là où la racine va, le microbe sera ».

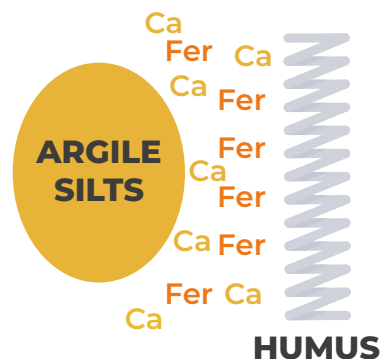
→ Les colles organo-minérales

En plus de composés transitoires et des corps microbiens eux même, l'activité biologique engendre des composés organiques stables, résidus de la matière organique fraîche. Ces humus biologiques vont pouvoir se coordonner avec des fractions minérales actives que sont les limons fins et les argiles minéralogiques.

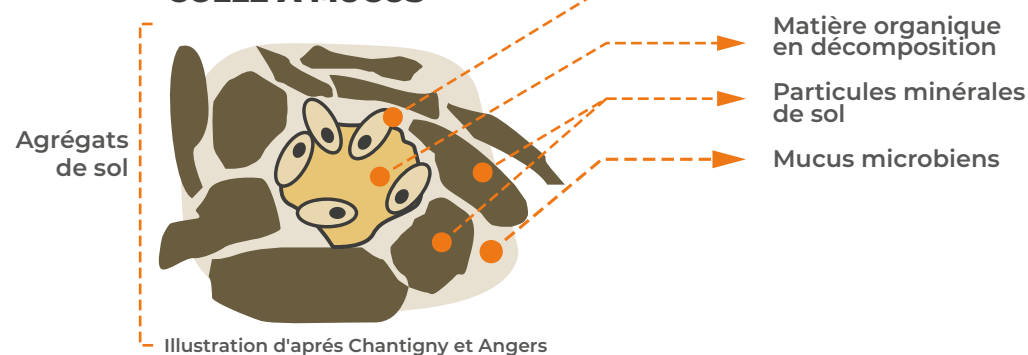
Cet accrochage organo-minéral est une réaction abiotique (non-biologique) et elle est possible en présence de fer mobile, c'est à dire en sol acide. Cela assure une auto-protection mutuelle : l'argile/limon fin est beaucoup moins lessivable et l'humus échappe à l'attaque de l'activité biologique. Plus la quantité de fines actives est importante, plus le besoin en humus est élevé.

COLLE ORGANO-MINÉRALES

Ex : Complexe argilo-humide



COLLE À MUCUS



▲ Illustration 13 : distinction entre les colles organo-minérales et les colles à mucus microbien

Le travail d'incorporation superficiel permet d'éviter l'effet de lièvre et facilite l'accrochage d'une plus grande quantité de fines.

Ces complexes organo-minéraux (soit limono-humique, soit argilo-humique) créés à partir des particules les plus fines assureront une véritable colle pour les autres particules plus grossières (limons grossiers, sables fins). Comme avec les mucus microbiens, cela produit des agrégats mais cette fois-ci, ils sont beaucoup plus résistants mécaniquement car non solubles dans l'eau et résistants à l'activité biologique car la fraction organique est déjà un humus stable. Ces sols sur complexe sont donc plus résistants à l'érosion.

Sur le Massif Armoricaïn, les argiles étant rares, le complexe argilo humique est très minoritaire et il n'est pas nécessaire d'apporter des matières organiques précurseurs d'humus stables, puisque les besoins sont plus faibles. Le peu de composés organiques ligneux se trouvant dans les chaumes ou les pailles des fumiers suffit largement à couvrir les besoins.

Pour conclure, ce ne sont pas les matières organiques en tant que tel qui structurent le sol et le font fonctionner, mais principalement leur dégradation.

4) La nécessaire gestion calcique

Le terme chaulage est un terme inapproprié, car associé à un apport de chaux. Il est plus juste de parler d'apports calciques. Les chaux vives ou éteintes, outre le fait qu'elles ne soient pas autorisées en agriculture biologique, ont une action trop furtive et sont très rapidement lessivées par le climat breton d'aujourd'hui.

Pourquoi faire des apports calciques ?

Compte tenu de la particularité géologique du Massif Armoricaïn, les sols naissent acides et même s'ils contiennent parfois des bases, elles ne sont pas suffisamment mobilisables. Il est donc nécessaire d'en apporter. C'est le seul intrant dont l'agriculteur ne peut pas se passer.

Contrer la présence d'aluminium

Sur le Massif Armoricaïn, l'apport de calcaire n'est pas motivé en premier lieu par l'équilibre acido-basique, mais par la présence de métaux toxiques comme l'aluminium. Dans les sols concernés par l'aluminium, et montrant les signes d'une accumulation organique active (majeur partie des sols bretons), il est nécessaire de contrôler cet élément par des apports calciques.

Compenser l'acidité générée par l'activité biologique

Dans les sols non concernés par l'aluminium et épargnés par l'accumulation organique, les apports calcaires serviront à compenser l'acidité produite par l'activité biologique. En effet, l'activité biologique intense produit de l'acide qui lui-même contrarie l'activité biologique. Ce phénomène est connu, c'est par exemple un mode de conservation utilisé pour la conservation de nos aliments par lacto-fermentation. Mais c'est aussi le syndrome du tas d'ensilage qui se conserve : l'activité biologique a consommé l'air et généré de l'acide qui stoppe les fermentations. Dans un sol, le même phénomène va se produire, et il est impératif de l'éviter.

Sauf cas très particuliers, il est préférable d'éviter les produits pulvérulents ou trop solubles sur le sol armoricaïn en apport d'automne, car ils sont trop rapidement mobilisés, et lessivés par les pluies froides hivernales. Au printemps le sol va rapidement s'acidifier et freiner la mobilisation azotée.



PRÉCONISATIONS

L'aluminium

Les apports calciques seront massifs (parfois plus de 10 t/ha) et constitués d'éléments grossiers (0-4 mm). En effet, il est impératif d'apporter un amendement calcaire à dégradation lente pour déplacer l'aluminium car la réaction chimique est lente. Compte tenu des apports massifs, les besoins de l'activité biologique seront également couverts.



PRÉCONISATIONS

l'acidité

Il faut éviter les poudres et privilégier des calcaires broyés de granulométrie moyenne 0-2 mm, à raison de 3-5 t/ha selon la pureté. La taille grossière des grains de calcaire fait qu'ils sont peu solubles dans l'eau et non lessivables. Ils seront principalement attaqués par les acides produits par l'activité biologique. Plus cette dernière sera intense, plus le calcaire sera solubilisé.



5) L'approche BRDA-Hérody - Coté labo

L'approche BRDA-Hérody n'est pas une méthode de labo, c'est un cadre de raisonnement ayant pour but la compréhension du fonctionnement du sol. L'objectif est d'en évaluer les capacités de production mais surtout les principales contraintes à lever. Elle s'appuie essentiellement sur une approche de terrain qui seule permet de cerner les principaux facteurs influençant le fonctionnement du sol : géologie, hydraulique, historique agricole, observation fine d'un ou plusieurs profils de sol. La plupart du temps cette étape réalisée en présence de l'agriculteur, permet de cerner les principaux facteurs de blocage et les leviers agronomiques à mobiliser. L'analyse de laboratoire est donc facultative, elle n'apporte que des informations complémentaires, ou bien confirme une hypothèse.

L'analyse de labo sans une approche terrain préalable n'a aucune valeur et cela n'est pas uniquement valable pour l'approche BRDA-Hérody.

Pourquoi ?

Tout simplement parce que l'analyse de labo possède deux limites principales :

- **la qualité de l'échantillonnage** : notamment dans les sols ayant deux ou plusieurs horizons organiques bien distincts en surface (arboriculture, TCS, mulching, semis direct). Le prélèvement classique 0-30 à la tarière mélange deux réalités différentes : la moyenne semble correcte alors que chaque sous horizon disfonctionne.

- **l'espace de validité** : lorsque l'on raisonne « sol », on « modélise » ce que l'on pense être une réalité, or l'analyse de labo ne la recouvre pas totalement en raison des contraintes de techniques de laboratoire. Les réactifs chimiques utilisés ne reproduisent que partiellement ce que l'on cherche à identifier. Les analyses de labo sont basées sur la chimie des solutions simples, or le sol est un milieu solide extrêmement tamponné contrariant les réactions chimiques. Enfin, les conditions de mesures de labo ne sont jamais équivalentes aux conditions réelles du sol. Il est donc important de relativiser et de replacer les résultats de labo dans le contexte de terrain et de raisonner avec plusieurs critères en même temps afin de dégager des tendances. Hormis le CF et l'état calcique, aucun paramètre de labo en tant que tel n'est donc pertinent pour « classer » les sols.

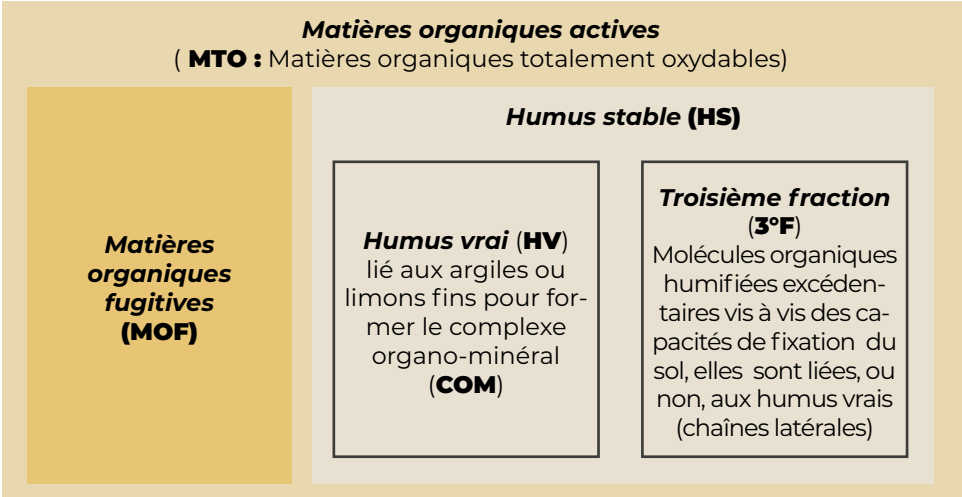
Ces précautions d'usage étant prises, la méthode BRDA-Hérody s'appuie sur un menu analytique comportant 4 parties distinctes. Ne sont décrites ici que les paramètres cités dans les

exemples qui suivent. Il ne s'agit pas de la totalité du menu analytique BRDA-Hérody.

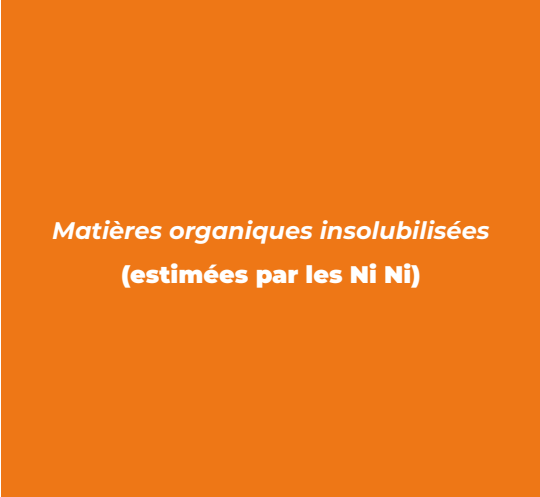
1/ Les paramètres physiques

Ces mesures permettent de quantifier et de qualifier la nature des particules constituant le sol.

PARAMÈTRE	Définition
PIERROSITÉ	Estimation du volume de sol occupé par les cailloux dont la taille excède 2mm. Si trop de cailloux (> 10%) : le sol risque d'être séchant et sensible au tassement rapidement. Si peu de cailloux (< 2 %) : la réserve en eau est accrue, mais le sol risque d'être sensible au tassement (voir Equivalent Sable).
EQUIVALENT SABLE (ES)	Paramètre permettant d'estimer la part de sables grossiers, sables fins, limons grossiers et indirectement de particules fines dans un sol. Résultat permettant d'estimer la sensibilité au tassement.
RISQUE D'AUTO-TASSEMENT	Note de risque allant de « Elevée » à « Nulle » attribuée sur la base de l'ES. Cette note est ensuite confrontée au volume de cailloux et aux observations de terrain. En cas de charge caillouteuse importante, la sensibilité au tassement est à relativiser.
CF : COEFFICIENT DE FIXATION	Capacité du sol à fixer un colorant (bleu de méthylène). Plus le sol fixe de bleu, plus sa capacité de fixation est élevée. Il varie entre 0,1 et 5 en climat tempéré. En dessous de 1 le CF est faible, le sol n'a aucun pouvoir tampon et est particulièrement sensible à l'érosion : il est préférable de réaliser de petits apports fractionnés.



AVEC activité biologique



SANS activité biologique

▲ Illustration 14 : fractionnement simplifié de la matière organique selon la méthode Hé-

POUR ALLER PLUS LOIN :

Guide agronomique des sols de Basse-Normandie

Y. Amiet, M. Boutruche, J-L. Julien, F. Bunel, 1987. Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie.

Les publications du réseau GAB/FRAB :

Fiche culture et agronomie n°1 : Construire une rotation en agriculture biologique

Fiche culture et agronomie n°10 :
L'approche Herody

Fiche culture et agronomie n°11 :
Le Fumier assaini

Fiche cultures et désherbage n°4 :
Les engrais verts

Autres publications sur les sols

Les profils de sol agronomiques – Un outil de diagnostic de l'état des sols.

A. Weill, 2009. Centre de références en agriculture et agroalimentaire du Québec. 132 p

Dossier: Les principes de la fertilité des sols
Fibl, 2013.

L'azote dans les Mouts, du sol au raisin
Yves Hérody, 2019 / Editions BRDA

Vignes en alsace
Yves Hérody, 2018 / Editions BRDA

La première goutte de la première pluie
Yves Hérody, 2015 / Editions BRDA

Tout ce qu'il faut savoir sur les Matières Organiques Yves Hérody, 2019 / Editions BRDA

Le chaulage - L'état calcique des sols cultivés
Yves Hérody, 2015 / Editions BRDA

Améliorer la fertilisation organique et la durabilité des exploitations bio. Lessivage des fumiers et composts de bovins, une réalité ? Olivier Linclau, 2017. GAB 44

CTS en agriculture biologique
FNAB, 2017. (<https://www.produire-bio.fr/wp-content/uploads/2017/05/Recueil-CTS-2017-light.pdf>)

Sites internet :

www.gissol.fr

www.sols-de-bretagne.fr

observatoire-agricole-biodiversite.fr

www.supagro.fr/ress-pepites/sol/co/Sol.html

2/ Matières organiques

PARAMÈTRE	Définition
CARBONE ORGANIQUE EN POURCENTAGE (labo classique)	Mesure du taux de carbone total. Elle ne caractérise pas toute la matière organique du sol, ni sa qualité, mais permet de repérer les excès ou les manques. Optimum : 1,5% < Corg < 4,5%
C/N (labo classique)	Rapport entre le carbone organique et l'azote total. Optimum : 8,5 < C/N < 9 Si C/N > 10 : indicateur de stabilisation de la matière organique avec appauvrissement en azote (accumulation potentielle). Ce ratio ne discrimine pas les différentes formes de carbone (facilement dégradable ou non) dans le sol.
MTO, Matières organiques Totalelement Oxydables	Matières organiques récupérables à court, moyen et long terme par l'activité biologique. Les MTO comprennent les MOF et les HS (humus stables). Ce niveau varie peu avec la saison.
MOF, Matières Organiques Fugitives « Carburant » de l'activité biologique	Matières organiques (résidus végétaux, corps des organismes vivants) facilement dégradables par l'activité biologique. Paramètre fluctuant au cours de la saison (ex : MOF plus faibles en fin de saison).
MOF/MTO	Optimums : → 18 à 20 % en sols non calcaires → 25 à 30 % en sols calcaires. Valeur > optimum : favorable à l'activité biologique au détriment de la fraction organique plus stable (réserve en minéraux et eau) Valeur << optimum : tendance à l'accumulation (attention valeur fluctuante)
3F 3ème Fraction	Fraction de matière organique qui s'est accumulée avec activité biologique. Elle témoigne que le sol est capable de produire de « bons humus ». En cas d'excès, il y a accumulation en raison d'apports organiques importants. La 3F représente un stock de minéraux et d'énergie pour le fonctionnement du sol, ainsi qu'un bon tampon hydraulique (petites éponges).
Ni-Ni	Formes organiques stables qui ne vont ni minéraliser ni s'humifier. Elles indiquent une accumulation sans activité biologique. 3 facteurs expliquent leur accumulation : → Insolubilisation des matières organiques par l'aluminium → Conditions de milieu (trop humide ou trop sec (accumulation brute)) → Apports répétés de matières organiques très stables Ces formes organiques étant très stables, elles peuvent aussi être héritées d'un passé forestier. Optimum (à adapter selon la nature du sol et du climat) : → > 250 : début d'accumulation → > 500 : problèmes de dynamique azotée → > 800 : problème de fertilité (manque d'azote au printemps et gros reliquat azotés entrée hiver) → > 1000 : pré-tourbeux (2500-3000 en tourbière)
CARBO	Test à l'acide chlorhydrique (terrain), mesure de la réserve calcaire du sol (labo). Si pas de réaction (carbo 0) => apport de calcaire. Si chuintement régulier (carbo = 1) => pas d'apport dans l'année qui suit.

Exemples de 8 grands types de sols en Bretagne

Préambule

La partie qui suit présente 8 grands types de sols observables en Bretagne. Cette présentation n'est pas exhaustive, à titre d'exemple, un travail de recensement complet des sols de Bretagne réalisé par l'INRA établit une liste de 320 unités cartographiques de sol (UCS) ou pédopaysages, basées sur les matériaux (roche mère), la topographie, l'occupation du sol et différentes caractéristiques des sols.

L'objectif de cette partie est double :

- cette première édition vise l'identification et la description de 8 sols agricoles bretons,
- et elle fournit des clés de compréhension des sols, par la description d'un exemple de profil réalisé selon la méthode Hérody, par les techniciens du réseau GAB-FRAB Bretagne.

Il est important de préciser que l'approche présentée ici, est une méthode qui s'apprend aux travers de stages et formations spécifiques, pour laquelle l'observation de terrain et l'expérience jouent une place primordiale. Ce livret ne prétend pas rendre autonome le lecteur quant à l'appropriation de cet outil, mais de lui donner des clés pour une meilleure compréhension de son sol.

Il reste difficile de généraliser les caractéristiques d'un type de sol donné. Chaque sol est unique et c'est avant tout une observation fine du terrain, complétée par des mesures chimiques choisies, qui permettra de se faire une idée du comportement agricole d'une parcelle et d'adapter en conséquence ses pratiques.

Différents paramètres sont présentés dans ces exemples. Certains ont été volontairement retirés du fait de la forte variabilité de ces mesures. C'est notamment le cas des minéraux (N, P, K, Ca, Mg), permettant de déceler d'éventuelles carences, mais fortement influencés par le contexte, la météo et les pratiques.

A l'inverse, les paramètres liés aux matières organiques, au cœur de l'approche Hérody, ont été conservés pour illustrer les processus en jeu. Les valeurs présentées ne sont en aucun cas représentatives des types de sol décrits, car elles sont la résultante de pratiques de fertilisation, parfois anciennes, très différentes selon l'activité de production (maraîchage, grandes cultures).

Les exemples présentés ont tous un point commun : ils prennent place sur le Massif Armoricaïn, ce qui leur confère quelques grandes caractéristiques pratiquement généralisables à l'ensemble des sols bretons.

• **Une faible capacité de fixation des sols bretons**, évaluée par le CF. La nature géologique des roches et la circulation de l'eau (lessivage des argiles en profondeur) engendrent très peu de présence d'argiles minéralogiques en Bretagne. La création de complexe argilo-humique, et la formation de liens organo-minéraux s'en trouvent fortement limitée. Les CF sont donc très majoritairement faibles à très faibles, impliquant un risque plus élevé de lessivage des minéraux.

→ Dans ce contexte : les apports fractionnés de matières organiques, en plus petites quantités, sont à privilégier.

• **Une tendance acide des sols agricoles bretons :**

→ Dans ce contexte, les apports calciques sont pratiquement impératifs. Au regard de la sensibilité des sols bretons au lessivage, les produits pulvérulents sont à éviter, ou à apporter uniquement en plus petites quantités au printemps. Les produits grossiers (0-4mm) sont à privilégier puisqu'ils assureront une réserve calcaire au sol, qui pourra être remobilisée sur plusieurs années. La caractérisation de produits grossiers comportant une fraction fine, permettant ainsi une relance rapide de l'activité biologique, reste la meilleure solution, mais cette granulométrie est très variable parmi les produits aujourd'hui disponibles.

• **Des risques d'insolubilisation élevés par l'aluminium**, en lien avec l'altération des roches mères sur le Massif Armoricaïn. La présence de l'aluminium, peut créer des blocages dans la dégradation de la matière organique qui s'accumule, notamment en milieu acide.

→ Le chaulage permet de contrer l'effet de l'aluminium.

• **Des valeurs souvent élevées en NiNi sur les sols bretons.** Ces valeurs élevées sont généralement liées à la présence de l'aluminium, à des conditions trop humides (ex : tourbières) ou trop sèches, ou à des apports répétés de matières organiques trop stables.

Bas fonds

Granites

Limons
Éoliens

Schistes
Briovériens

Grès

Schistes
Grès

Micaschistes

Sables littoraux
calcaires

Glossaire

BAS-FONDS

(exemple de sol)

Localisation : Commune de La Noë Blanche (35)

La concentration des flux d'eau des versants vers une cuvette entraîne la formation d'une zone humide (Pleine-Fougères, 35).

Source : AGROCAMPUS-OUEST

Description générale

Géologie et paysage

Les sols de bas-fonds sont caractérisés par leur localisation sur une surface plane en bas de versant. Ils se sont principalement formés par un transfert des éléments les plus fins liés à l'érosion de la pente. Il s'agit d'une simple accumulation en fond de talweg avec un transport sur une courte distance par gravité/hydraulique. Leur composition est principalement liée à la nature des matériaux meubles des versants dominants.

Ces terrains sont généralement occupés par des prairies localement humides, souvent boisées par des peupleraies. Dans les zones les plus humides on retrouve des essences comme le bouleau, l'aulne ou le saule.

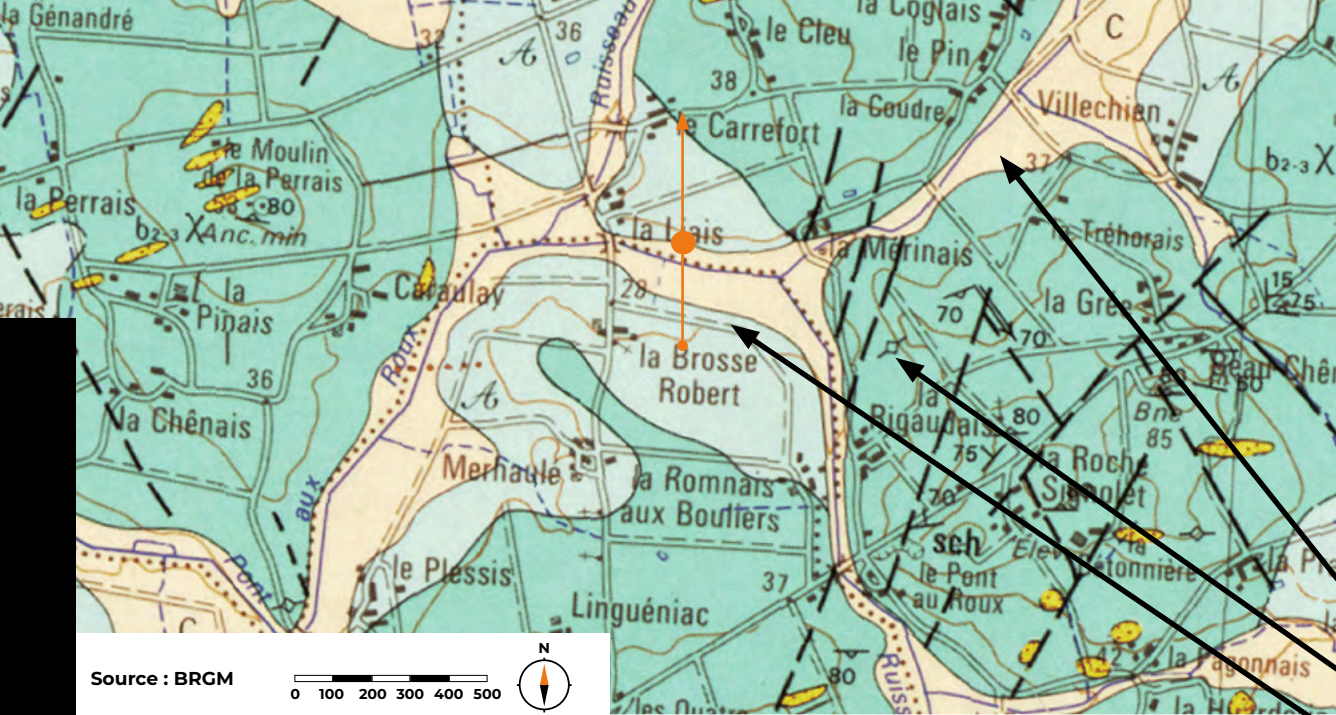
Comportement agricole

Ces sols sont caractérisés par des hydromorphies marquées en hiver et un ressuyage assez lent au printemps. L'agriculture sur ces sols est contrainte par leur capacité à se ressuyer plus ou moins rapidement : les cultures d'hiver (blé tendre, orge) et les cultures sensibles (luzerne) y sont difficilement envisageables. Les zones les moins humides conviennent bien au maïs, tout comme certaines flores prairiales. L'excès d'eau pénalise le réchauffement de ces sols au printemps et diminue l'effet bénéfique des matières fertilisantes. La pierrosité est fortement hétérogène dans ces sols.

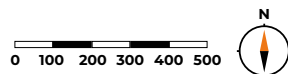


A RETENIR SUR CE TYPE DE SOL :

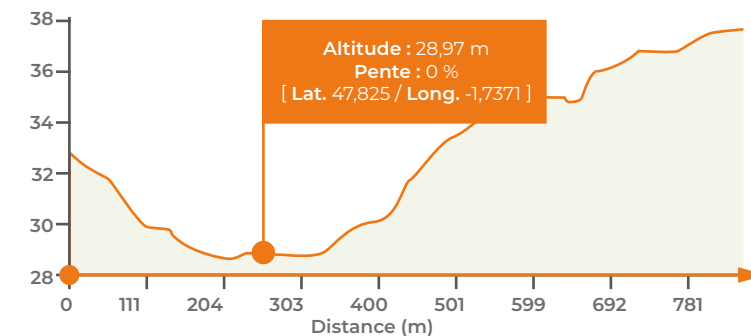
- **Marqueurs sur ce sol :** hydromorphies marquées en hiver, ressuyage assez lent au printemps, bonne réserve en eau facilement utilisable, sols généralement profonds
- **Les points sur lesquels il faut être vigilant :** délais d'interventions au printemps en lien avec l'hydromorphie, pratique du chaulage et des formes à apporter, qualité et dates des apports organiques



Source : BRGM



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Dénivelé positif : 9,28 m

Dénivelé négatif : -4,62

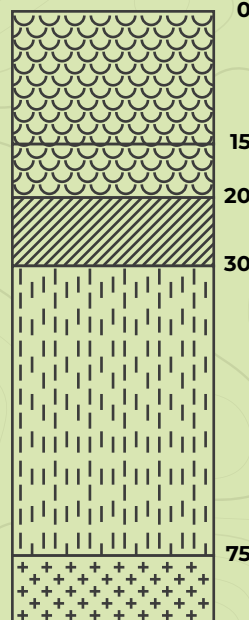
Pente moyenne : 2%

Plus forte pente : 8%

Colluvions de fond et de tête de vallon (argiles, silts, sables)

Siltites fines ou grossières et **wackes quartzes** en alternances rapides : **Séricite, chlorite**

Altérites argilo-sableuses à graviers de quartz émoussés à patine jaune



PROFIL ET INTERPRÉTATION

0-15 cm : horizon superficiel poreux, racinaire dense, feutrage de surface, quelques paquets de matière organique non décomposée, traces de rouille autour des racines

15-20 cm : horizon assez similaire, poreux, à racinaire plus faible

20-30 cm : horizon moins poreux, compact, racines moins présentes, hydromorphie croissante

30-75 cm : horizon hydromorphe (observé jusqu'à 75 cm), assez compacté, microporosité dominante, quelques racines isolées



CONTEXTE AGRICOLE

SYSTÈME DE PRODUCTION :

Polyculture-élevage

ROTATION :

4-5 années prairie – maïs

PROFONDEUR :

80 cm

APPORTS ORGANIQUES :

Pâturage et lisier

APPORTS CALCAIRES :

Apport de Traez un an avant la réalisation du profil



CONTEXTE DU PROFIL

PÉRIODE DE L'ANNÉE :

octobre ou fin mars

PLUVIOMÉTRIE MOYENNE :

700 mm / an

OCCUPATION DU SOL ET PAYSAGE :

prairie de 4-5 ans, paysage bocager

CIRCULATION DE L'EAU :

stagnation de l'eau en hiver, et selon les années du milieu de l'automne au milieu du printemps

ROCHE MÈRE ET MINÉRAUX ISSUS DE L'ALTÉRATION DE LA ROCHE :

Colluvions de fond de vallée, mélange de roches et de minéraux assez hétérogène, ambiance acide

FERTILISATION

Les critères « Hérody »

Matière organique

La teneur en matière organique de ce sol est correcte tout comme le C/N.

Le CF est faible à moyen : ce sol n'a pas un gros pouvoir tampon et est particulièrement sensible à l'érosion. Il valorisera donc très bien de petits apports réguliers plutôt que de gros apports espacés.

La faible proportion de fines indique une très faible capacité à la création de complexe argilo-humique : la structure de ce sol est dominée par l'agrégation via les mucus microbiens (colles biologiques) et les phénomènes d'humectation/dessiccation.

Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)

Cela recoupe les valeurs de NiNi qui semblent maîtrisées : ce sol ne tend vraisemblablement pas vers l'accumulation organique, l'insolubilisation des matières organiques par l'aluminium est modérée. Si la pratique du chaulage peut, en partie, expliquer cette valeur, il est nécessaire d'être prudent sur ce type de sol où le phénomène de réduction (milieu anaérobie) associé à un mouvement d'eau peut « nettoyer » le sol de ses matières organiques les plus stables.

Généralisation / Préconisations : les sols de bas-fonds favorisent en générale des teneurs en NiNi élevées qui s'expliquent par de fortes teneurs en aluminium, et une dégradation partielle des matières organiques apportées en saison à cause de la stagnation d'eau. Si le problème hydraulique n'est pas corrigeable, les apports de matières organiques fraîches ne sont pas appropriés car ils ne seront pas dégradés. Un apport de fumiers bien compostés, en début d'été, et un amendement en calcaire grossier est la meilleure option.

HYDRAULIQUE

La contrainte principale de ce sol est l'excès d'eau lié à un manque de pente, une situation en bas de versant, et à la présence d'une nappe permanente à faible profondeur.

Généralisation / Préconisations : La problématique d'engorgement en eau de ce sol prédomine sur les autres leviers à actionner. Des cultures en planches pour surélever le sol et lui permettre de s'égoutter rapidement seraient une piste, bien que complexe à mettre en œuvre, pour augmenter son potentiel agronomique. Si cette pratique n'est pas envisageable, les autres paramètres (chaulage, porosité, apports organiques) doivent être mis en œuvre pour optimiser au maximum son potentiel agronomique lorsqu'il est ressuyé.

TRAVAIL DU SOL

Le pourcentage de fines est faible, ce qui peut témoigner d'un mouvement d'eau dans ce sol qui présente une dominante de particules de type limons moyens (vraisemblablement granulométriques, avec une faible proportion de minéralogiques).

La pierrosité est à l'optimum et confère à ce sol une charpente naturelle limitant le risque de tassement. Néanmoins, des interventions trop précoces au printemps peuvent induire des phénomènes de compaction.

La possibilité d'avoir une structure via le complexe argilo-humique est faible. L'alternance dessèchement/humectation permettra de créer de la porosité/structure, tout comme l'activité biologique qui nécessitera de l'oxygène, peu présent passé 30 cm (porosité plus réduite et hydromorphie marquée).

Généralisation / Préconisations : l'excès d'eau réduisant la portance sur ces sols, la mise en culture est à réserver aux zones les plus drainantes. Le travail du sol sera réalisé quand le sol sera suffisamment ressuyé, même en profondeur (les interventions précoces pouvant entraîner de la compaction sont à proscrire). Tout travail du sol s'accompagnera de l'incorporation de biomasse (racinaire de prairie, engrais verts) pour favoriser la réagglomération du sol et éviter l'érosion particulaire, particulièrement préjudiciable dans ce cas où la nappe d'eau est proche. Le travail du sol doit donc être positionné plutôt en fin de printemps ou en fin d'été en lien avec les minéralisations.



COMPOSANTES CHIMIQUES

- **Carbo et état acido-basique**
Carbo de 1 en surface et de 0 passé 15 cm
- **Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)**
Risque aluminium de 0.9 en surface et de 1 en profondeur
Valeurs en NiNi de 367 en surface et 117 en profondeur
- **CF de 0.3 en surface et de 0.4 en profondeur**
- **Matières organiques**
% MO : 3.08% C/N : 8.6
- * le carbone organique et le C/N sont des critères délivrés en routine sur les bordereaux d'analyses « classiques ». Intéressants pour appréhender le % total de MO d'un sol, ils ne permettent pas de différencier les différentes natures de MO



COMPOSANTES PHYSIQUES

- **Texture : limon fin**
- **Pierrosité :**
5% (surface) à 12% (profondeur), et fines de type « limons fins »
- **Porosité naturelle du sol**
Bonne porosité jusqu'à 30 cm. Dans la zone hydromorphe, porosité plus réduite et horizon assez compacté
- **Tassement et risque de compaction :**
Risque d'auto-tassement nul à faible.
- **Structure :**
Pas de structure grumeleuse et assemblages plutôt fragmentaires
- **Hydraulique et hydromorphie :**
Hydromorphie marquée passé 30 cm
- **Profondeur :**
Sol profond (> 75 cm)

GRANITES

(exemple de sol)

Localisation : Commune de Saint Ouen des Alleux (35)

Bassin de Tinténiac (schistes Briovériens ou limons éoliens) et barre de granite de Bécherel en limite nord du bassin de Rennes.

Source : AGROCAMPUS-OUEST

Description générale

Géologie et paysage

Le granite est une roche plutonique magmatique très résistante, et issue du refroidissement lent et en profondeur du magma. Cette remontée d'une roche granitique plus résistante à travers les autres couches géologiques (ex : schistes), déjà en place, va créer par endroits de spectaculaires chaos.

L'altération du granite peut conduire à la formation de sables grossiers. Les sols sur granite à gros grains sont ainsi caractérisés par une forte teneur en sable et un caractère séchant.

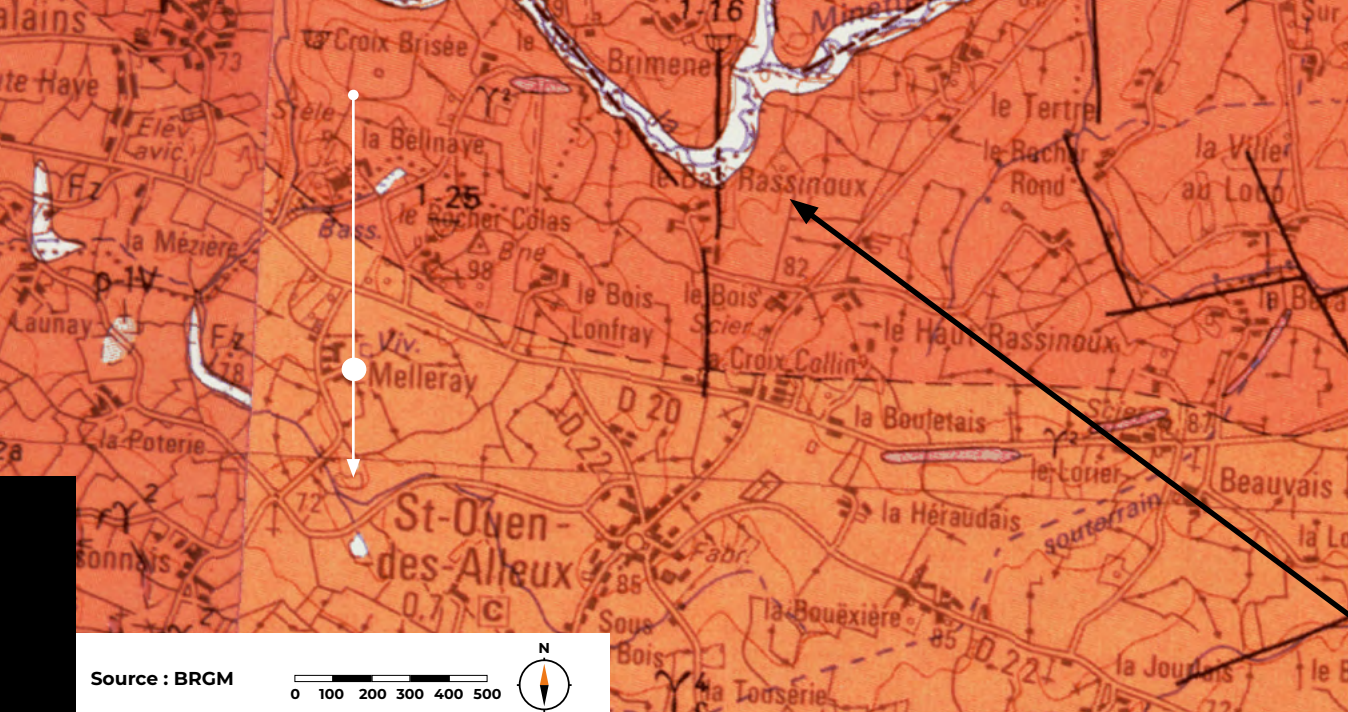
Comportement agricole

L'agriculture sur ces sols est contrainte par l'aspect séchant de ces terrains. Les cultures de printemps (blé de printemps) ou d'été (maïs, légumes de plein champ) sont difficilement réalisables sans irrigation. Très drainants, ils bénéficient d'un ressuyage rapide permettant des interventions précoces et ce, même après des épisodes pluvieux intenses. Ils se réchauffent rapidement permettant des semis plus précoces. L'activité biologique est cependant limitée lorsque l'eau vient à manquer (réserve en eau faible). L'ambiance naturellement acide et la présence d'aluminium renforce l'importance des apports calcaires.

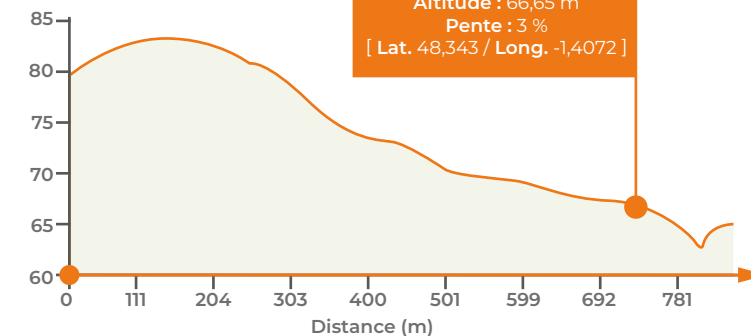


A RETENIR SUR CE TYPE DE SOL :

- **Marqueurs sur ce sol :** forte proportion de sable, sols séchant de profondeur variable, réserve en eau généralement limitée, se réchauffent rapidement, possibilité de relance précoce de l'activité biologique (apports riches en sucres)
- **Les points sur lesquels il faut être vigilant :** sensibilité à l'érosion et sécheresse des sols en été. Importance des haies, sols à tendance acide, importance du chaulage (acidité, risque aluminium)



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Dénivelé positif : 6,04 m

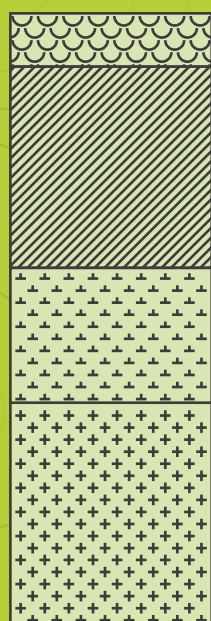
Dénivelé négatif : -20,78

Pente moyenne : 4%

Plus forte pente : 12%

Granodiorite à biotite

PROFIL ET INTERPRÉTATION



0-10 cm : horizon superficiel très poreux, à fort chevelu racinaire, sain, grumeleux

10-30 cm : horizon plus massif, moins poreux, sain, à enracinement plus faible. Galerie de mulot à 14 cm.

30-50 cm : horizon altéré et fracturé, sol encore en place à 50 cm. Changement de couleur à 30 cm : altérite dégradée

De manière générale sur le profil :

- Sol d'épaisseur moyenne
- Pas de traces d'hydromorphie, sol sain
- Forte pierrosité



CONTEXTE AGRICOLE

SYSTÈME DE PRODUCTION :

Polyculture-élevage

ROTATION :

4-5 années prairie - maïs - céréale d'hiver

PROFONDEUR :

50 cm

APPORTS ORGANIQUES :

Faibles apports de fumier

APPORTS CALCAIRES :

Historique non connu de la parcelle



CONTEXTE DU PROFIL

PÉRIODE DE L'ANNÉE :

Novembre à février

PLUVIOMÉTRIE MOYENNE :

750 mm / an

OCCUPATION DU SOL ET PAYSAGE :

Prairie de 4-5 ans, paysage bocager

CIRCULATION DE L'EAU :

Bonne circulation de l'eau

ROCHE MÈRE ET MINÉRAUX ISSUS DE L'ALTÉRATION DE LA ROCHE :

Granodiorite à biotite (fournit Fe, K, Mg, Mn) et cordiérite (fournit Al, Mg, Si)

FERTILISATION

Les critères « Hérody »

Matière organique

Le pouvoir tampon de ce sol est faible (petit CF) : ce qui est minéralisé dans l'année est soit utilisé par les plantes, soit lessivé. Les apports doivent donc être modérés, fractionnés et réalisés avant une période poussante. Le lisier est déconseillé et les apports de fumier ne dépasseront pas, idéalement, 10-15 t/ha.

Le pourcentage de matière organique est élevé et supérieur à 4%, tout comme le rapport C/N : ce sol présente un haut niveau organique, dominé par une fraction stable, comme le traduit le niveau de NiNi élevé.

La fraction facilement valorisable est faible : ce sol manque de fraction labile comme source d'énergie pour les micro-organismes. Cela pourra être apporté par des apports de sucre (C fermentescible) et d'azote, par l'intermédiaire de fumier assaini (compost jeune), d'engrais verts voir de fourrages frais incorporés au sol quand l'eau n'est pas limitante. Tout apport trop stable type BRF ou compost de déchets verts est à proscrire car le sol est déjà bien fourni en MO stables.

Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)

Le risque d'aluminium élevé s'explique par la nature granitique du substrat, qui libère de l'aluminium lors de son altération. Ce niveau élevé est donc à pondérer dans ces sols naturellement hyperalumineux. L'action complexante de l'aluminium bloque la dégradation des matières organiques, que l'on retrouve avec des niveaux de NiNi élevés.

HYDRAULIQUE

L'absence d'hydromorphie sur ces sols n'implique aucune gestion spécifique.

Généralisation / Préconisations : ces sols sont généralement filtrants (forte proportion de sable, pierrosité moyenne à élevée) et rarement hydromorphes. La réserve en eau est généralement peu importante.

TRAVAIL DU SOL

Les particules étant en grande proportion des sables, le risque d'auto-tassement et de compaction de ce sol est faible. La création d'agrégats est ici très fortement liée à l'activité biologique par la production de mucus microbiens. Elle est donc dépendante de l'état hydrique du sol et sera saisonnière.

Au vu des particules qui dominent, le travail du sol ne pourra être considéré ici que pour la gestion de l'enherbement voir pour maîtriser la population de mulots, mais ne permettra pas d'améliorer la porosité.

Généralisation / Préconisations : Du fait de la prédominance d'éléments grossiers, il n'y a pas de possibilité de favoriser la formation d'un complexe argilo-humique (colle organo-minérale). La structure de ce sol passera par l'agrégation via les mucus microbiens (colle biologique). La pierrosité variable de ces sols peut limiter d'autant la réserve facilement utilisable en eau lorsqu'elle est supérieure à 10%. Le risque d'auto-tassement étant inexistant dans ce sol, les exploitations précoces (déprimages, fauches, travail du sol précoces et épandages) sont envisageables.



COMPOSANTES CHIMIQUES

- **Carbo et état acido-basique**
Carbo de 0 en surface et en profondeur : un chaulage est à réaliser car ce sol est dégradé
- **Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)**
Risque aluminium de 2.1 en surface et de 3.3 en profondeur (seuil d'alerte à partir de 0.5)
Valeur de NiNi de 761 en surface (optimum à 400-500 dans ces sols hyperalumineux)
- **CF de 0.1 en surface et de 0.1 en profondeur**
- **Matières organiques***
% MO : 4,02% C/N : 9.8

* le carbone organique et le C/N sont des critères délivrés en routine sur les bordereaux d'analyses « classiques ». Intéressants pour appréhender le % total de MO d'un sol, ils ne permettent pas de différencier les différentes natures de MO



COMPOSANTES PHYSIQUES

- **Texture : limon sableux**
- **Pierrosité :**
moyenne à élevée selon l'état de dégradation de l'altérite et la profondeur de sol
- **Porosité naturelle du sol**
Porosité importante liée à la forte proportion de sables.
- **Tassement et risque de compaction :**
Risque d'auto-tassement et de compaction faible.
- **Structure :**
Structure particulaire
- **Hydraulique et hydromorphie :**
très bonne circulation et absence de compaction, pas d'hydromorphie, même saisonnière
- **Profondeur : > 50 cm**
Le sol présenté montre une altérite fortement fracturée à 30 cm avec sol encore en place en-dessous

Exemple de toposéquence et de circulation de l'eau sur Granites :

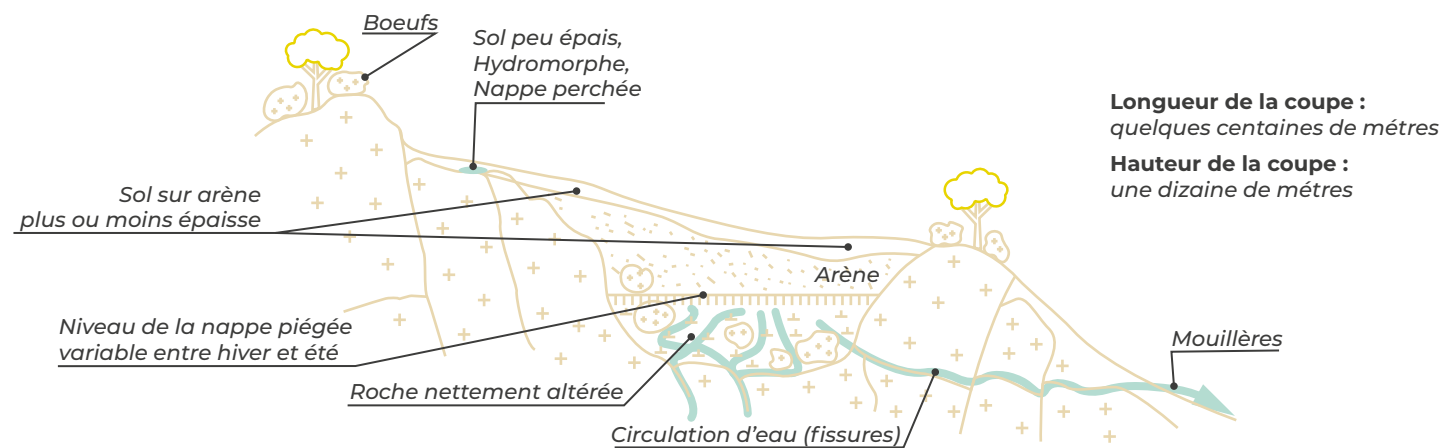


Illustration d'après le "guide agronomique des sols de Basse-Normandie"



LIMONS ÉOLIENS

(exemple de sol)

Localisation : Commune de Saint Pôl de Léon (29)

Photo d'un sol sur limon éolien.
Source : AGROCAMPUS-OUEST

Description générale

Géologie et paysage

Les limons éoliens sont des dépôts apportés par le vent, à la fin de la dernière glaciation. Ils recouvrent différentes natures de roches mères, généralement par placages d'épaisseurs variables (de 0.5 m jusqu'à 25 m). Seuls les placages les plus épais sont représentés sur les cartes géologiques. Le recouvrement de la roche mère a eu pour effet de « lisser » les reliefs les moins développés, ménageant des paysages de plateaux, refaçonnés par l'érosion et les cours d'eau.

Comportement agricole

Les sols sur limons éoliens, sains et profonds ont de bons potentiels.

Ils sont caractérisés par une proportion élevée de particules de faibles diamètres leur permettant de retenir facilement l'eau même en période de déficit de pluviométrie. Cette réserve en eau sera d'autant plus importante que la couverture limoneuse sera épaisse. Ils sont généralement marqués par une bonne porosité facilitant la circulation de l'eau et de l'air, mais favorable au lessivage.

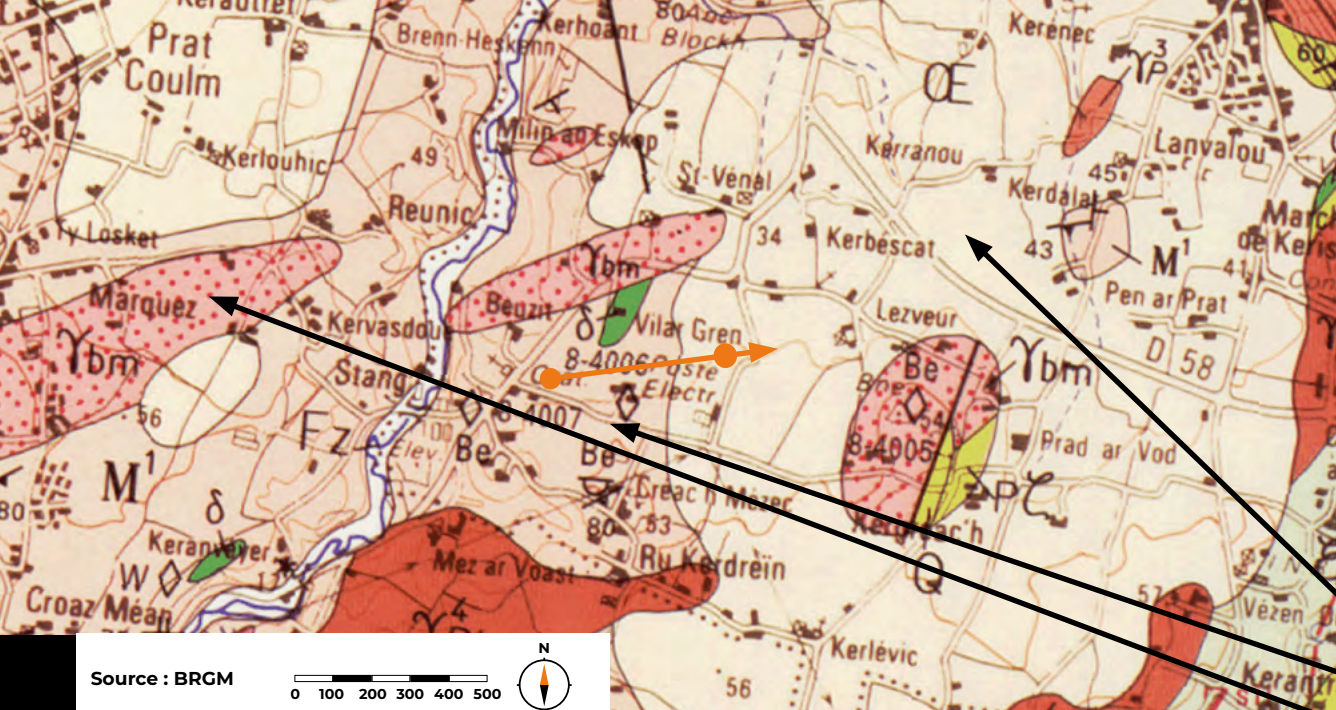
La contrepartie de cette texture est la sensibilité à la compaction de ces sols, notamment en période pluvieuse, marquée par une lente infiltration de l'eau, un manque de portance et des phénomènes de tassement. Ils sont également sensibles à la battance en surface.



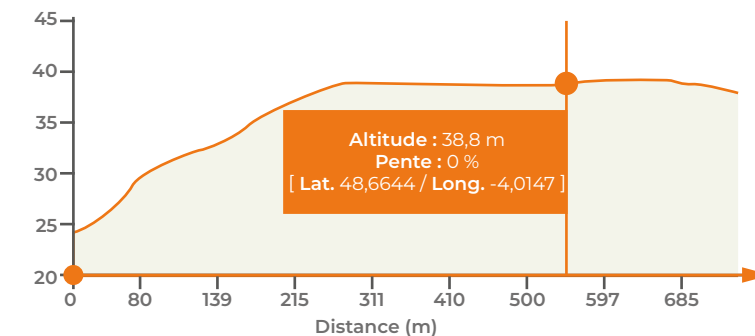
A RETENIR SUR CE TYPE DE SOL :

Marqueurs sur ce sol : réchauffement assez lent au printemps, sol profond, bonne réserve en eau, bonne porosité, bon potentiel. Sol adapté (entre autres) aux cultures légumières

• **Les points sur lesquels il faut être vigilant :** sensibilité à l'érosion, importance des haies, structure assez fragile induisant lessivages et tassements en profondeur



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Dénivelé positif : 16,01 m

Dénivelé négatif : -1,85

Pente moyenne : 3%

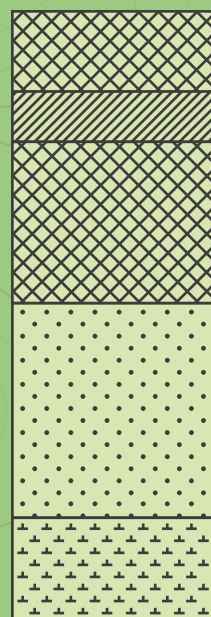
Plus forte pente : 10%

Limons et dépôts associés

Gneiss migmatite de l'Horn

Complexe plutonique de Roscoff : Autres granites à deux micas

PROFIL ET INTERPRÉTATION



0

0-55 cm : limon gris foncé, avec légère présence sableuse, sol très battant en surface. Bonne structure grumeleuse, saine. Léger tassement entre 0 et 15cm, puis marqué de 15cm à 25cm. Aucun tassement en dessous, comportement de « pâte de beurre »

15

25

55

55-120 cm : horizon plus minéral, beige, sain, de texture limono-sableuse. Aspect décoloré par endroits, signes de lessivage vertical ou horizontal

120

> 120 cm : horizon d'altération, de granite grossier, infiltrant, décelé par endroits (limite de taille de tarière)



CONTEXTE AGRICOLE

SYSTÈME DE PRODUCTION :

Légumier

ROTATION :

Choux, oignons, pommes de terre, céréales, couverts

PROFONDEUR :

>1.2 m

APPORTS ORGANIQUES :

Non précisé

APPORTS CALCAIRES :

Non précisé



CONTEXTE DU PROFIL

PÉRIODE DE L'ANNÉE :

Mars

PLUVIOMÉTRIE MOYENNE :

800 à 900 mm/an, climat doux et humide

OCCUPATION DU SOL ET PAYSAGE :

Paysage de plateau (sud-ouest de Saint-Pol de Léon), avec nombreux talus non plantés

CIRCULATION DE L'EAU :

Bonne capacité de ressuyage liée à la porosité

ROCHE MÈRE ET MINÉRAUX ISSUS DE L'ALTÉRATION DE LA ROCHE :

Roche mère indiquée entre limon éolien épais issu du quaternaire et quelques taches de granite. Attention, la carte géologique ne mentionne pas les placages (limons éoliens) de moins de 1 mètre.

FERTILISATION

Les critères « Hérody »

Matière organique

Le CF, faible en surface, augmente sensiblement en profondeur en lien avec un lessivage de particules fines. Le ratio, MOF/MTO est à 14%, ce qui est un peu juste sur des cultures légumières à fort besoin.

La 3F, signe d'une accumulation avec activité biologique, est sensiblement au-dessus de l'optimum, traduisant un début d'accumulation sur ces sols où le risque de blocage de la matière organique par l'aluminium est pourtant faible.

Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)

Le niveau de NiNi est très acceptable et paraît cohérent avec la situation globale de ce sol.

Le fonctionnement organique bénéficie d'une structure propice à l'activité biologique intense et il n'y a pas de signes d'accumulation excessive de matières organiques.

Le « moteur » est bon, il faut choisir le bon carburant. Il est donc conseillé de limiter la quantité des apports organiques en lien avec le petit CF, et de réaliser des apports équilibrés :

- **1.** peu compostés au printemps et riches en sucre (ex : fumier bovin composté jeune (2 mois) voir frais, goémon, engrais verts).
- **2.** des apports de compost mûr une année sur deux (ex : fumier bovin, 15-20T/ha), en fin d'été, pour compenser la forte minéralisation de ce sol.

C'est ici le principe des doubles apports : ils doivent toujours être pratiqués en conditions ressuyées.

HYDRAULIQUE

Bien qu'aucun signe d'hydromorphie n'est observé sur le profil, la zone de tassement observée est propice à une hydromorphie saisonnière, qui n'est pas uniquement liée au sol, mais avant tout liée aux nombreuses interventions inhérentes aux cultures légumières.

Généralisation / Préconisations : Les phénomènes de compaction peuvent ponctuellement engendrer des excès d'eau par défaut d'infiltration ou de circulation latérale. Lorsque le sol est nu ou a été travaillé, il reste très sensible à l'érosion, notamment lors d'épisodes pluvieux massifs. La couverture du sol, le maintien d'une bonne cohésion structurale (colle biologique), et l'implantation de haies permet de prévenir ces phénomènes.

TRAVAIL DU SOL

La structure « élastique » de ce sol lui confère une bonne solidité apparente, autorise une certaine souplesse dans les différentes interventions, et permet de « passer » en hiver pour diverses récoltes (légumes) qui pourront être « rattrapées » en sortie d'hiver. Cette micro-structure facilite le ressuyage des parcelles, en apparence. Ce micro-squelette minéral reste fragile, et induit également une tendance au lessivage vertical, et une certaine sensibilité au tassement, que l'on observe ici à la limite inférieure de profondeur de passage des outils de travail du sol.

Cette sensibilité au tassement amène à envisager des solutions plus « douces » :

- Un passage de sous-soleuse tous les deux à trois ans, en fonction des observations de tassement profond ;
- En sortie d'hiver, des apports organiques groupés en un seul passage sur des sols portants, par exemple sur engrais vert d'hiver ;
- Le choix d'outils non-animés : actisol, vibroculteur, rotoherse, etc.

Généralisation / Préconisations : Un travail du sol inadapté peut perturber l'écoulement hydrique sur ces sols. Sensibles au tassement, il faut intervenir uniquement sur sol ressuyé. Un travail du sol trop fin favorisera leur prise en masse et leur sensibilité à la battance. Des interventions profondes (décompactage) peuvent être adaptées en cas de compaction.



COMPOSANTES CHIMIQUES

- **Carbo et état acido-basique**
Carbo 1 : niveau de réserve calcaire faible mais non nulle
- **Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)**
Risque aluminium de 0,3 (seuil d'alerte à partir de 0,5)
Valeur en NiNi de 225 (optimum < 250-300)
- **CF de 0.5 en surface et de 0.8 en profondeur**
- **Matières organiques**
MOF/MTO : 14 %
(optimum 18 à 20%)
3F : 0.9 en surface
(optimum à 0,3 en lien avec le faible risque aluminium ici)



COMPOSANTES PHYSIQUES

- **Texture : limon grossier à fin.**
un peu d'argiles vraies
(fond de profil)
- **Porosité naturelle du sol**
Présence d'une microstructure assez spécifique (limons de forme sphérique), avec orifices réguliers observables à la loupe, permettant une bonne circulation de l'air et de l'eau.
- **Tassement et risque de compaction :**
Sol relativement sensible au tassement
- **Structure :**
Bonne structure, bonne aération, bon enracinement, mais zones tassées en profondeur. Forte sensibilité à la battance sur sol nu.
- **Hydraulique et hydromorphie :**
a priori sensibilité au lessivage, mais traces de fer peu visibles
- **Profondeur :** > 120 cm

Exemple de toposéquence et de circulation de l'eau sur Limons éoliens :

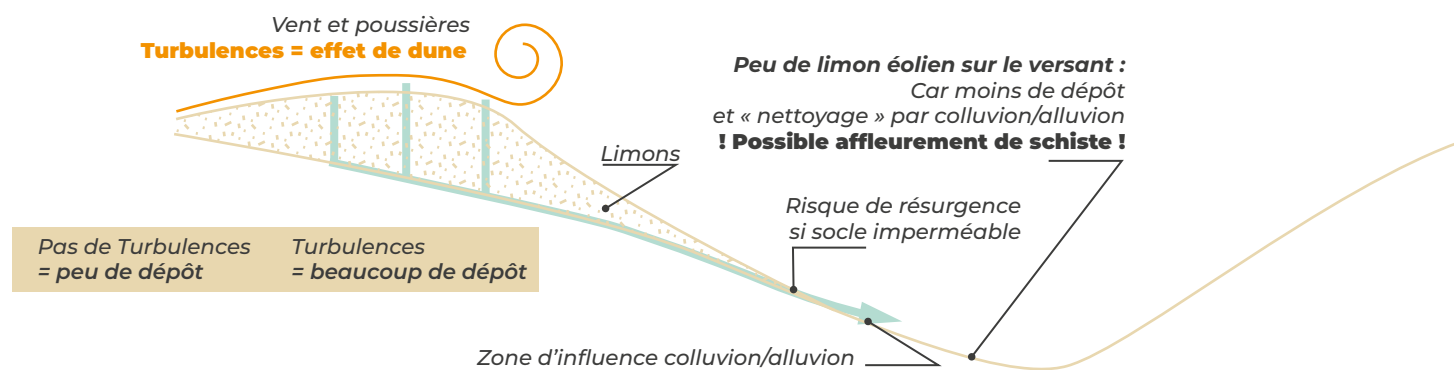


Illustration d'après Yves Hardy

SCHISTES BRIOVÉRIENS

(exemple de sol)

Localisation : Commune de Lanouée (56)

Collines sur schiste tendre (briovérien) dans le Nord-Est du Morbihan. Le schiste tendre, facilement altérable, forme des reliefs caractérisés par des versants longs et peu pentus. Les sols peu profonds des sommets de butte sont fréquemment occupés par des bois.

Source : AGROCAMPUS-OUEST

Description générale

Géologie et paysage

Le schiste briovérien est une roche relativement tendre, de couleur brun-jaune à vert-jaune, qui se présente en une superposition de feuillets plus ou moins fins dont l'altération conduit à l'individualisation des feuillets de schiste qui se séparent facilement. L'altération de ces feuillets conduit à la libération d'éléments fins (limons grossiers et fins). Les sols sur schistes Briovériens sont donc principalement limoneux avec une structure fragile.

Le relief des terrains à substrat briovérien est caractérisé par une succession de collines et de vallées généralement peu marquées, dû à une succession de schistes plus ou moins durs.

Comportement agricole

Ces sols ont une structure fragile avec une forte tendance à l'érosion, voir au compactage pour les sols dont la charge en cailloux est faible (bas de pente). Il n'en reste pas moins que les sols sur schistes briovériens, quand ils sont profonds (bas de pente), conservent un bon potentiel.

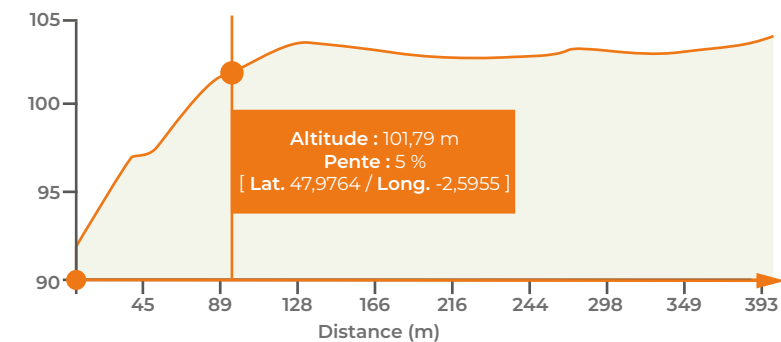


A RETENIR SUR CE TYPE DE SOL :

- **Marqueurs sur ce sol :** sols souvent profonds, sensibles à la battance et au tassement (limons), porosité moyenne à bonne, hydromorphie variable selon le contexte. Une conduite adaptée leur confère un bon potentiel.
- **Les points sur lesquels il faut être vigilant :** sols acides (roche mère), intervention sur sols ressuyés, importance du chaulage, sensibilité à l'érosion (pente), importance des haies.



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Dénivelé positif : 13,05 m

Dénivelé négatif : -1,42

Pente moyenne : 4%

Plus forte pente : 16%

Schistes briovériens : variante de schiste briovériens

Dépôts de l'Oust (fleuve) : Nappe résiduelle à galets de quartz

PROFIL ET INTERPRÉTATION

0-5 cm : horizon superficiel poreux, racinaire dense, feutrage de surface, présence de matière organique non décomposée

5-25 cm : horizon d'aspect massif mais encore poreux et homogène. Racinaire sensiblement plus faible. Présence de nombreux feuillets de schistes

25-40 cm : horizon moins poreux. Présence de racinaire. Sol ocre / jaune (caractéristique de ce schiste tendre). Observation d'un fragment de quartz « volant »

>40 cm : horizon de couleur ocre / gris

De manière générale sur le profil :

→ Pas de traces d'hydromorphie, sol sain

→ Très bonne exploration racinaire, à plus de 60 cm de profondeur



CONTEXTE AGRICOLE

SYSTÈME DE PRODUCTION :

Production laitière

ROTATION :

Prairies de longue durée en RGA/fétuque/trèfle

PROFONDEUR :

>60 cm

APPORTS ORGANIQUES :

Fumier composté tous les 2 ans en février

APPORTS CALCAIRES :

Impasse depuis au moins 10 ans



CONTEXTE DU PROFIL

PÉRIODE DE L'ANNÉE :

Décembre

PLUVIOMÉTRIE MOYENNE :

780 mm / an

OCCUPATION DU SOL ET PAYSAGE :

Prairie, paysage bocager

CIRCULATION DE L'EAU :

Bonne circulation de l'eau

ROCHE MÈRE ET MINÉRAUX ISSUS DE L'ALTÉRATION DE LA ROCHE :

Résidus de schistes et fragments de quartz. Libération de Si et Al en majorité, et bon niveau de Fe

FERTILISATION

Les critères « Hérody »

Matière organique

Le CF est faible : ce sol doté d'un pouvoir tampon très faible dispose d'une capacité de réserve très réduite. Tous les apports doivent être modérés, fractionnés, et réalisés au printemps.

Le rapport MOF/MTO est relativement bon, bien que plus faible en profondeur. A la date de réalisation du profil, ce ratio témoigne d'une réserve en fraction labile de la matière organique qui sera favorable à l'activité biologique.

La 3F est légèrement supérieure à l'optimum. Sur ce paramètre, ce sol ne semble pas présenter de signe alarmant d'accumulation avec activité biologique.

Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)

Cette parcelle a un taux record d'aluminium. A de tels niveaux, il est possible d'observer des fontes de semis par toxicité aluminium. Ce paramètre explique le niveau de NiNi très élevé (proche du pré tourbeux), par blocage du processus de dégradation de la matière organique (insolubilisation). Au regard des valeurs en NiNi observées (> 800-1000), cette accumulation peut engendrer des problèmes de fertilité du sol par la perturbation du cycle de l'azote (manque crucial d'azote au printemps et très gros reliquats azotés en entrée d'hiver).

Il est nécessaire, dans ce cas, d'éviter les apports organiques stables (ex : fumier pailleux ou composté) et commencer par un chaulage massif qui aura pour objectif de limiter l'effet de l'aluminium.

HYDRAULIQUE

Sol sain ne nécessitant aucune gestion spécifique. Le sol est profond et assure une réserve en eau suffisante pour les cultures.

Généralisation / Préconisations : Les sols plus profonds (bas de pente), peuvent souffrir d'un excès d'eau. Ces sols étant sensibles à l'érosion, la présence de haie perpendiculaire à la pente peut prévenir ce phénomène. Le réseau bocager peut aussi permettre l'évacuation des excès d'eau hivernaux par les fossés et chemins creux bordant les parcelles.

TRAVAIL DU SOL

La structure fragile observée sur l'exemple est caractéristique des sols sur schistes briovériens. La pierrosité variable limite toutefois le risque d'auto-tassement, important du fait de la présence dominante des limons.

Généralisation / Préconisations : Un travail du sol inadapté peut perturber l'écoulement hydrique sur ces sols. Sensibles au tassement, il faut intervenir uniquement sur sol ressuyé. Un travail du sol trop fin favorisera leur prise en masse et leur sensibilité à la battance. Des interventions profondes (décompactage) peuvent être adaptées en cas de compaction.



Campénéac, carrière de schiste
Source : AGROCAMPUS-OUEST



COMPOSANTES CHIMIQUES

- **Carbo et état acido-basique**
Carbo de 0 dès l'horizon de surface
- **Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)**
Risque aluminium : 1.9 en surface et 2.5 en profondeur (optimum <0.5)
Valeurs en NiNi : 1110 en surface (optimum 400 à 500 dans ces sols hyperalumineux)
- **CF de 0.3 en surface et de 0.8 en profondeur**
CF très faible ainsi que la part de fines qui sont composés de limons.
- **Matières organiques**
MTO surface : 3,7
MTO profondeur : 2,45
3F : 0.9 (optimum de 0.5 à 0.8)



COMPOSANTES PHYSIQUES

- **Texture : limon grossier**
- **Pierrosité : non réalisée**
- **Porosité naturelle du sol**
La bonne quantité de résidus schisteux assure une relative porosité
- **Tassement et risque de compaction :**
Sols à dominante de limons sensibles au tassement et à la prise en masse
- **Structure :**
Pas de structure grumeleuse apparente, mais sol assez poreux et friable
- **Hydraulique et hydromorphie :**
Pas de traces d'hydromorphie
- **Profondeur : > 60 cm**

**Exemple de toposéquence
et de circulation de l'eau sur Schistes briovériens :**
(cas général – cf cas 1 « schistes et grès » p.47)

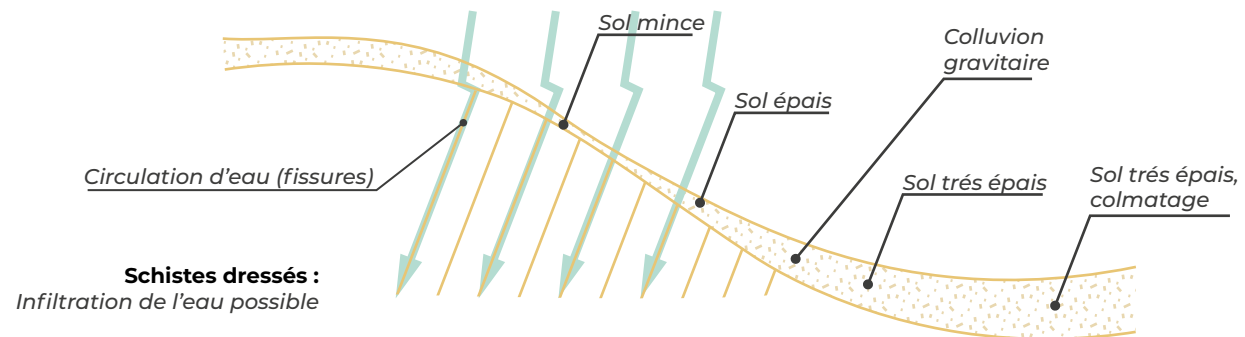


Illustration d'après Yves Hardy

GRÈS

(exemple de sol)

Localisation : Commune de Crozon (29)

Sol sur Grès (altérite de grès quartziteux)
Source : AGROCAMPUS-OUEST

Description générale

Géologie et paysage

Le grès est une roche sédimentaire issue de l'agrégation de grains de sable. C'est une roche généralement dure et imperméable. Les sols sur grès sont donc principalement marqués par une texture sableuse. En fonction de l'origine des grains de sable, l'altération de ce grès conduit à la libération de microquartz colmatant que l'on retrouve alors en fond de profil. Les différences de perméabilité entre les couches (roche imperméable) peuvent conditionner la présence de différents niveaux de nappes perchées.

Les grès forment des reliefs pouvant être marqués. Le paysage est souvent accidenté, les terres peu fertiles et maigres alternent entre zones cultivées, bois et landes.

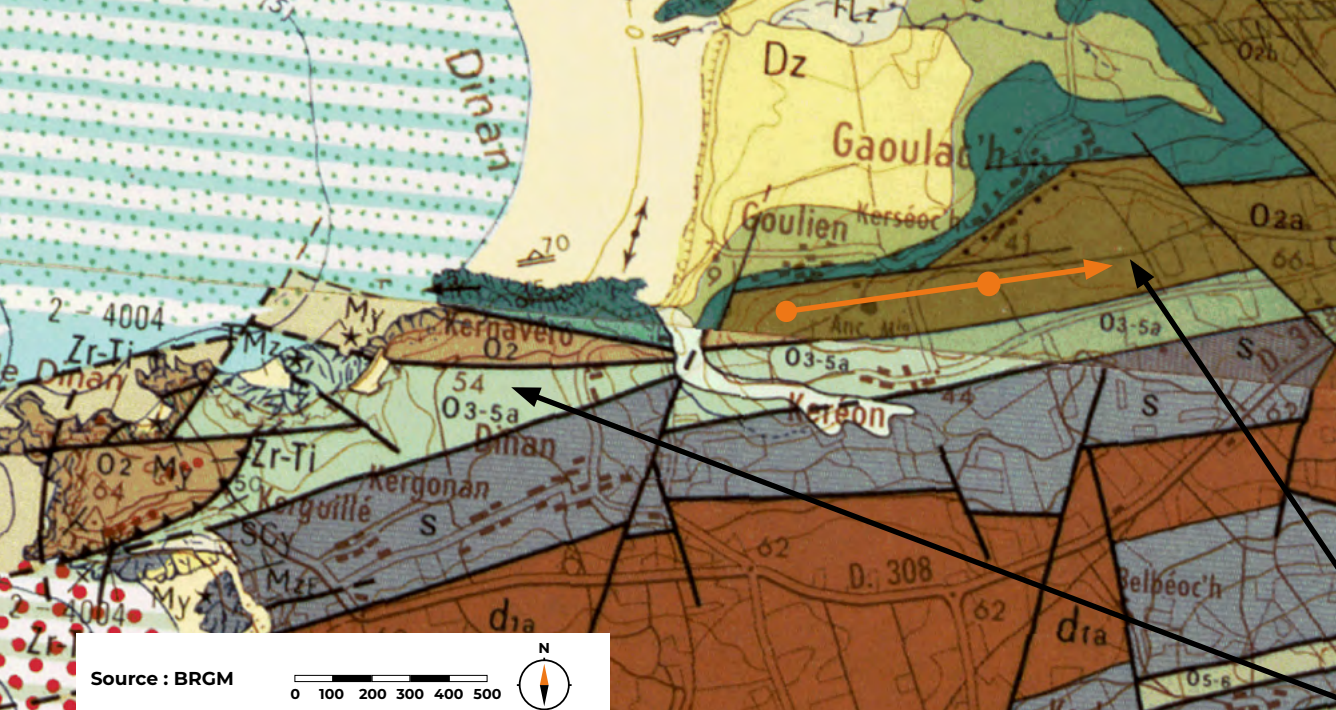
Comportement agricole

Les sols superficiels sur grès sont généralement pauvres à tendance acide, notamment en sommet de colline et en haut de pente. Ils sont très sensibles au lessivage, par des circulations souvent latérales. Ils peuvent être localement hydromorphes en fonction de la perméabilité du substrat. L'acidité est marquée, en lien avec les minéraux fournis par l'altération des roches mères. Ce sont des sols généralement séchants en été, humides en hiver.

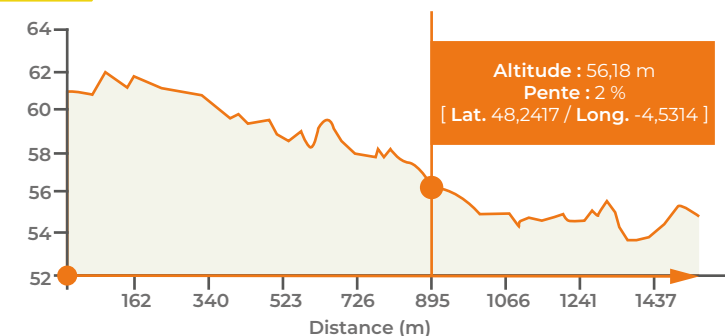


A RETENIR SUR CE TYPE DE SOL :

- **Marqueurs sur ce sol :** Sol habituellement maigre (exemple ici assez épais), à faible potentiel, importance de la matière organique pour retenir l'eau, sans excès
- **Les points sur lesquels il faut être vigilant :** Sol assez pauvre en nutriments comme en bases. Sol assez fragile, avec circulation d'eau particulière. Gestion des MO, orientée vers des produits fermentescibles plutôt que stables



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Dénivelé positif : 9,01 m

Dénivelé négatif : -15,26

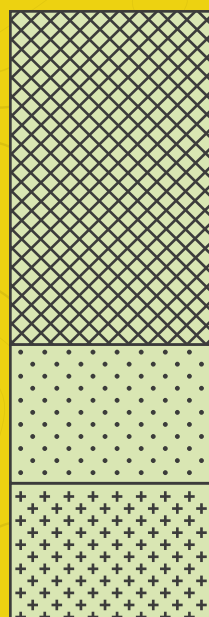
Pente moyenne : 2%

Plus forte pente : 9%

Grès Armoricaïn : dépôts indifférenciés (quartzites massifs blancs, ou à lits graveleux, schistes)

Schistes de Postolonnec et «Grès de Kermeur» indifférenciés (schistes ardoisiers sombres à passées gréseuses)

PROFIL ET INTERPRÉTATION



0-45 cm : horizon de couleur gris foncé, structure particulière sans agrégats, texture sableuse humifère, perméabilité apparente assez bonne

45-60 cm : horizon de couleur ocre à texture sablo-limoneuse

De manière générale sur le profil :

- Sol épais
- Pas de traces d'hydromorphie, sol sain
- Forte pierrosité

ADAPTER SES PRATIQUES À LA NATURE DE SON SOL - PAGE 40



CONTEXTE AGRICOLE

SYSTÈME DE PRODUCTION :

Maraîchage diversifié

ROTATION :

Parcelle ouverte après précédent friche

PROFONDEUR :

Sols assez profonds sur le secteur

APPORTS ORGANIQUES :

Non précisé

APPORTS CALCAIRES :

Non précisé



CONTEXTE DU PROFIL

PÉRIODE DE L'ANNÉE :

Octobre 2007

PLUVIOMÉTRIE MOYENNE :

600 mm / an. Zone non gélive, à proximité de la côte.

OCCUPATION DU SOL ET PAYSAGE :

Parcelles à faible pente, réseau de chemins et talus qui permettent l'accumulation mais perturbent la circulation hydraulique. Aux alentours, nombreuses friches côtières, à prunellier. Quelques parcelles encore ouvertes par l'activité agricole.

CIRCULATION DE L'EAU :

Formation rapide de nappes perchées, parfois en milieu ou à proximité du point haut de la parcelle.

ROCHE MÈRE ET MINÉRAUX ISSUS DE L'ALTÉRATION DE LA ROCHE :

Sur Crozon, de nombreux épisodes oro-génétiques donnent lieu à des présences de roches bien différentes à quelques mètres de distance. Ici, la roche mère est constituée de grès assez altéré.

FERTILISATION

Les critères « Hérody »

Matière organique

La capacité de fixation (CF) est faible à très faible en lien avec la part très réduite de particules fines (argiles). Il est dès lors préférable de fertiliser sans excès, en connaissance des exportations des cultures et de la génétique du sol.

Le taux de matières organiques (MTO) est assez bon à 3 en surface et est plus faible (2.1) en profondeur, signe normal de sol jeune et de zone moins fertilisée (moins amendée). Le ratio MOF/MTO, qui représente le potentiel de minéralisation, est satisfaisant à 20%.

Par contre, la 3F connaît un excès généralisé, avec des niveaux anormalement élevés (conforme aux zones tourbeuses). Cette valeur peut témoigner d'une accumulation organique, possiblement liée au précédent « friche » sur ce sol, qui n'aurait pas encore été consommé.

Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)

Le taux d'aluminium est particulièrement élevé. L'élément Al va créer de l'insolubilisation des chaînes organiques (blocage de la dégradation de la MO), qui peut être contré par des apports calcaires et des apports de matière organique fraîche (fumier peu composté). En lien avec l'aluminium, les NiNi sont également très présentes.

Sur cet exemple, le taux de MO élevé confère une certaine structure à ce sol mais elle implique une accumulation de matière organique stable, qui perturbe le cycle de l'azote. Il est nécessaire de dynamiser la vie du sol et la consommation de la matière organique déjà présente par des apports d'énergie (sucres), sous la forme de fumiers frais, en apports fractionnés (petit CF). Les apports de compost seront conservés, mais en quantité plus restreinte : préférer un compost jeune ou fumier assaini, tout aussi « épandable » et plus « énergétique ».

HYDRAULIQUE

Sur cet exemple la présence en profondeur d'un horizon limo-no-argileux est favorable au développement rapide de nappes perchées.

Généralisation / Préconisations : différentes zones « mouillantes » sont possibles sur grès en fonction de la position dans la pente et de la perméabilité du substrat. Les sols sont sains en été, et humides, voire saturés en hiver. Selon la nature de l'horizon de profondeur, l'horizon sableux de surface peut favoriser un ruissellement latéral.

TRAVAIL DU SOL

Sur cet exemple, des signes d'accumulation organique sont observables. Le travail du sol y participe, avec un labour ayant pour effet d'enfouir la matière organique pouvant retarder sa dégradation, notamment si le sol est saturé en eau durant l'hiver.

Plusieurs alternatives en terme de travail du sol se présentent :

- **Réduire l'utilisation de la charrue** (une année sur deux, ou plus),
- **Gérer le sol par des passages répétés d'outils passifs** (ex : rotoherse, vibroculteur).

Généralisation / Préconisations : Ces sols sont généralement superficiels. Leur pseudo-structure, notamment dans l'horizon superficiel, est entretenue par le maintien d'une bonne teneur en matière organique, quand elle n'est pas en excès.



COMPOSANTES CHIMIQUES

- **Carbo et état acido-basique**
Carbo 0 voire 0.5 (léger recouvrement de sable issu de la côte calcaire).
- **Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)**
Risque aluminium de 1.1 en surface et 1.4 en profondeur (seuil d'alerte à partir de 0.5)
Valeurs de NiNi à 1435 en surface et 1260 en profondeur (optimum < 250-300)
- **CF de 0.4 en surface et de 0.7 en profondeur**
- **Matières organiques**

MTO : 3 en surface
et 2.1 en profondeur

MOF/MTO : 20% 3F : 1,25



COMPOSANTES PHYSIQUES

- **Texture : horizon de surface sableux riche en matière organique, sur horizon minéral sablo-limono-argileux**
- **Tassement et risque de compaction :**
Pas de réel tassement observé
- **Structure :**
Structure particulaire
- **Hydraulique et hydromorphie :**
Ruissellement de surface
Présence de nappes perchées sur la parcelle
Saturation de quelques jours à quelques mois en hiver
- **Profondeur :** 60 cm

• **Présence de grès blancs, contenant surtout de la silice et donnant des sables acides à très acides. On pourra retrouver les éléments suivants :**

- la **muscovite** (fournit Al, K et Si)
- la **présence, faible, de biotite** (fournit fer, K, Mn et Mg)

Exemple de toposéquence et de circulation de l'eau sur Grès (Grès sommitaux) :

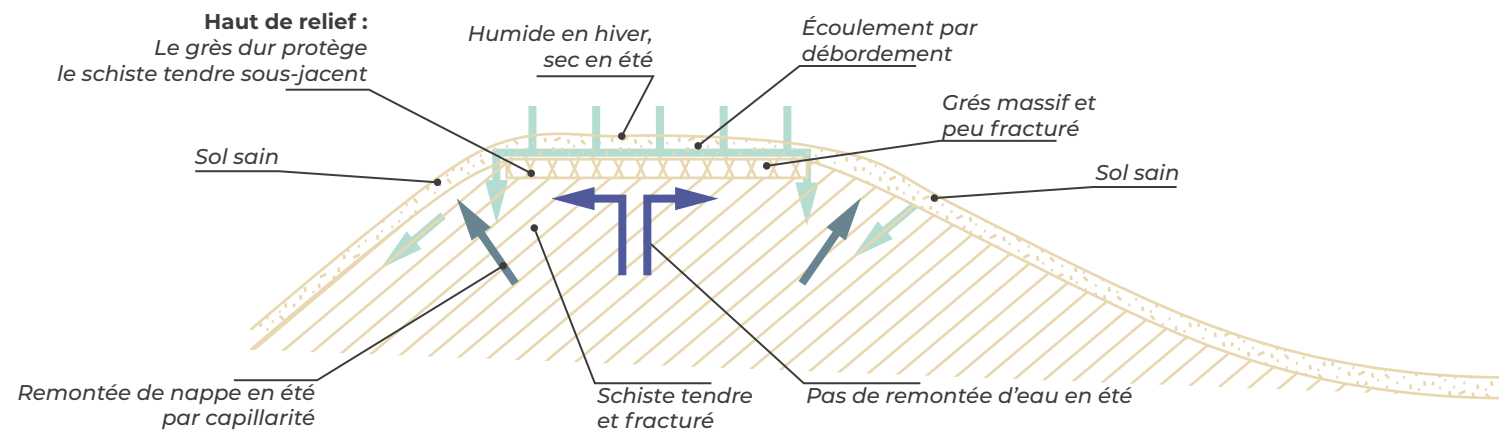


Illustration d'après Yves Hardy

SCHISTES ET GRÈS

(exemple de sol)

Localisation : Commune de Pleugriffet (56)

Paysage ondulé sur grès et schistes
Source : AGROCAMPUS-OUEST

Description générale

Géologie et paysage

La composition de ces sols et leur comportement agronomique sera déterminé par la dominance des roches sous-jacentes. Les schistes, plus tendres s'altéreront en donnant un matériau plus limoneux et les grès donneront un matériau plus sableux, avec un ensemble d'intermédiaires possibles entre ces deux entités.

Le relief vallonné des zones sur alternance de schistes et de grès, conditionne des sols très variés, généralement peu profonds, sur lequel on retrouve un paysage de bocage, de lande ou de forêt.

Comportement agricole

Ces sols ont un potentiel agricole très variable selon leur profondeur, leur texture (part de limons ou de sables) et leur charge en cailloux. Sur ces faciès d'alternance de schistes et de grès, les sols sont généralement maigres et peu fertiles, plus particulièrement sur grès. Leur réserve en eau est généralement faible (notamment sur terres caillouteuses et peu profondes) et le caractère acide lié à l'altération des roches mères devra être contré par un chaulage grossier et régulier.



A RETENIR SUR CE TYPE DE SOL :

- **Marqueurs sur ce sol :** Sols très variables, importance du contexte, sols sur limons à plus haut potentiel que sols sur grès, ambiance acide à très acide
- **Les points sur lesquels il faut être vigilant :** Structure fragile, importance du chaulage, maintien du taux de matière organique

Bonne circulation de l'eau

FERTILISATION

Les critères « Hérody »

Matière organique

Le rapport MOF/MTO représentatif du potentiel de minéralisation est correct, il pourra être maintenu en privilégiant des apports de matière organique, plutôt fraîche.

Le petit CF traduit le faible pouvoir tampon de ce sol. Les apports de fumiers devront être limités en quantité (maximum de 10 à 15T/ha) et fractionnés.

La 3F est à l'optimum. Ceci confirme la présence d'une activité biologique en saison et d'apports organiques en phase (au moins en apparence) avec la faible capacité de fixation du sol.

Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)

Malgré un niveau de fonctionnement correct en apparence, ce sol présente un niveau de NiNi élevé en lien avec le taux d'aluminium très élevé. Cette accumulation pourra à terme perturber le cycle de l'azote au regard du taux de matière organique déjà élevé (4.4%). L'apport de matière organique stable est donc à éviter. La consommation des matières organiques déjà présentes pourra être relancée par l'activité biologique et un chaulage permettant de contrer l'effet de l'aluminium. L'intégration des engrais verts et des apports fractionnés de fumiers frais ou fumiers assainis permettra de fournir les sucres nécessaires au printemps pour relancer l'activité biologique.

HYDRAULIQUE

Sur cet exemple, il n'y pas de traces d'hydromorphie constatées.

Généralisation / Préconisations : Sur ces sols de schistes et grès, l'infiltration est généralement correcte, mais sera très variable selon le contexte (couverture +/- limoneuse, pente, profondeur du sol) et du niveau de perméabilité du substrat sous-jacent.

TRAVAIL DU SOL

Sur cet exemple de sol principalement limoneux (grossier) avec une faible charge en cailloux. La bonne structure du sol observée est essentiellement assurée par l'activité biologique mais reste fragile et sensible au tassement.

Ce sol est sensible à la battance. Une bonne couverture de sol sera importante pour limiter ce phénomène. Le développement racinaire du couvert permettra également de conserver la porosité créée par le travail de sol.

Généralisation / Préconisations : La structure reste fragile sur ces sols, notamment sur substrats limoneux, selon la charge en cailloux. Il est essentiel de privilégier les interventions sur sols ressués, en limitant les passages. La bonne gestion des couverts et l'apport de matières organiques peu compostées permet d'assurer une structure par « colles » biologiques.



COMPOSANTES CHIMIQUES

- **Carbo et état acido-basique**
Carbo de 0 en surface et en profondeur, sol désaturé
- **Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)**
Risque aluminium : 1.4 en surface, 1.9 en profondeur. Valeur en Nini est de 858 en surface (optimum < 250-300)
- **CF de 0.1 en surface et de 0.1 en profondeur**
- **Matières organiques**

MTO :	Tx de MO :	C/N :
2,86	4,39	10
MOF/MTO : 17%		3F : 0,8
optimum : 25 %		optimum 0.5-0.8

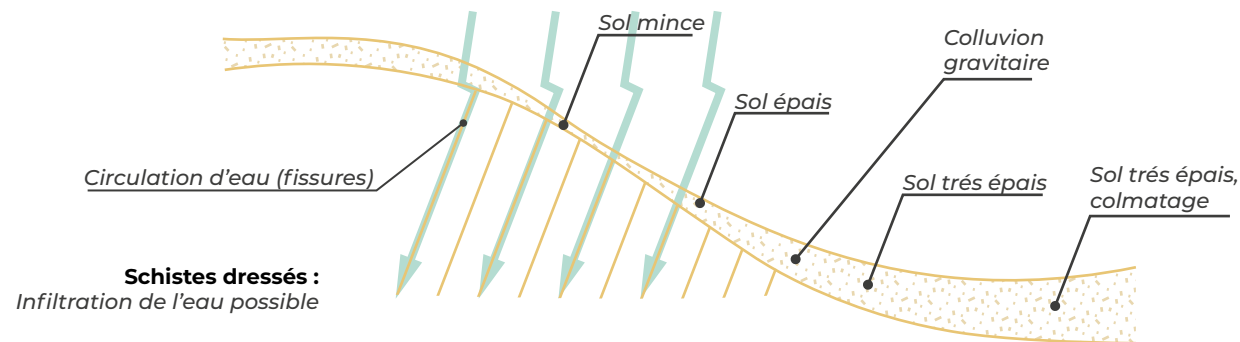


COMPOSANTES PHYSIQUES

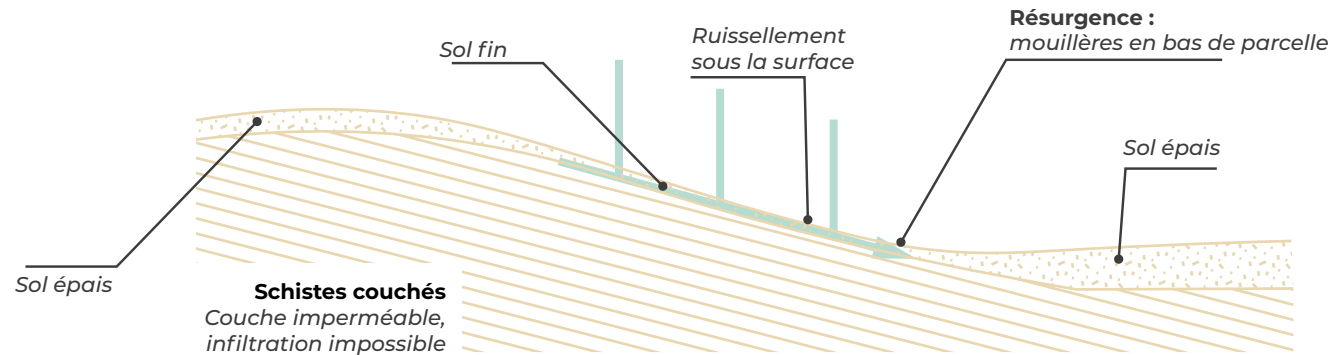
- **Texture : sol limoneux**
- **Pierrosité :** Faible
- **Porosité naturelle du sol :**
Porosité visible à l'œil nu, structure grumeleuse liée à l'activité biologique. Présence de roches : quartz et schistes.
- **Tassement et risque de compaction :**
Risque d'auto-tassement élevé
- **Structure :**
Structure grumeleuse liée à l'activité biologique du sol
- **Hydraulique et hydromorphie :**
Pas de traces d'hydromorphie ni de stagnation d'eau
- **Profondeur :** sol peu profond (environ 35cm)

Exemples de toposéquence et de circulation de l'eau sur Schistes et Grès, en fonction de l'orientation des schistes :

CAS 1 : Schistes dressés



CAS 2 : Schistes couchés



CAS 3 : alternance schistes et grès

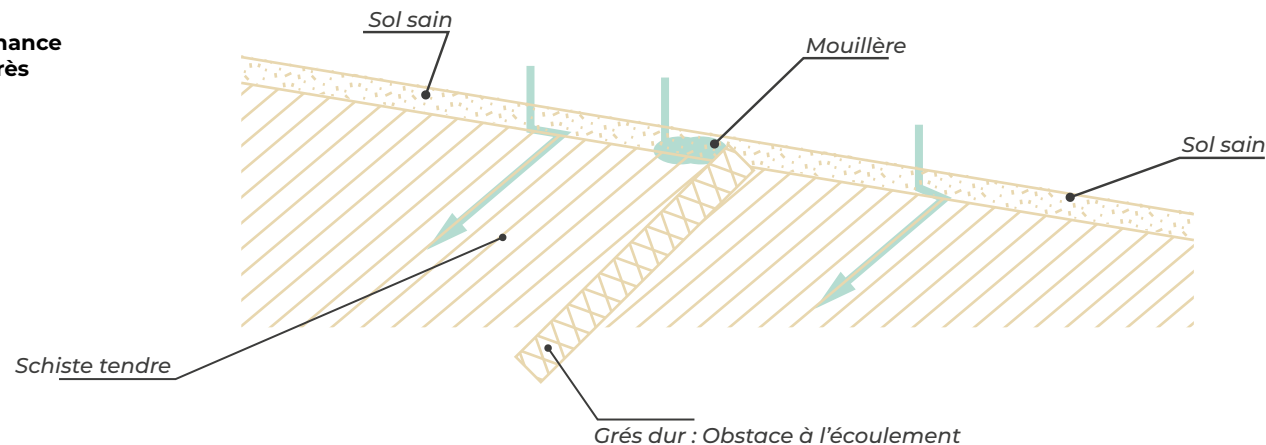


Illustration d'après Yves Hardy



MICASCHISTES

(exemple de sol)

Localisation : Commune de Sarzeau (56)

Source : Manu BUÉ (GAB 29)

Description générale

Géologie et paysage

Le micaschiste est une roche métamorphique d'écrasement constituée principalement de minéraux en feuillets, ou phyllosilicates tels que des micas, de la chlorite ou du talc. Comme les schistes, moins métamorphiques, les micaschistes sont caractérisés par un feuilletage (schistosité ou foliation selon le degré de métamorphisme) très marqué résultant des déformations par pression de la roche.

Comportement agricole

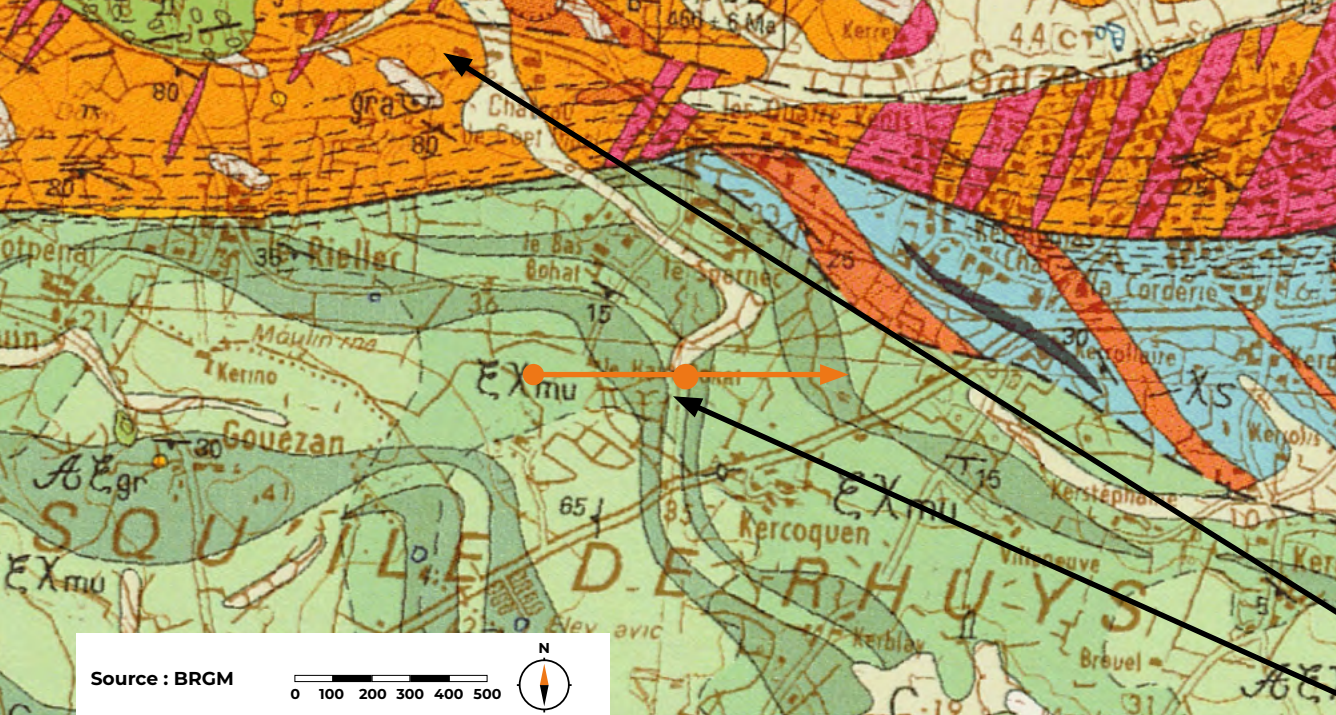
Du fait d'un écoulement superficiel des eaux, ces sols sont sensibles à l'érosion, et au lessivage. Ils sont toutefois faciles à travailler en conditions ressuyées. Ils sont généralement peu hydromorphes, sauf dans les bas-fonds (possibles présence d'argiles colmatantes par les micas).

Ces sols, peu profonds sont très séchants l'été, il faut pouvoir semer tôt au printemps pour éviter les périodes de sécheresse en juin.

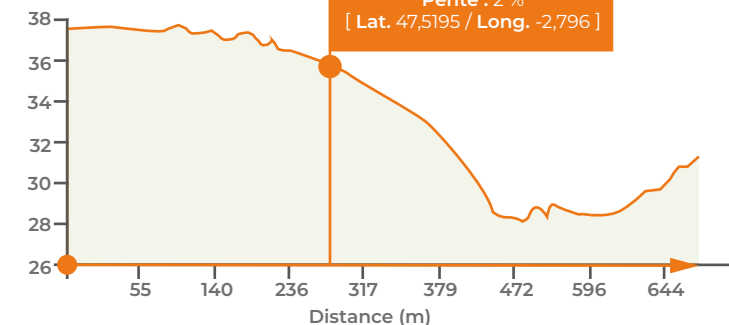


A RETENIR SUR CE TYPE DE SOL :

- **Marqueurs sur ce sol :** sol peu profond, pierrosité élevée, réserve en eau limitée, possibilité de relance précoce de l'activité biologique (apports riches en sucres)
- **Les points sur lesquels il faut être vigilant :** sensibilité à l'érosion sur les pentes et sécheresse des sols en été. Importance des haies, importance du chaulage (acidité, risque aluminium)



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Altitude : 35,79 m
Pente : 2 %
[Lat. 47,5195 / Long. -2,796]

Dénivelé positif : 4,87 m

Dénivelé négatif : -11,32

Pente moyenne : 2%

Plus forte pente : 9%

Présence de granite (biotite et muscovite), de gneiss et de roches métamorphiques (micaschistes)

Roches cristallines et métamorphiques – Micaschistes de la Vilaine
– Micaschistes clairs quartzitiques à muscovite +/- albite

PROFIL ET INTERPRÉTATION

- 0-15 cm : couleur foncée, horizon limoneux (plus ou moins sableux), pierrosité importante.
- 15-20cm : observation d'une zone très compacte
- 20-30 cm : couleur plus claire de l'horizon traduisant un lessivage important
- >30 cm : en fond de profil, roche altérée. Observation d'un petit morceau de bois à 30 cm, non dégradé depuis l'arrêt du labour (+/- 10 ans).

De manière générale sur le profil :

- Sol peu épais
- Pas de traces d'hydromorphie, sol sain
- Forte pierrosité



CONTEXTE AGRICOLE

SYSTÈME DE PRODUCTION :

Culture sans élevage

ROTATION :

Orge de printemps/blé/colza

PROFONDEUR :

< 50 cm

APPORTS ORGANIQUES :

Compost de déchets verts

APPORTS CALCAIRES :

Tous les 2-3 ans



CONTEXTE DU PROFIL

PÉRIODE DE L'ANNÉE :

Décembre

PLUVIOMÉTRIE MOYENNE :

zone séchante du Morbihan - 700 mm / an

OCCUPATION DU SOL ET PAYSAGE :

Paysage bocager littoral

CIRCULATION DE L'EAU :

Bonne circulation de l'eau, pas d'eau stagnante

ROCHE MÈRE ET MINÉRAUX ISSUS DE L'ALTÉRATION DE LA ROCHE :

Biotite (fournit Fer, K, Mg, Mn) –
Muscovite (fournit Al, K, Si)

FERTILISATION

Les critères « Hérody »

Matière organique

La 3ème fraction reflète l'accumulation organique, avec activité biologique, dans un sol. Son niveau est élevé sur cet exemple. La fraction labile et facilement valorisable (MOF/MTO) est faible.

Bien qu'elle fluctue au cours de l'année, l'activité biologique n'est pas suffisante pour permettre la dégradation des matières organiques stables. Elle manque d'énergie (MOF).

Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)

Le taux d'aluminium est important et explique le taux de NiNi trop élevé. L'aluminium empêche visiblement la dégradation des MO par insolubilisation. Un chaulage adapté permettra de contrer cet effet de l'aluminium.

Le CF est faible ainsi que la part de fines principalement composée de limons. Le sol n'est pas en capacité de fixer une grande quantité d'éléments organiques ou minéraux : ce qui est minéralisé dans l'année est soit utilisé par les plantes, soit lessivé.

Le manque d'eau en été limite l'activité biologique et la dégradation des MO, qui s'accumulent (cf 3F et présence de bouts de bois non-décomposés). L'incorporation de biomasse verte, riche en sucres et en azote (20T/ha), en apport fractionnés (petit CF) permettra la dégradation de la 3F par la relance de l'activité biologique. L'intégration de couverts végétaux sera également bénéfique. Les apports de fin d'automne risquent d'être lessivés. Au regard du niveau élevé d'accumulation de matières organiques, il est préférable d'éviter les apports de MO stable (ex : compost mur).

HYDRAULIQUE

Ce sol ne présente pas de traces d'hydromorphie. Il est peu profond, avec une forte pierrosité, c'est un sol séchant. Sa réserve en eau est limitée.

Généralisation / Préconisations : Les sols sur micaschistes sont peu sensibles à l'hydromorphie. Le ruissellement de surface est important avec un risque érosion élevé sur les pentes. Le maintien des haies et billons perpendiculaires à la pente peut prévenir ce risque. Ces sols sont sensibles à la sécheresse l'été. Le choix d'espèces adaptées pour les prairies et de variétés précoces pour les cultures d'hiver est à prévoir. Les cultures de printemps seront semées tôt. Le boisement de ces sols peut également être envisagé pour une meilleure valorisation.

TRAVAIL DU SOL

La pierrosité est moyenne à élevée : elle confère à ce sol une charpente naturelle qui malgré une dominante de particules de type limons moyens, présente un risque d'auto-tassement faible.

La structure est très liée à l'activité biologique (colle biologique), et dépend donc fortement de l'état hydrique du sol qui connaît de fortes variations saisonnières.

Généralisation / Préconisations : La forte proportion d'éléments grossiers occasionne une usure rapide des outils. Pour créer de la structure sur ce type de sol, les phénomènes d'agrégation par les mucus microbiens (colle biologique), si les conditions leurs sont favorables, sont à privilégier.



COMPOSANTES CHIMIQUES

- **Carbo et état acido-basique**
Carbo de 0 en surface et en profondeur : un chaulage est à réaliser car ce sol est dégradé
- **Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)**
Risque aluminium de 0.9 en profondeur (seuil d'alerte à partir de 0.5)
Valeurs de NiNi de 480 en profondeur et 420 en surface (optimum < 250-300)
- **CF de 0.3 en surface et de 0.5 en profondeur**
- **Matières organiques**

MOF/MTO : 6,2%	3F : 1,40
en surface	en surface
(optimum : 18 à 20 %)	(optimum 0.5-0.8)



COMPOSANTES PHYSIQUES

- **Texture : limon moyen**
- **Pierrosité :** moyenne à élevée selon l'état de dégradation de l'altérité et la profondeur de sol.
- **Porosité naturelle du sol :** Forte porosité liée à la forte proportion de limons.
- **Tassement et risque de compaction :**
Ces sols à dominante de limons sont sensibles au tassement. C'est en effet ce que nous donne comme information le profil effectué : tassement à 15-20 cm
- **Structure :**
Fragmentaire
- **Hydraulique et hydromorphie :**
Aucune trace d'hydromorphie identifiée
- **Profondeur :** environ 40 cm

Exemple de toposéquence et de circulation de l'eau sur Micaschistes, en fonction des plissements de la roche (hétérogénéité des feuilletages) :

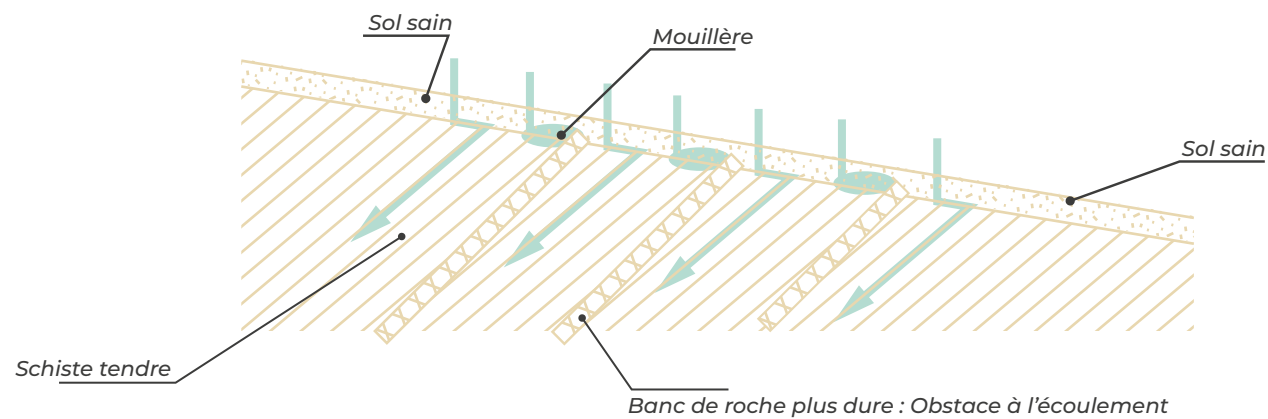


Illustration d'après Yves Hardy

SABLES LITTORAUX CALCAIRES

(exemple de sol)

Localisation : Commune de Moëlan sur Mer (29)

Sable littoraux (Moëlan sur Mer)
Source : Manu Bué (GAB 29)

Description générale

Géologie et paysage

Ces sols sont généralement caractéristiques d'un recouvrement. Il n'y a donc pas de correspondance entre la carte géologique, basée sur le sous-sol, et l'observation du profil de sol, étudié par le pédologue. Ces sols sont riches en sable (particules de taille > 50 microns), dans des proportions variables. Chose rare en Bretagne, les sols sont ici calcaires, avec la présence de calcaire disponible, qui joue le rôle de réserve minéralogique d'éléments basiques. Cette propriété n'est pas due à la dégradation des roches-mères, mais plutôt par les recouvrements issus de matériaux côtiers (coquilles, sables coquilliers) :

- d'origine éolienne, par les remontées naturelles de grains de sable et coquilles depuis la côte,
- d'origine anthropique, par les apports des générations d'agriculteurs qui ont valorisé ces terres (apports de maërl ou goémon).

Ces sables calcaires étant déposés, ils ne génèrent pas de relief important.

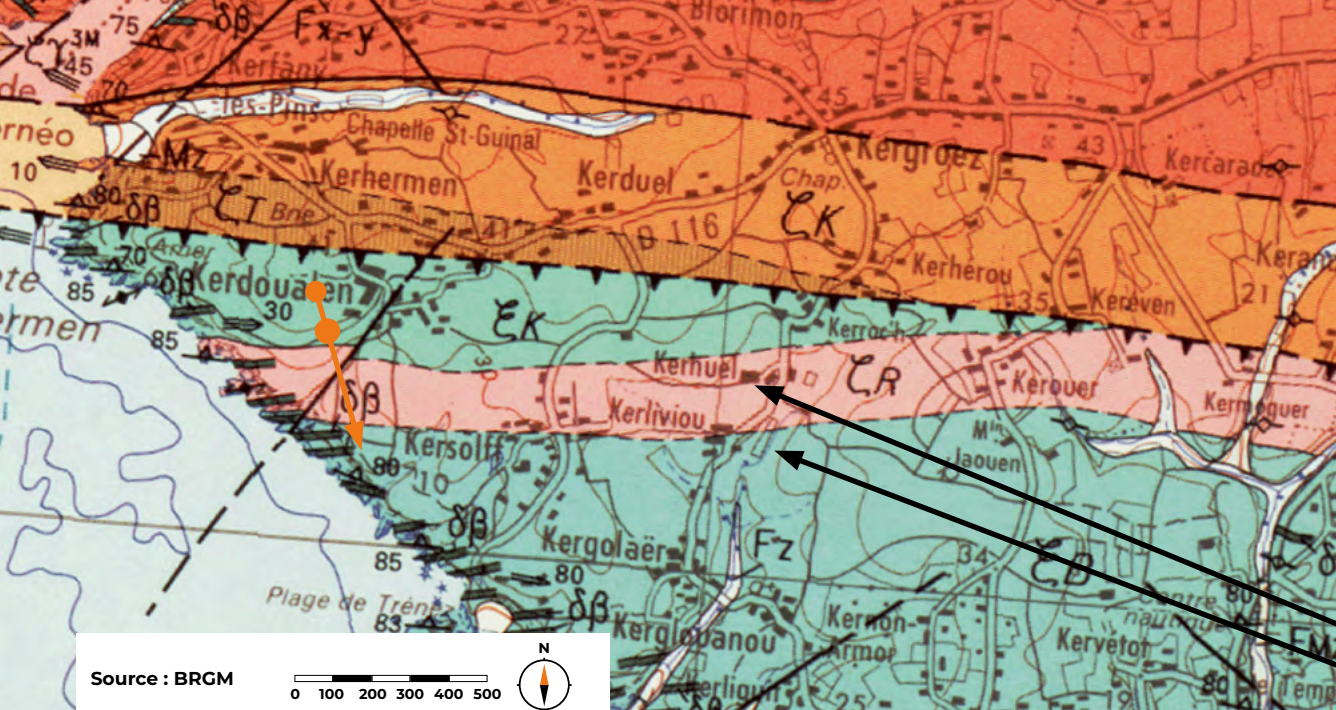
Comportement agricole

Ces sols sont drainants, leur gestion hydraulique est facilitée, notamment s'ils sont sur une pente. Leur capacité de réserve en eau et de rétention des éléments nutritifs est par contre faible. Leur productivité est limitée par le manque d'eau. Leur structure est très faible : saturés en eau ils sont très peu portant, secs ils perdent leur cohésion. En région littorale, ces terres étaient généralement consacrées à la culture légumière.

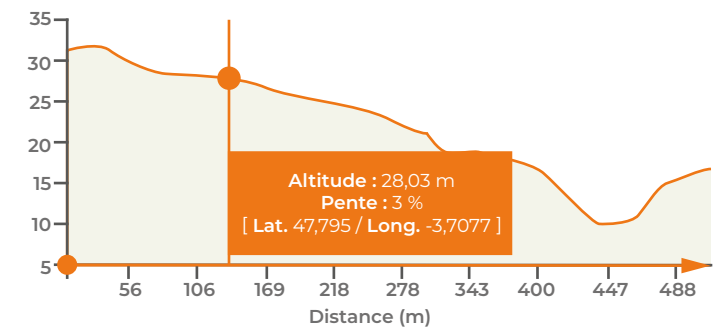


A RETENIR SUR CE TYPE DE SOL :

- **Marqueurs sur ce sol :** sol naturellement calcaire, réserve en eau faible, ressuyage rapide assurant une bonne portance, contexte favorable à l'activité biologique, sols à bon potentiel si humidité suffisante
- **Les points sur lesquels il faut être vigilant :** terres filtrantes, structure faible lorsqu'ils sont secs, fractionnement des apports (plus petites quantités, apports répétés)



PROFIL ALTIMÉTRIQUE



Dénivelé positif : 6,78 m

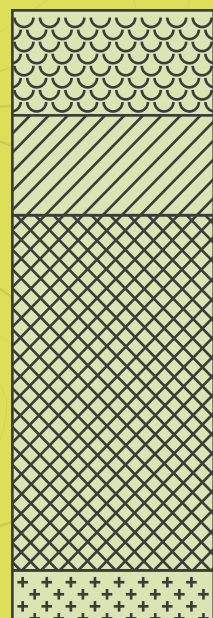
Dénivelé négatif : -21,95

Pente moyenne : NaN %

Plus forte pente : 35 %

Gneiss leucocrates

Micaschistes à ocelles d'albite



PROFIL ET INTERPRÉTATION

0-20 cm : couleur brune, structure légère, horizon limono-sableux, développement racinaire jusqu'à 10cm

15-25 cm : tassement faible, lié à la présence de cailloux

20-70cm : couleur brune, racines présentes jusqu'à 55cm

De manière générale sur le profil :

- Sol calcaire assez profond
- Uniformité visuelle entre les horizons. Structure légère, poudreuse. Présence de cailloux, à la limite de l'horizon agricole travaillé.



CONTEXTE AGRICOLE

SYSTÈME DE PRODUCTION :

Zone de reconquête de friche littorale. Etude pour remise en état, ouverture du paysage et possibilité de développement d'une production agricole

ROTATION :

Cultures essentiellement vivrières jusque dans les années 60. Abandon progressif de ces zones suite à évolution de l'urbanisme et pression démographique sur le secteur littoral touristique.

PROFONDEUR :

jusqu'à 70 cm

APPORTS ORGANIQUES :

Non précisé

APPORTS CALCAIRES :

Non précisé



CONTEXTE DU PROFIL

PÉRIODE DE L'ANNÉE :

Mars, pour obtenir une image du sol « avant son réveil »

PLUVIOMÉTRIE MOYENNE :

Env. 900 à 1000 mm. Sud du Finistère, marqué par un volume régulier de pluies issu des entrées maritimes

OCCUPATION DU SOL ET PAYSAGE :

Bordure de friche prunellier et frêne. Pente légère vers le sud (mer)

CIRCULATION DE L'EAU :

Sol très drainant

ROCHE MÈRE ET MINÉRAUX ISSUS DE L'ALTÉRATION DE LA ROCHE :

Quartz (30 à 40 %, fournit Si), feldspath (30 à 50 %, fournit Na et Ca). Attention, une faible partie d'altérites issues de la roche-mère participe au sol, très influencé par le recouvrement de sable calcaire

FERTILISATION

Les critères « Hérody »

Matière organique

Le CF est très faible. Doté d'un faible pouvoir tampon, il est préférable sur ce sol, de limiter la quantité d'apports organiques et de privilégier des petits apports répétés.

Dans cet exemple, la 3F est élevée, tout comme les MTO. Le taux global de MO est élevé, c'est donc une réserve à mobiliser, par l'apport d'énergie (matière organique fraîche, riche en sucres fermentescibles) qui va relancer l'activité biologique. Ce type d'apport permettra aussi d'améliorer un flux de minéralisation (%MOF/MTO), un peu faible sur l'analyse.

Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)

Le taux d'aluminium est nul, ce qui est cohérent avec la nature calcaire des sables constitutifs du sol. Le taux de NiNi au-delà de l'optimum dans ces sols calcaires traduit un phénomène d'accumulation passive.

HYDRAULIQUE

La texture et la pierrosité du sol décrit, le rendent assez drainant, ce qui est caractéristique des sols sableux.

Généralisation / Préconisations : La portance est bonne notamment grâce à la teneur en sable élevée, les sols se ressuyant très vite. La réserve en eau est faible, la productivité des sols est limitée par le déficit hydrique en été. En cas d'irrigation ou d'humidité satisfaisante, ces sols deviennent à potentiel élevé. Localement les sols sableux peuvent être hydromorphes, si l'horizon inférieur est imperméable.

APPORTS CALCIQUES

Sur cet exemple, le sol s'est ici construit avec deux flux : la dégradation de la roche-mère gneissique, à dominante sablo limoneuse et acide, complétée par un ajout continu de sables calcaires issus du secteur côtier.

Généralisation / Préconisations : Sur ces sols naturellement calcaires, des apports calciques ne sont pas nécessaires, tant que la « réserve géologique » suffit à neutraliser l'action d'acidification de l'agriculture, conséquence de l'activité biologique et des exportations des cultures

TRAVAIL DU SOL

Généralisation / Préconisations : Etant donné la nature sableuse de ces sols, la réflexion doit porter sur la construction et la protection de la structure, avec deux axes :

→ **des apports permettant de faire de l'agrégat par des colles biologiques** (mucus microbiens). L'intégration de couverts longue durée et à forte colonisation racinaire doit être privilégiée.

→ **le travail du sol :** son action de fragmentation permet de créer une porosité réelle mais peu durable dans le temps. Sur ces sols, les travaux à actions rotatives sont efficaces, mais des pratiques plus douces sont possibles, notamment par le choix de herse pour l'émiettement du sol.



COMPOSANTES CHIMIQUES

- **Carbo et état acido-basique**
Carbo 3 en surface et en profondeur.
- **Risque aluminium et NiNi (risque d'accumulation)**
Le risque d'aluminium est nul (seuil d'alerte à partir de 0.5)
La valeur de NiNi est de 255 en surface (optimum < 80 sur sol calcaire)
- **CF de 0.3 en surface et de 0.6 en profondeur**
- **Matières organiques**

MTO : 3,9 en surface
3,5 en profondeur

MOF/MTO : 19% 3F : 1,1
optimum : 25 % optimum 0.4-0.6
sur sol calcaire



COMPOSANTES PHYSIQUES

- **Texture : sableuse à sablo-limoneuse en secteur côtier, et plus limoneuse à l'intérieur des terres**
- **Porosité naturelle du sol :**
Sol assez poreux
- **Tassement et risque de compaction :**
Tassement à hauteur de 15 à 25 cm, du à la présence de cailloux à 20cm
- **Structure :**
Structure particulaire, assez fine à poudreuse, ou grumeleuse par endroits
- **Hydraulique et hydromorphie :**
Pas de trace visible d'hydromorphie, bonne circulation de l'eau
- **Profondeur : 70 cm**

Glossaire

Agrégat : assemblage constitué des particules minérales de sol, de « colles » (organiques, oxydes et hydroxydes), de matières organiques et de vides.

Alluvion : dépôt issu d'un transport par les cours d'eau.

Altérite : matériau résultant de l'altération d'une roche et de la transformation chimique de ses constituants.

Battance : formation d'une croûte peu perméable à la surface du sol sous l'effet des pluies.

Colluvion : ou « dépôt de pente ». Dépôt meuble sur un versant, mis en place par gravité.

Composés intermédiaires : molécules organiques résiduelles issues d'une première étape de dégradation de la matière organique par l'activité biologique.

Cornéenne : roche très dure issue d'un métamorphisme de contact avec les granites. Les schistes sont transformés en cornéennes micacées et feldspathiques. Ces dernières ne se débitent pas en feuillets comme les schistes.

Faim d'azote (sur plante) : une faim d'azote arrive lorsque l'on apporte au sol une quantité importante de matière organique pauvre en azote. Elle est le résultat de la consommation de l'azote du sol par les micro-organismes pour décomposer cette matière organique.

Granodiorite : roche magmatique plutonique, voisine des granites.

Hydromorphie : modification physique et chimique du sol sous l'effet d'un excès d'eau de durée variable, identifiable par la formation de tâches grises, ocres, rouilles.

Litière : ensemble de feuilles mortes et débris végétaux en décomposition sur le sol.

Métamorphisme : ensemble des modifications intervenant à l'état solide dans la composition minérale et dans la structure d'une roche soumise à des conditions de température et de pression différentes de celles où elle s'est formée.

Minéralisation : lors de la décomposition des matières organiques, processus de dégradation des molécules organiques par les micro-organismes qui conduit à la libération de molécules inorganiques (minérales).

Mucus microbiens : polysaccharides générés par l'activité des micro-organismes du sol pour se protéger des variations d'humidité. Ces substances permettent l'agrégation des particules du sol.

Nappe perchée : nappe d'eau permanente ou temporaire, formée au-dessus d'un plancher peu perméable, à une côte supérieure de la surface d'un cours d'eau.

Porosité : volume des « vides » du sol, les pores. C'est par ces pores que circulent l'eau et les gaz dans le sol. La porosité d'un sol est soit héritée, c'est à dire qu'elle existe naturellement si la texture (le pourcentage de chaque constituant sables, limons, argiles) est irrégulière, soit elle est construite par le travail du sol, ou par l'implantation de couverts.

Réserve en eau des sols : volume d'eau maximal stockable par le sol.

Talweg : ligne joignant les points les plus bas d'une vallée, suivie ou non par un cours d'eau.



Couche organique peu décomposée



Horizon humifaire particulaire peu actif



Horizon humifaire grumeleux actif



Horizon cendreux ou blanchi



Gley : fer ferreux dominant (gris verdâtre)



Roche mère en cours d'altération



Roche mère siliceuse non altérée

VOS CONTACTS EN BRETAGNE



• **GAB 22** •
Les Agriculteurs **BIO** des Côtes d'Armor

GAB d'Armor

2 avenue du Chalutier sans pitié
BP 332 / 22 193 Plérin Cedex

Tél. 02 96 74 75 65
Mèl. gab22@agrobio-bretagne.org



• **Agrobio 35** •
Les Agriculteurs **BIO** d'Ille et Vilaine

AGROBIO 35

12 Avenue des Peupliers
35 510 Cesson-Sévigné

Tél. 02 99 77 09 47
Mèl. agrobio35@agrobio-bretagne.org



• **GAB 29** •
Les Agriculteurs **BIO** du Finistère

GAB 29 / MAB

Écopôle Vern ar Piquet
29 460 Daoulas

Tél. 02 98 25 80 33
Mèl. gab29@agrobio-bretagne.org



• **GAB 56** •
Les Agriculteurs **BIO** du Morbihan

GAB du Morbihan

Zone d'activité de Keravel
56 390 Locquetas

Tél. 02 97 66 32 62
Mèl. gab56@agrobio-bretagne.org

Ils soutiennent la bio en Bretagne :



Avec la contribution financière
du compte d'affectation spéciale
«développement agricole et rural»



La FRAB est partenaire du projet H2020 SoilCare



**LES PUBLICATIONS
DU RÉSEAU GAB-FRAB**