



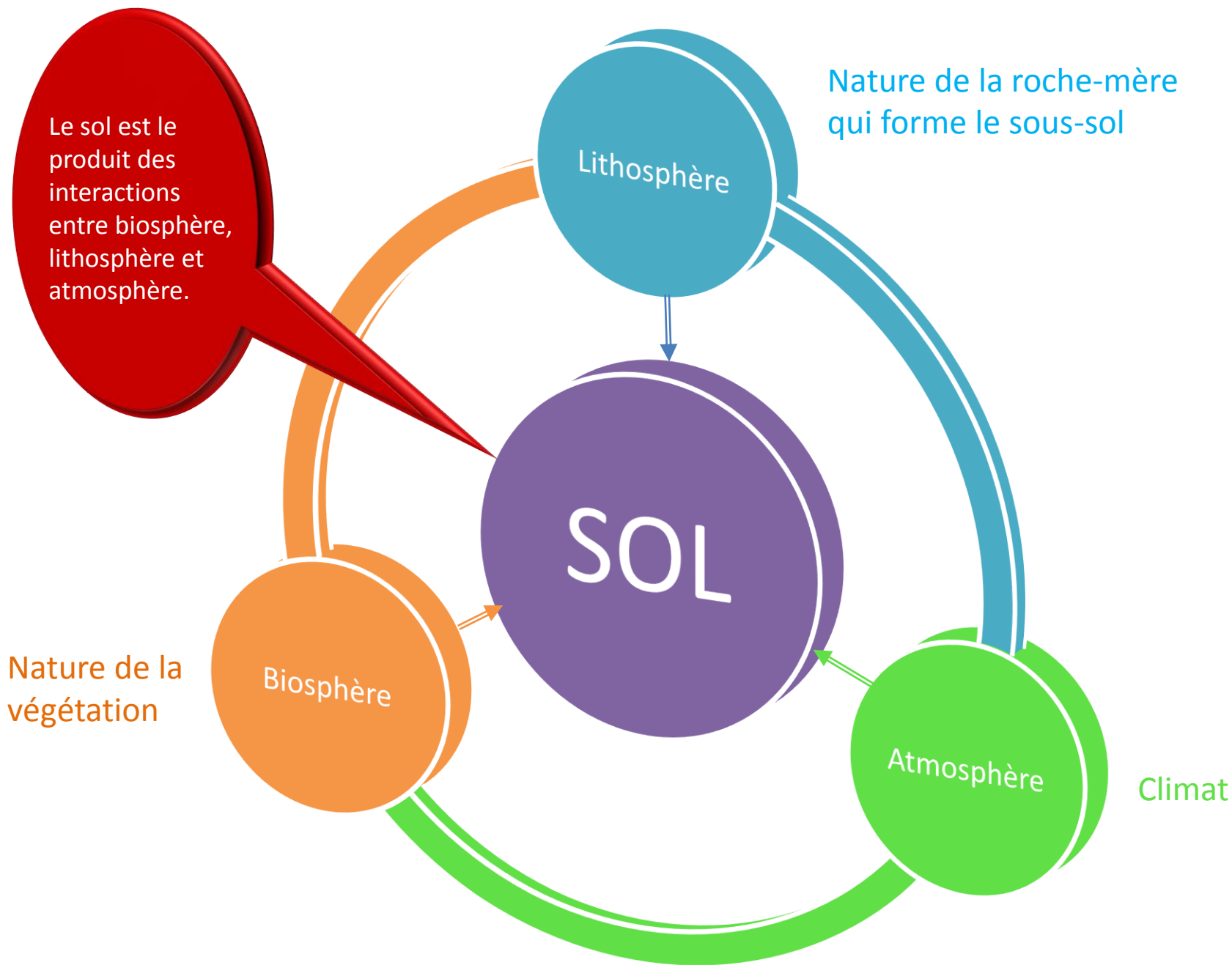
Qu'est-ce que le sol?

Le sol, c'est ce sur quoi nous marchons ! C'est la surface de la Terre, la **couche la plus superficielle de la lithosphère continentale** et qui se trouve au **contact direct de l'atmosphère**.

Cette situation particulière à l'**interface lithosphère solide - atmosphère gazeuse** fait que la formation d'un sol est le résultat de l'action de facteurs atmosphériques (gel, vent, pluie...) sur les roches de la lithosphère. **Un sol est une pellicule d'altération recouvrant une roche**.

Mais l'atmosphère terrestre contient aussi du dioxygène, du dioxyde de carbone, de la vapeur d'eau ; elle est transparente aux rayons du Soleil. Elle permet la respiration, la photosynthèse, en un mot **le développement de la vie à la surface de notre planète**, vie qu'elle protège en absorbant le rayonnement ultraviolet du Soleil, en retenant de la chaleur par « effet de serre » et en réduisant les écarts de température entre le jour et la nuit... **Le sol porte la vie, la biosphère**.

Le sol a donc une origine mixte : il est constitué d'une fraction minérale provenant de l'altération de la lithosphère et d'une fraction organique produite par les êtres vivants qui y vivent.



Partie I

Altération de la roche-mère : exemple du granite





Granite
sain




Granite
altéré



Arène
granitique

Altération du granite



Classification des constituants d'un sol en fonction de leur granulométrie



Terre fine	Argile	Particules de moins de 2 μm
	Limons fins	2 à 20 μm
	Limons grossiers	20 à 50 μm
	Sables fins	50 μm à 200 μm
	Sables grossiers	200 μm à 2 mm
Éléments grossiers	Graviers	2 à 20 mm
	Cailloux	2 à 7,5 cm
	Pierres	7,5 à 20 cm
	Blocs	> 20 cm

Triangle des textures

Texture argileuse



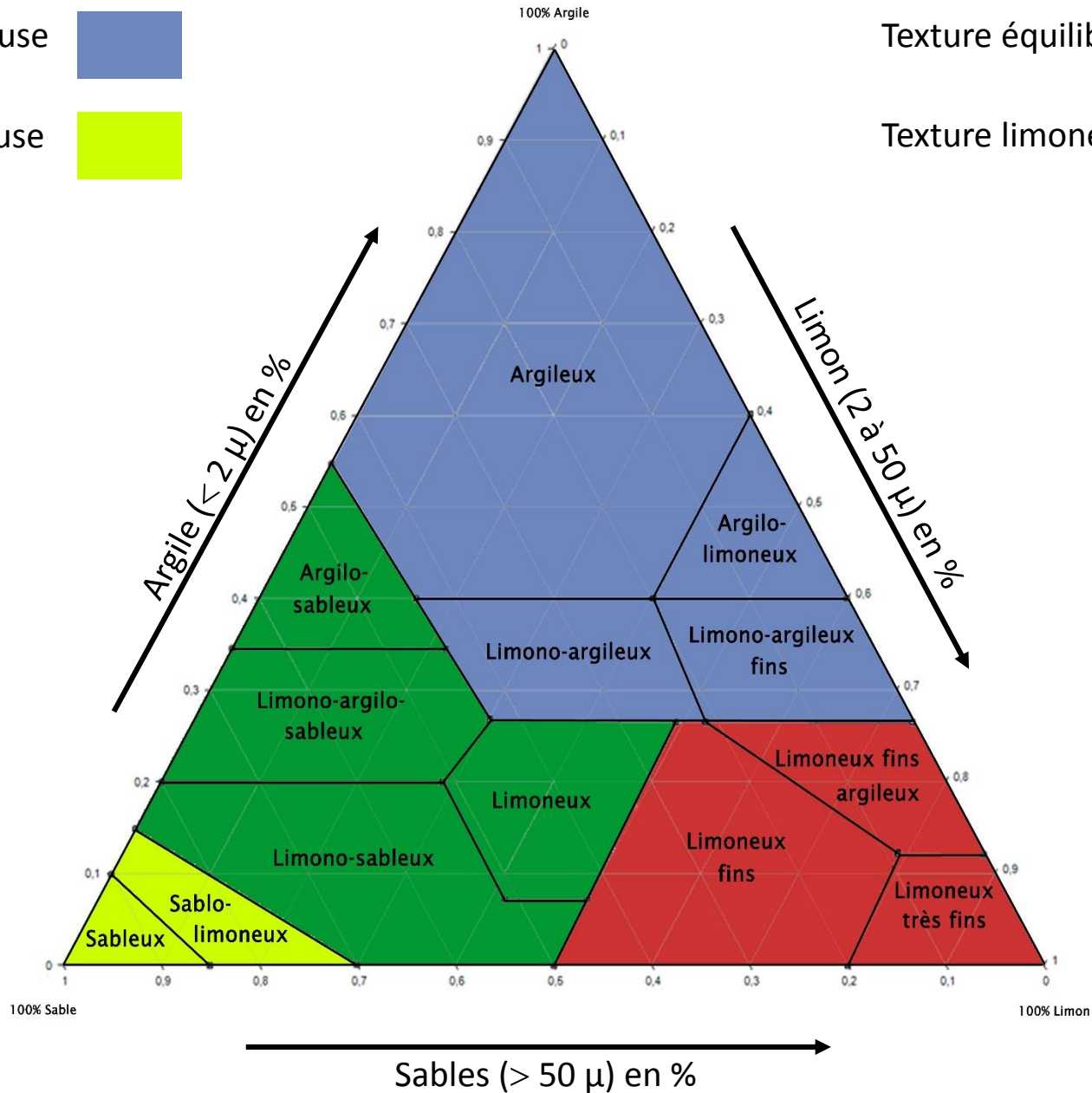
Texture sableuse



Texture équilibrée

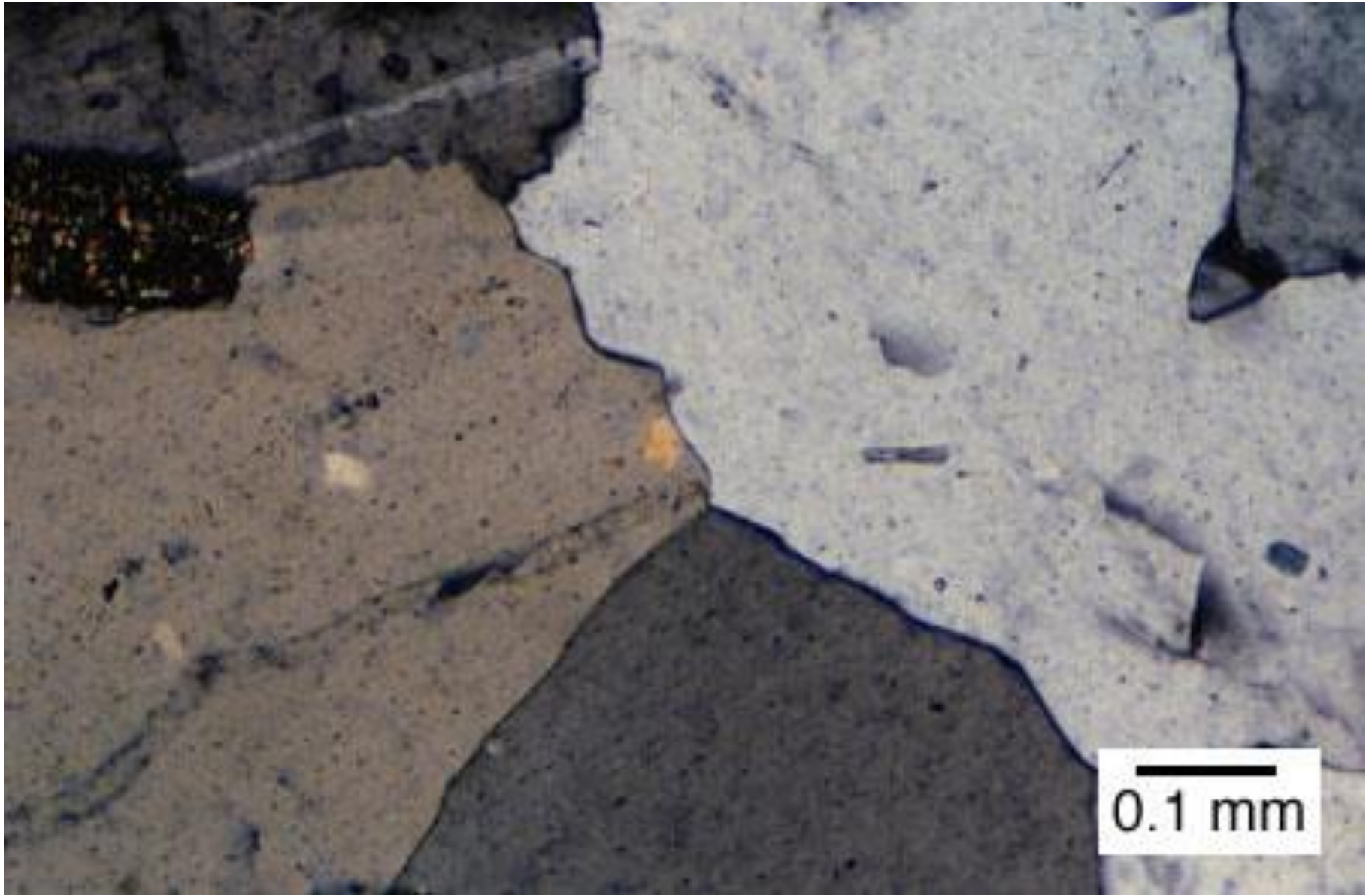


Texture limoneuse

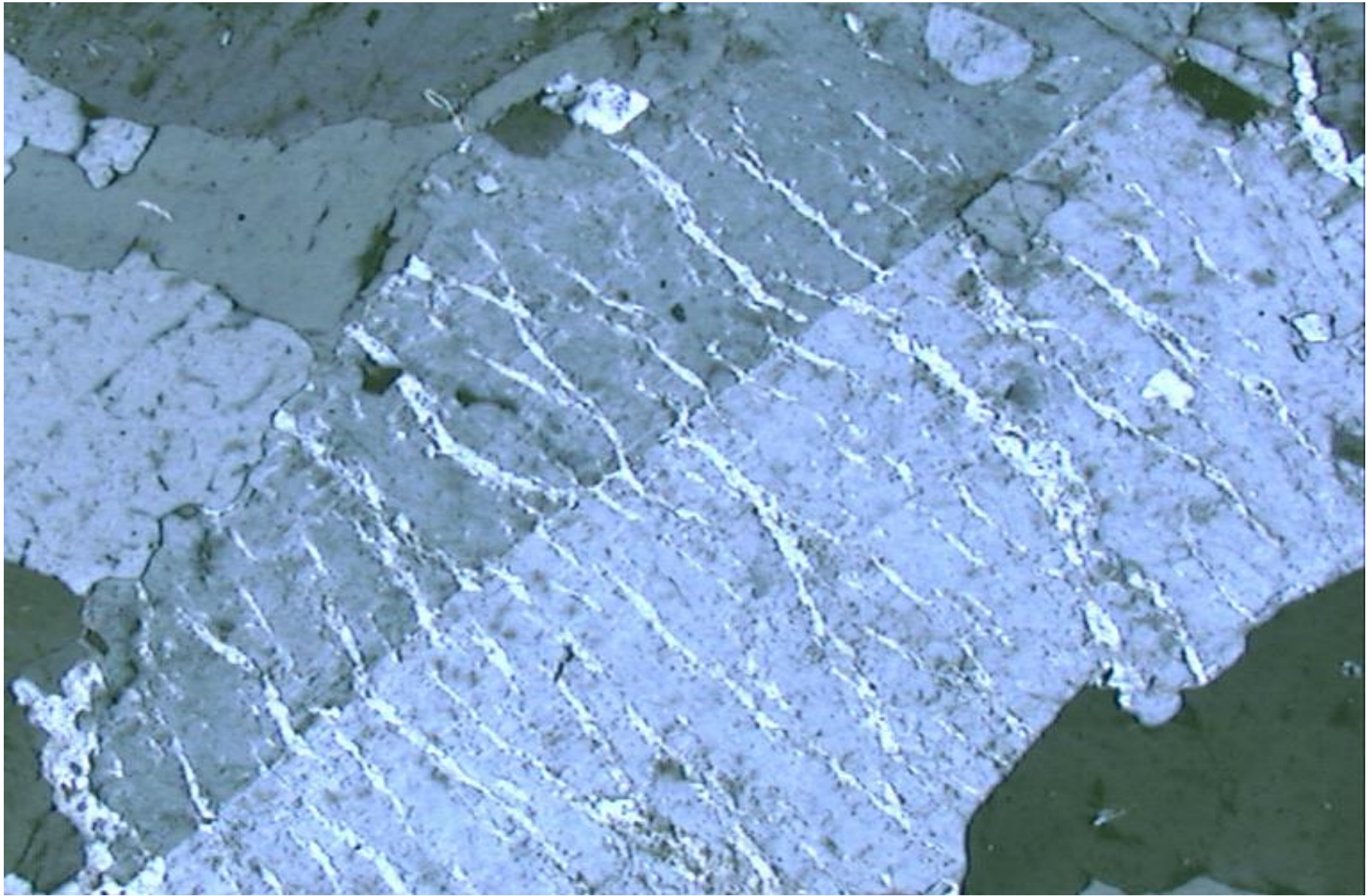




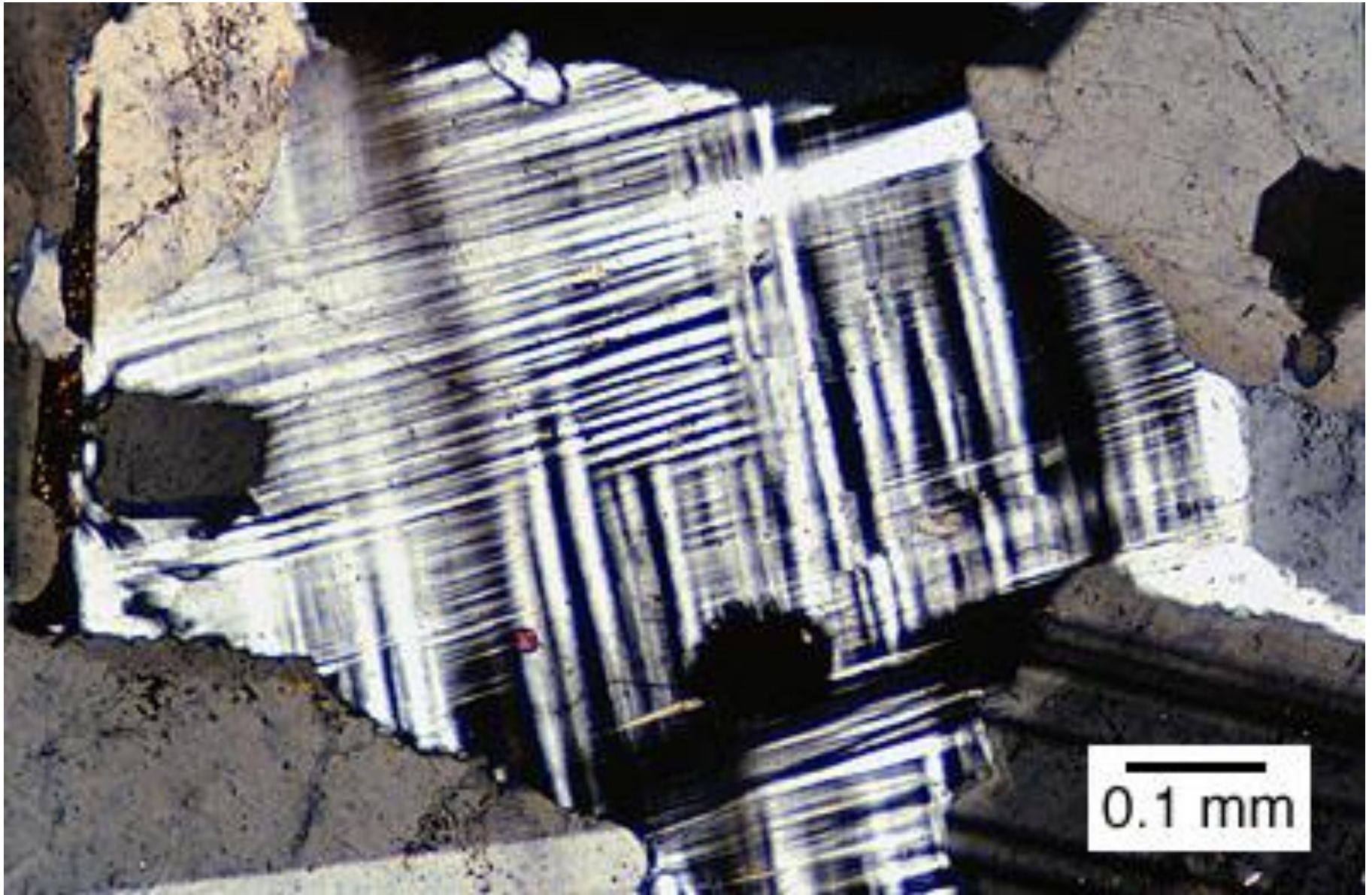
Granite sain en LPA



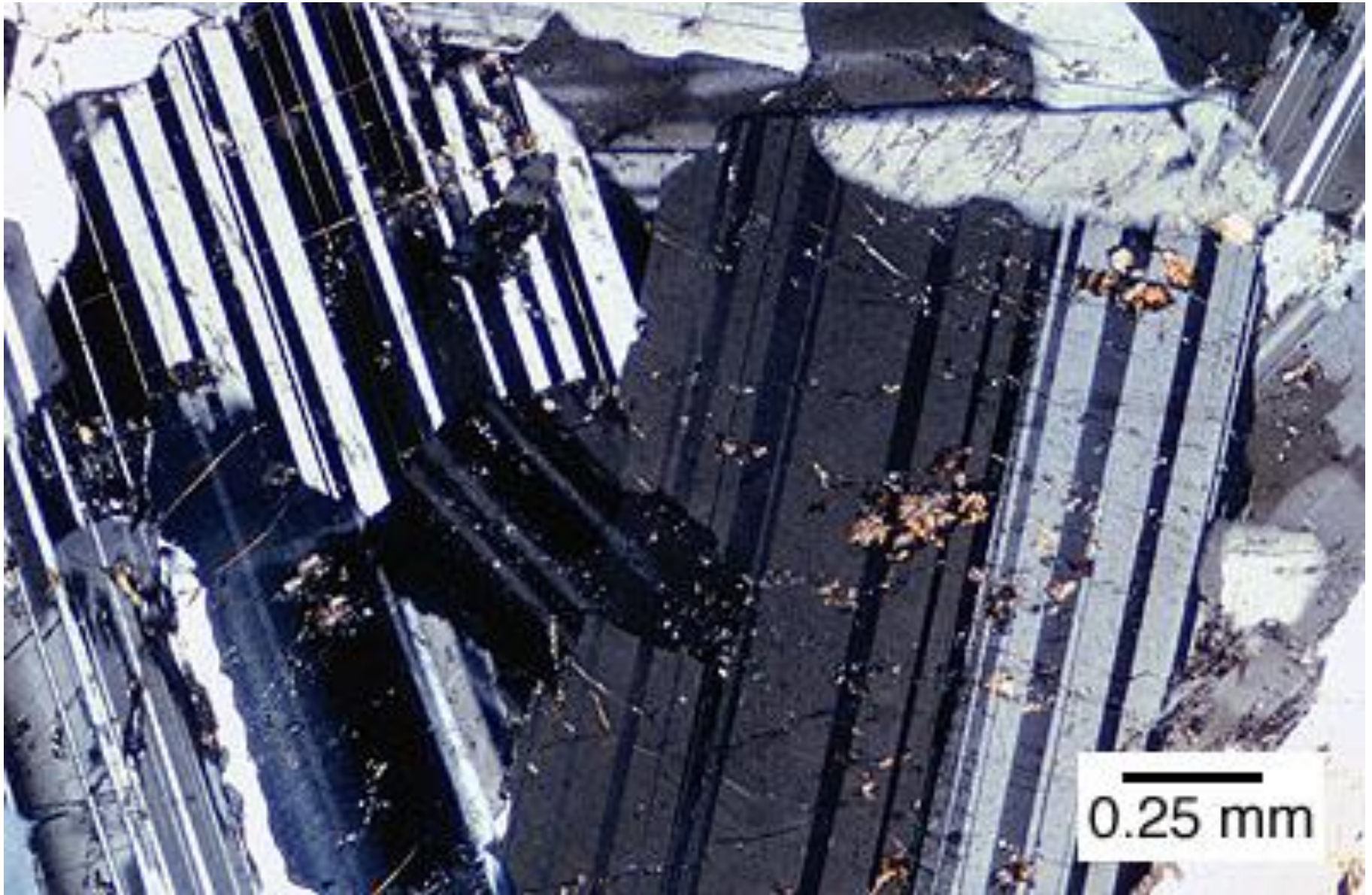
Quartz en LPA



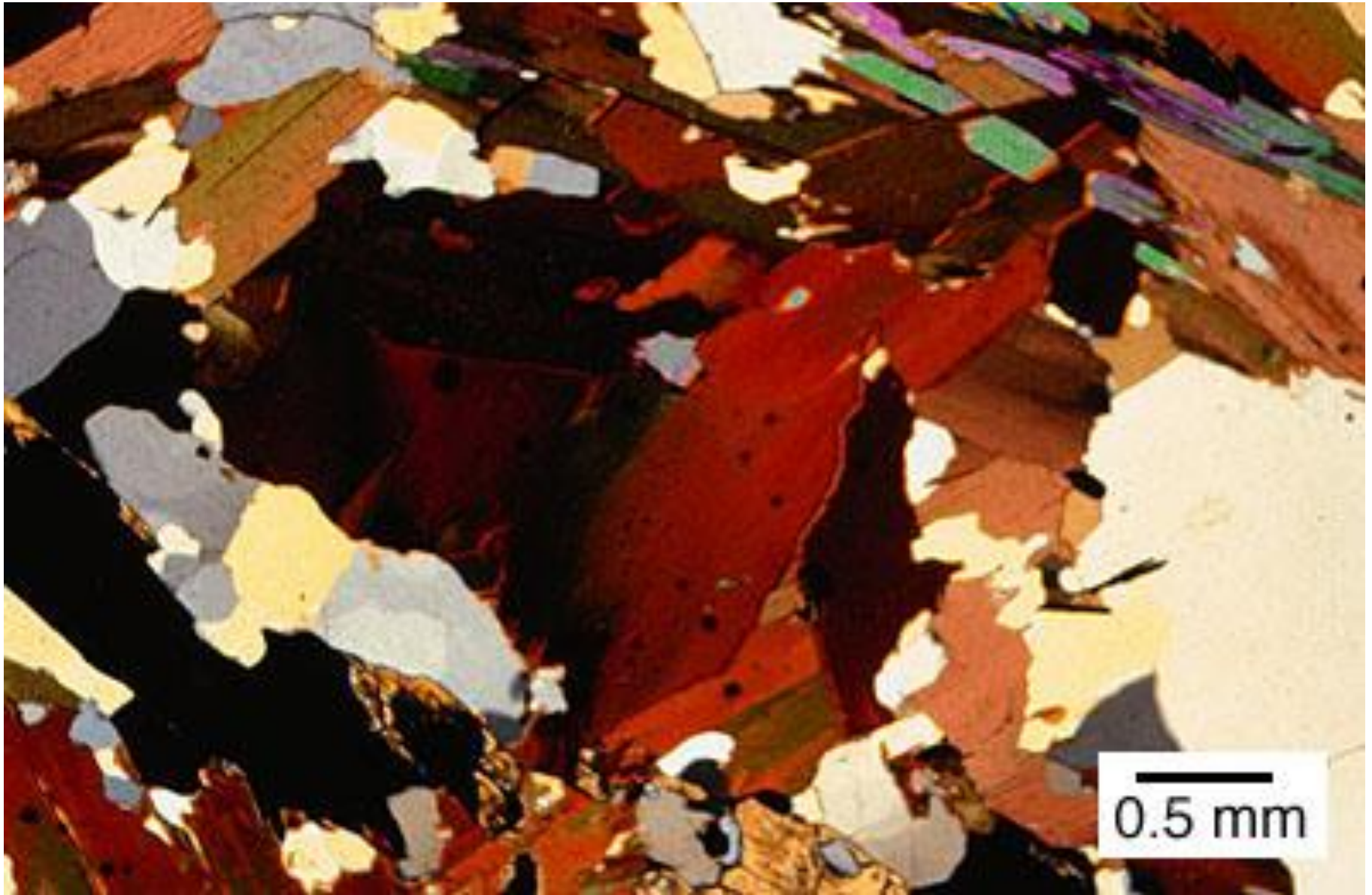
Feldspath orthose en LPA (macle Carlsbad)



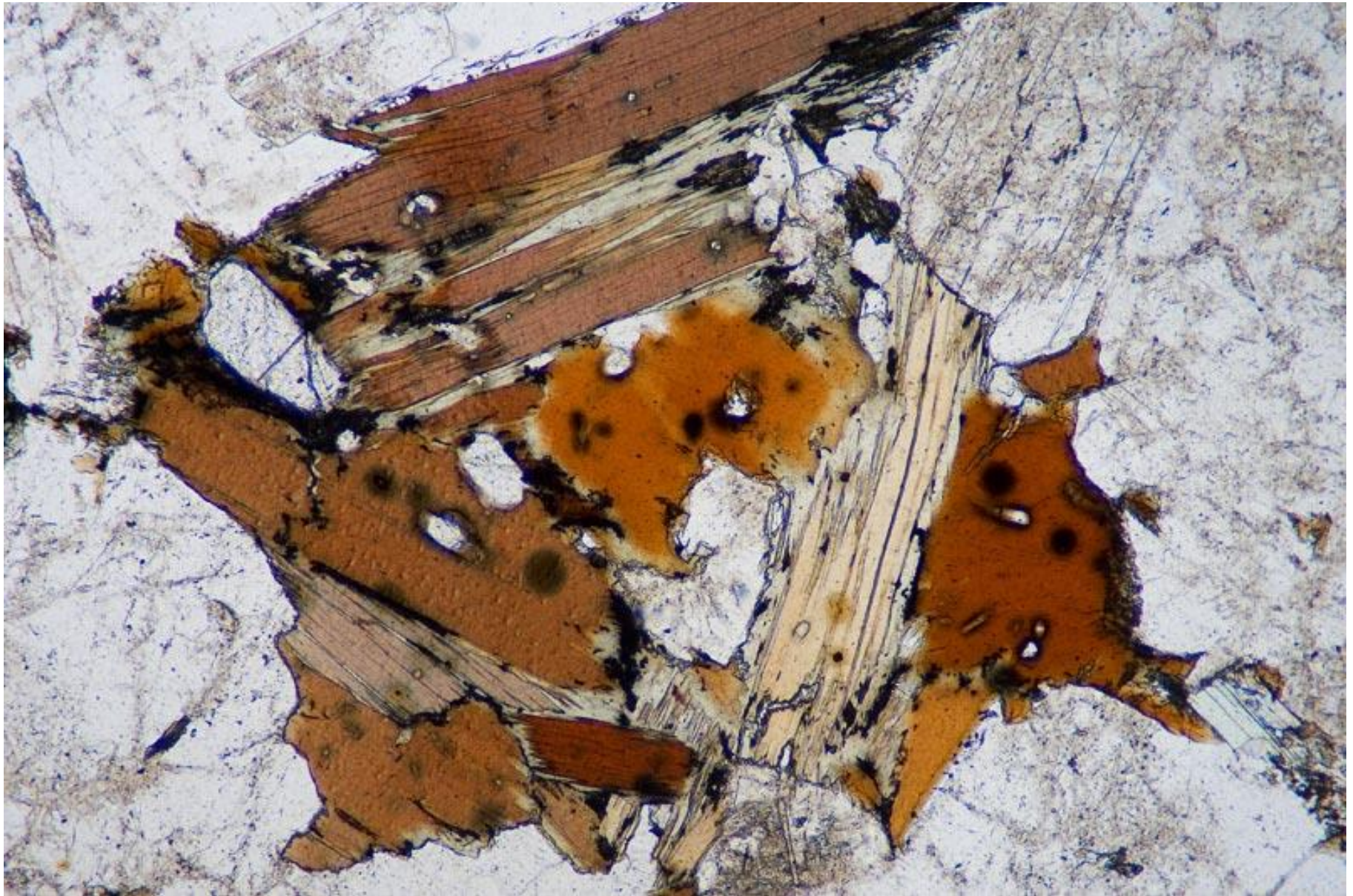
Microcline (Feldspath orthose) en LPA



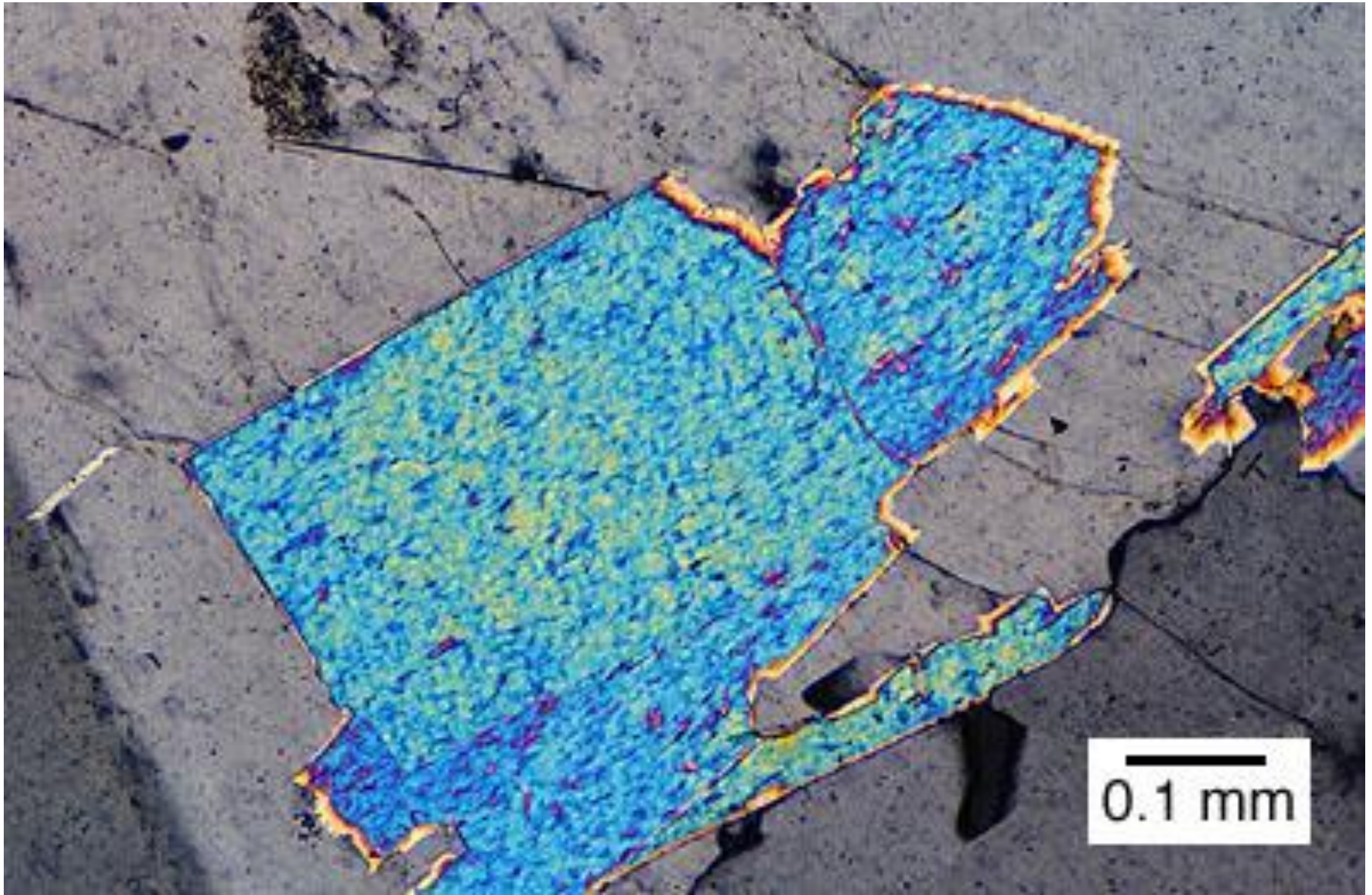
Plagioclase en LPA (macle polysynthétique)



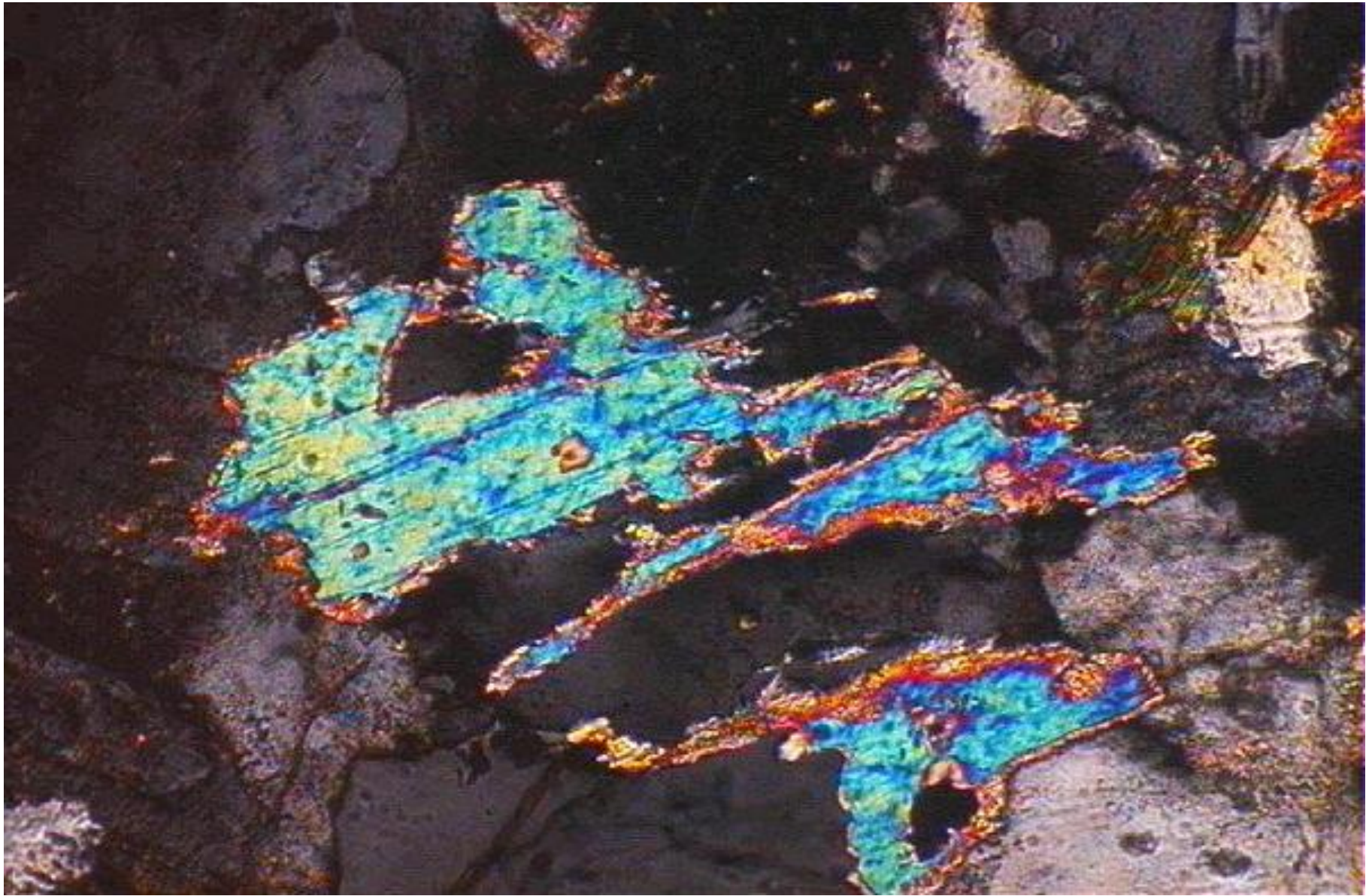
Biotite en LPA



Biotite en LPNA (clivage)



Muscovite en LPA



Muscovite en LPA (clivage)



Granite en voie d'altération (LPA)

Comparaison granite - arène granitique

Granite	Arène granitique (en climat tempéré)
<p>Micas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muscovite : minéral inaltérable..... • Biotite : facilement altérable..... 	<p>Cristaux intacts de muscovite ou sous forme de paillettes de séricite (muscovite microcristalline)</p> <p>Rares cristaux de biotite : le fer passe en solution et s'oxyde (précipitation d'hydroxydes et d'oxydes de fer) ⇒ Formation d'une argile magnésienne : la chlorite</p>
Feldspath orthose : altérable	<p>Grains plus ou moins altérés ⇒ Formation d'argiles de type illites</p>
Feldspaths Plagioclases : très vulnérables et d'autant plus vulnérables qu'ils sont riches en Ca	<p>Grains plus ou moins altérés ⇒ Formation d'argiles de type illites et de kaolinite</p>
Quartz : minéral inaltérable	Grains non altérés
	<p>Poudre constituée essentiellement d'argile de type illites, d'un peu de chlorite et de kaolinite et d'oxydes et hydroxydes de fer responsables de la couleur brun-rouille de l'arène</p>

Résultat de la désagrégation mécanique d'un granite

Granite sain

Arène granitique

Minéraux primaires

<i>Quartz</i>	<i>Si</i>
<i>Mica blanc</i>	<i>Si, Al, K</i>
<i>Feldspaths</i>	<i>Si, Al, Ca, Na, K</i>
<i>Biotite</i>	<i>Si, Al, Fe, Mg</i>

Minéraux hérités

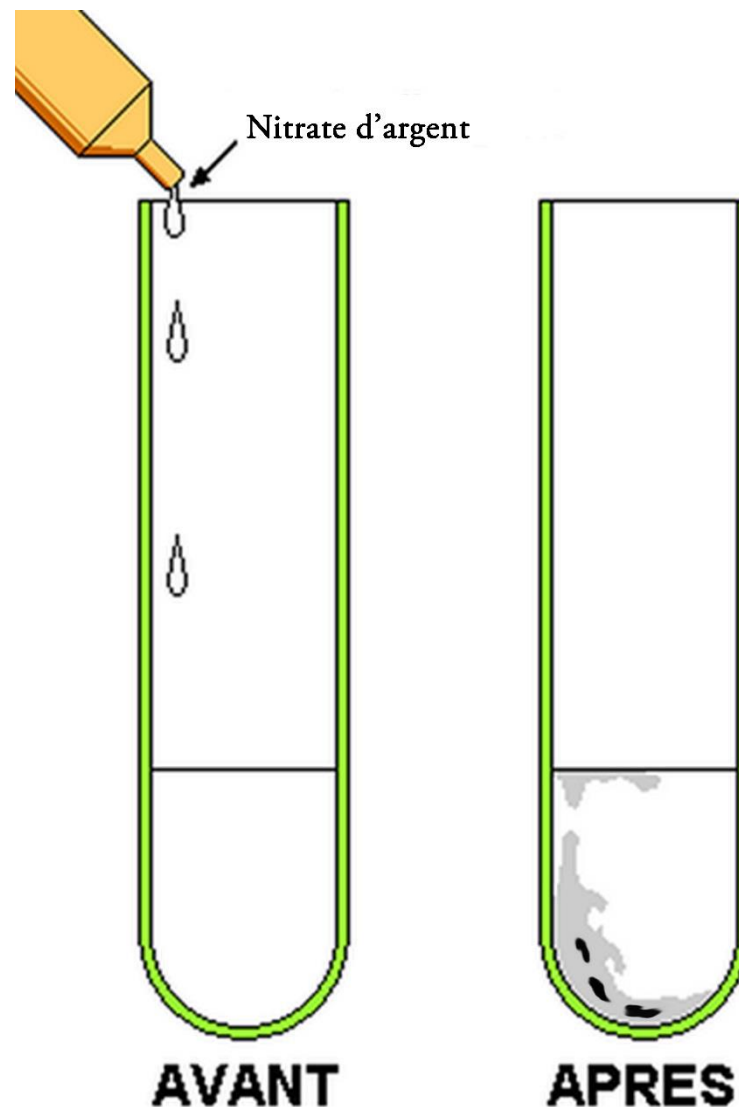
<i>Quartz</i>	<i>Si</i>
<i>Mica blanc</i>	<i>Si, Al, K</i>

**Minéraux secondaires
= argiles de néoformation**

<i>Illite</i> <i>Kaolinite</i> <i>Smectite</i> <i>Vermiculite</i> <i>Chlorite</i>	<i>Si, Al, K, Ca, Na, Fe,</i> <i>Mg</i>
---	--

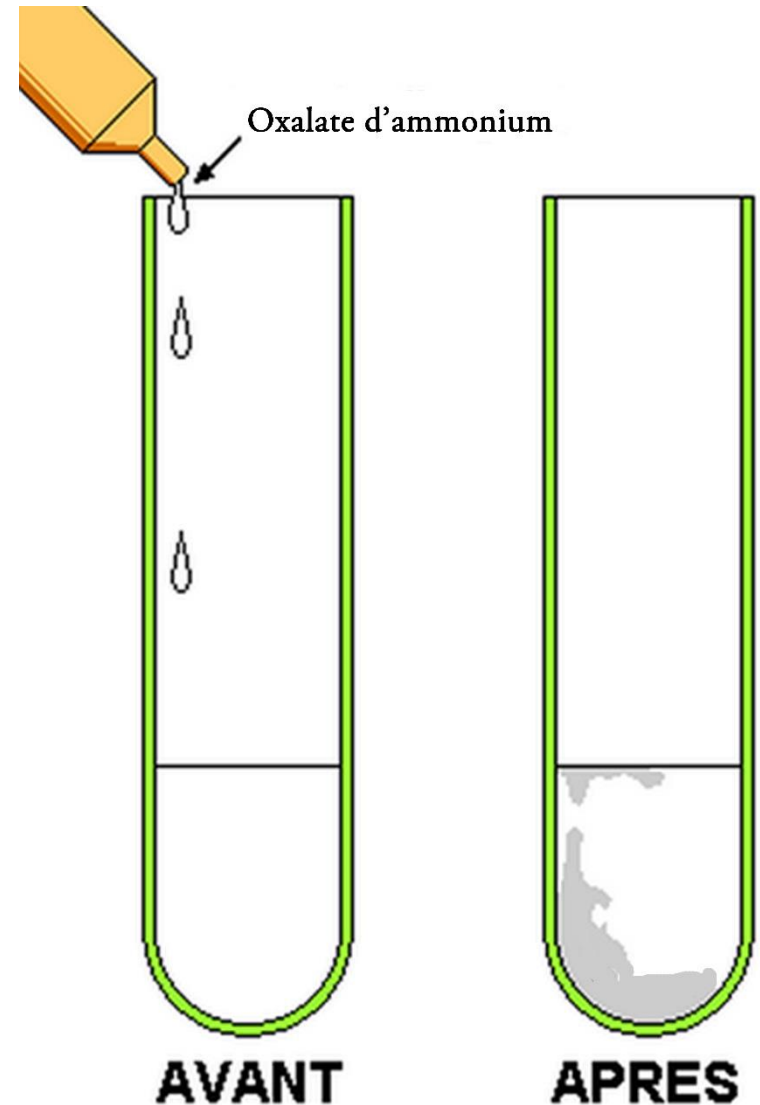
Mise en évidence des ions Cl^- dans le sol

On verse quelques gouttes de nitrate d'argent (AgNO_3) dans la solution aqueuse de colloïdes argileux. Si cette solution renferme des ions Cl^- , il se forme un précipité blanc qui noircit à la lumière.



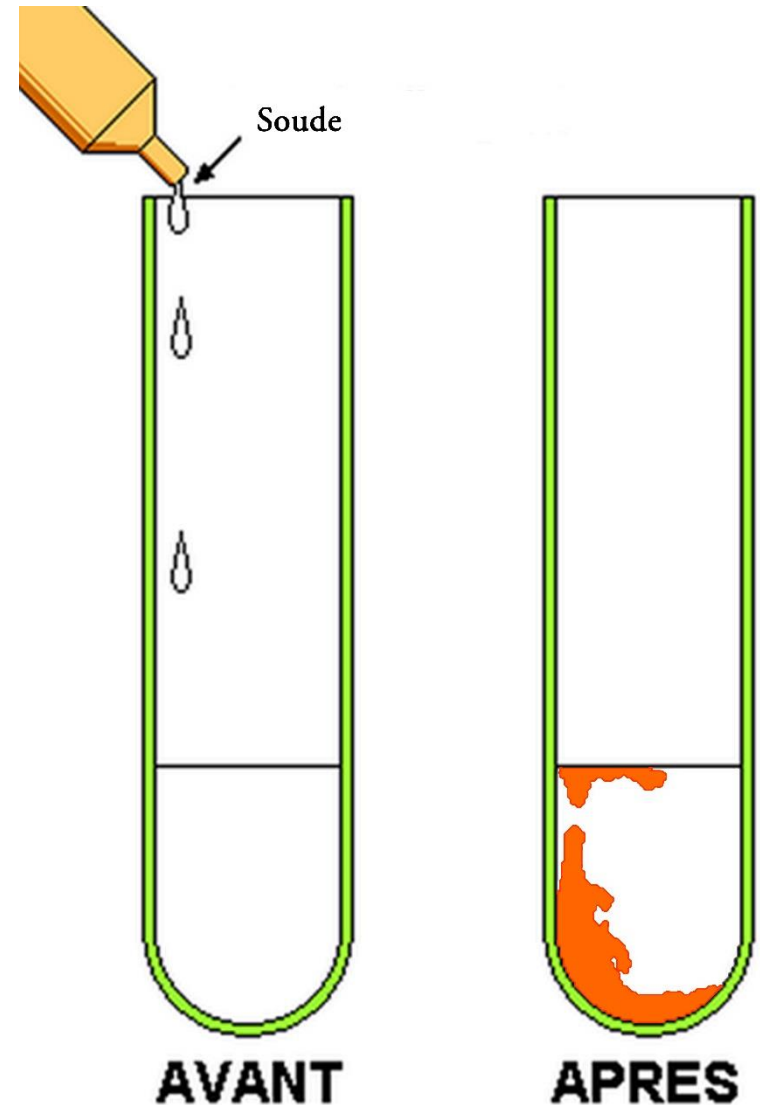
Mise en évidence des ions Ca^{2+} dans le sol

On verse quelques gouttes d'oxalate d'ammonium dans la solution aqueuse de colloïdes argileux.
Si cette solution renferme des ions Ca^{2+} , il se forme un précipité blanc d'oxalate de calcium.



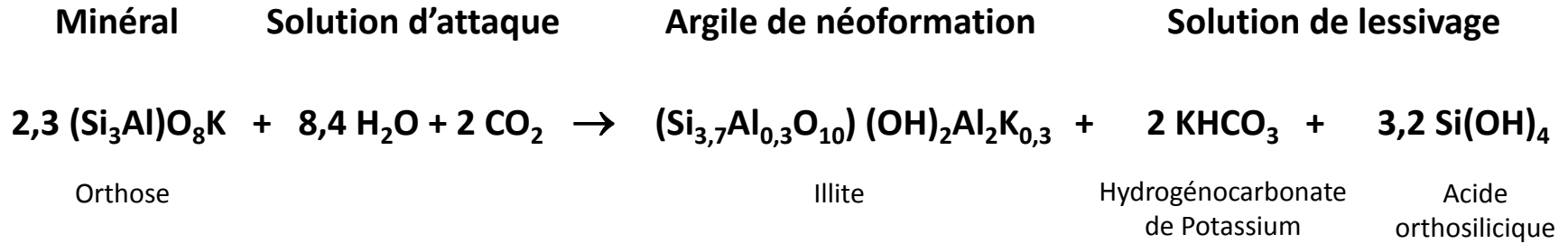
Mise en évidence des ions Fe^{3+} dans le sol

On verse quelques gouttes de soude (NaOH) dans une solution aqueuse de colloïdes argileux.
Si cette solution renferme des ions Fe^{3+} , un précipité de couleur orange se forme qui se dépose doucement au fond du tube.



L'altération chimique du granite en climat tempéré

Exemple de l'orthose



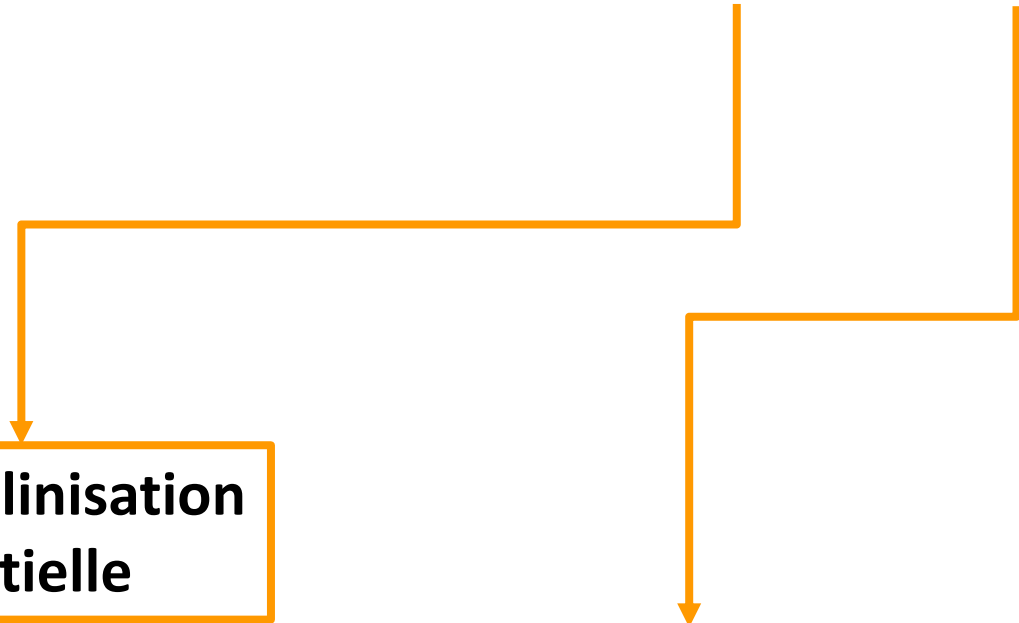
Remarquer que dans l'orthose, le rapport Si/Al est égal à 3. Dans l'illite, il est de $3,7/(0,3 + 2) = 1,6$ donc compris entre 1 et 2. On dit qu'il y a **bisiallisation** pour exprimer le fait qu'il y a environ 2 fois plus de Si que d'Al.

La **bisiallisation** est la règle en climat tempéré.

**Désalcalinisation
partielle**

« partielles » car il reste du K et du Si dans l'illite

**Désilicification
partielle**



L'altération chimique du granite en climat tempéré

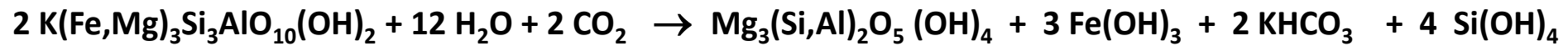
Exemple de la biotite

Minéral

Solution d'attaque

Argile néoformée

Solution de lessivage



biotite

Chlorite magnésienne

Hydroxyde
ferrique
insoluble

Hydrogénocarbonate
de Potassium

Acide
orthosilicique

L'altération chimique du granite en climat tempéré

Exemple d'un plagioclase sodique : l'albite

Minéral

Solution d'attaque

Argile néoformée

Solution de lessivage



albite

Kaolinite

Hydrogénocarbonate
de Sodium

Acide
orthosilicique

Altération chimique du granite en climat tempéré

Minéraux primaires

Quartz	Si
Mica blanc	Si, Al, K
Biotite	Si, Al, Fe, Mg
Feldspaths	Si, Al, Ca, Na, K

Cas de la biotite

Si le Mg de la biotite est emporté avec la solution de lessivage sous la forme d'hydrogénocarbonate de Mg (le Mg est très soluble dans l'eau tout comme le K, le Ca et le Na), il n'en est pas de même de son fer et de son aluminium. **L'alumine est insoluble dans l'eau** (cela a déjà été dit à propos de l'altération de l'orthose) et **c'est aussi le cas des oxydes et hydroxydes de fer.**

NB : Le fer et l'aluminium vont faire des ponts entre les argiles et les composés humiques.

Minéraux hérités

Quartz	Si
Mica blanc	Si, Al, K

Minéraux secondaires

Illite Kaolinite Smectite Vermiculite Chlorite	Si, Al, K, Ca, Na, Fe, Mg
--	------------------------------

Désalcalinisation
et désilicification
partielles

↓
**Éléments
solubilisés**

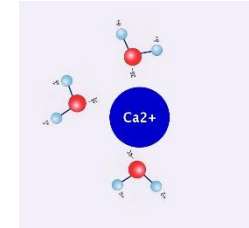
Na, Ca, K, Mg , Si

lessivage,
drainage

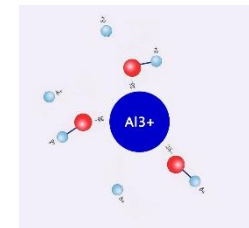
Diagramme de Goldschmidt : comportement des éléments chimiques vis-à-vis de la molécule d'eau

Dans le Diagramme de Goldschmidt ci-contre, on peut observer 3 domaines :

$e/r < 3$: ces cations attirent les molécules d'eau qui se présentent pôle négatif en avant pour entourer le cation et former des ions hydratés qui sont évacués avec l'eau. Ce sont des éléments solubles.



$3 < e/r < 10$: ces cations sont plus attractifs vis-à-vis de l'eau à un point tel qu'ils provoquent la rupture d'une des deux branches du dipôle d'eau. OH⁻ se combine alors à l'élément pour former des hydroxydes insolubles (ex : Al(OH)₃ ou gibbsite qui entre dans la composition de la bauxite, minéral d'aluminium).



$e/r > 10$: ces éléments exercent une forte attraction sur la molécule d'eau. Ils provoquent la rupture des deux branches du dipôle d'eau et donnent des oxyanions solubles (CO₃²⁻, SiO₂⁴⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻).

Dans l'océan, ces oxyanions se recombinaient avec les cations solubles pour former les minéraux des sédiments comme la calcite CaCO₃, la dolomie (Ca,Mg)CO₃, le gypse CaSO₄ · 2H₂O...

Cations solubles

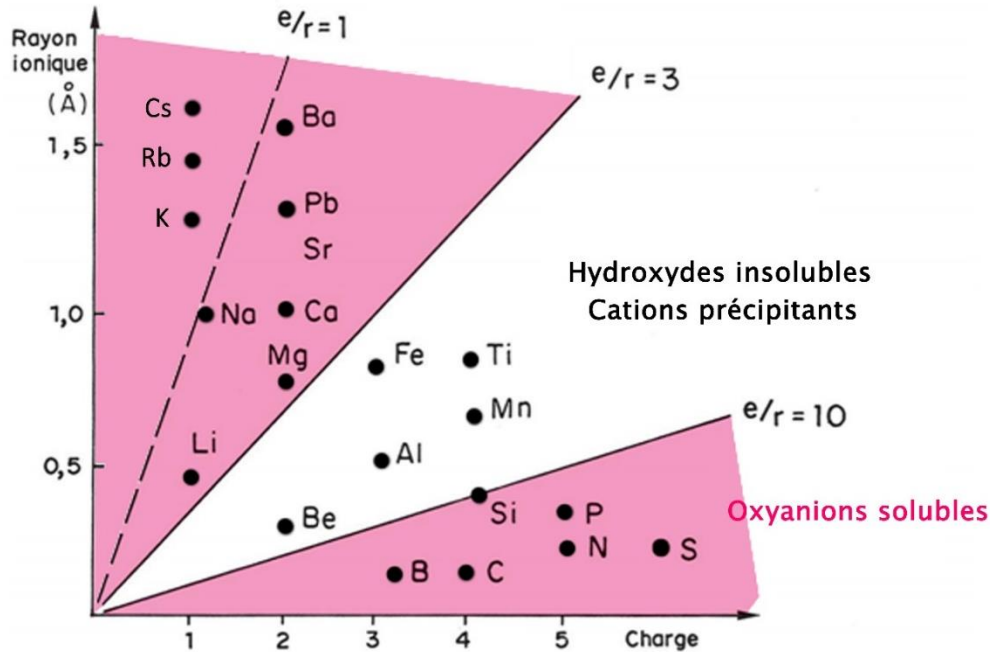
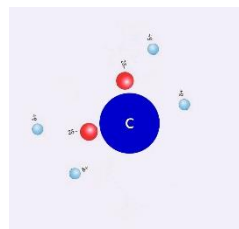
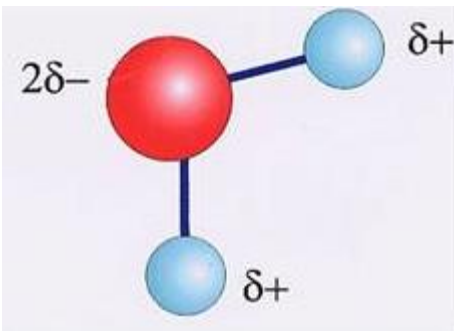
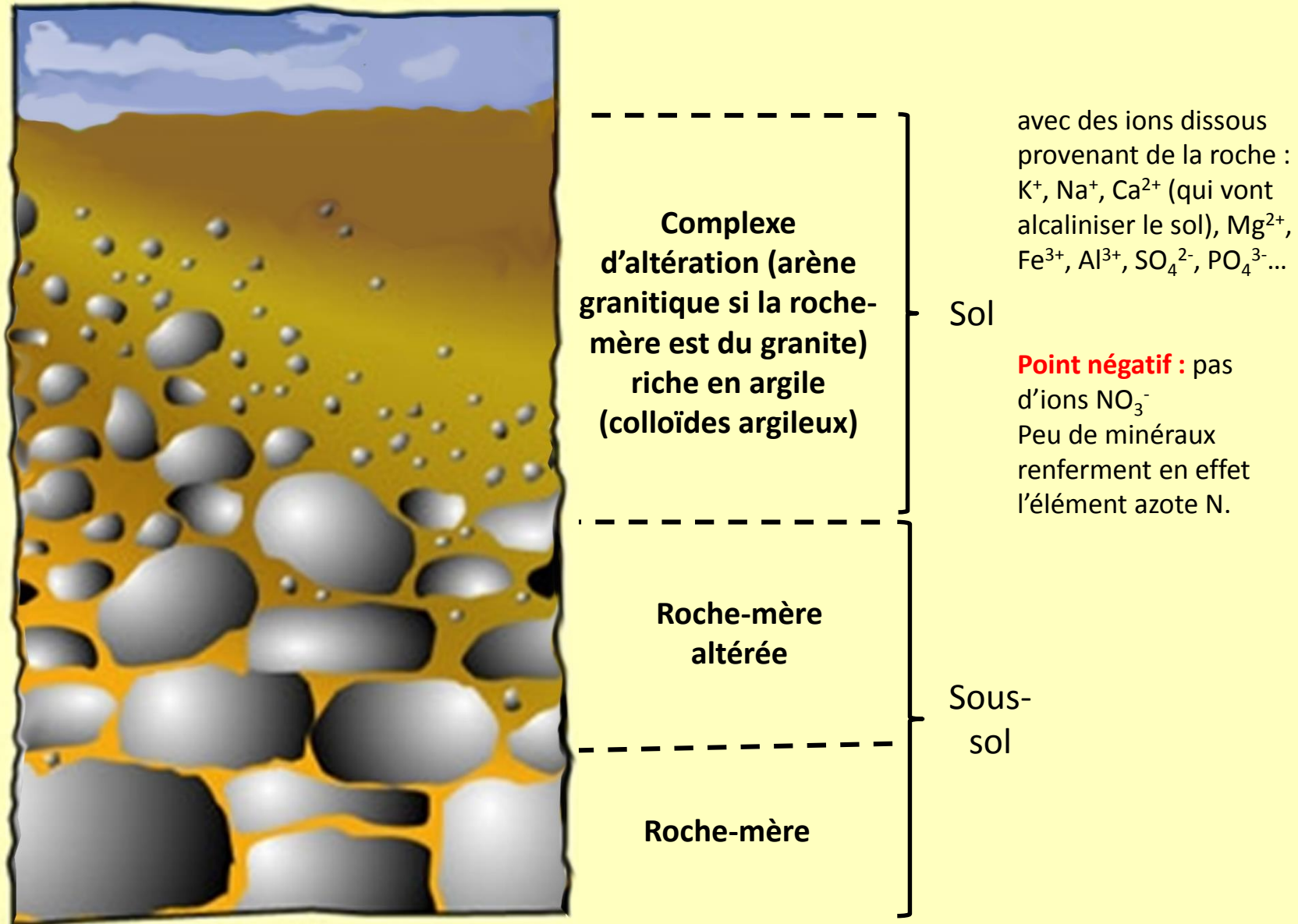


Diagramme de Goldschmidt

Dipôle de molécule d'eau



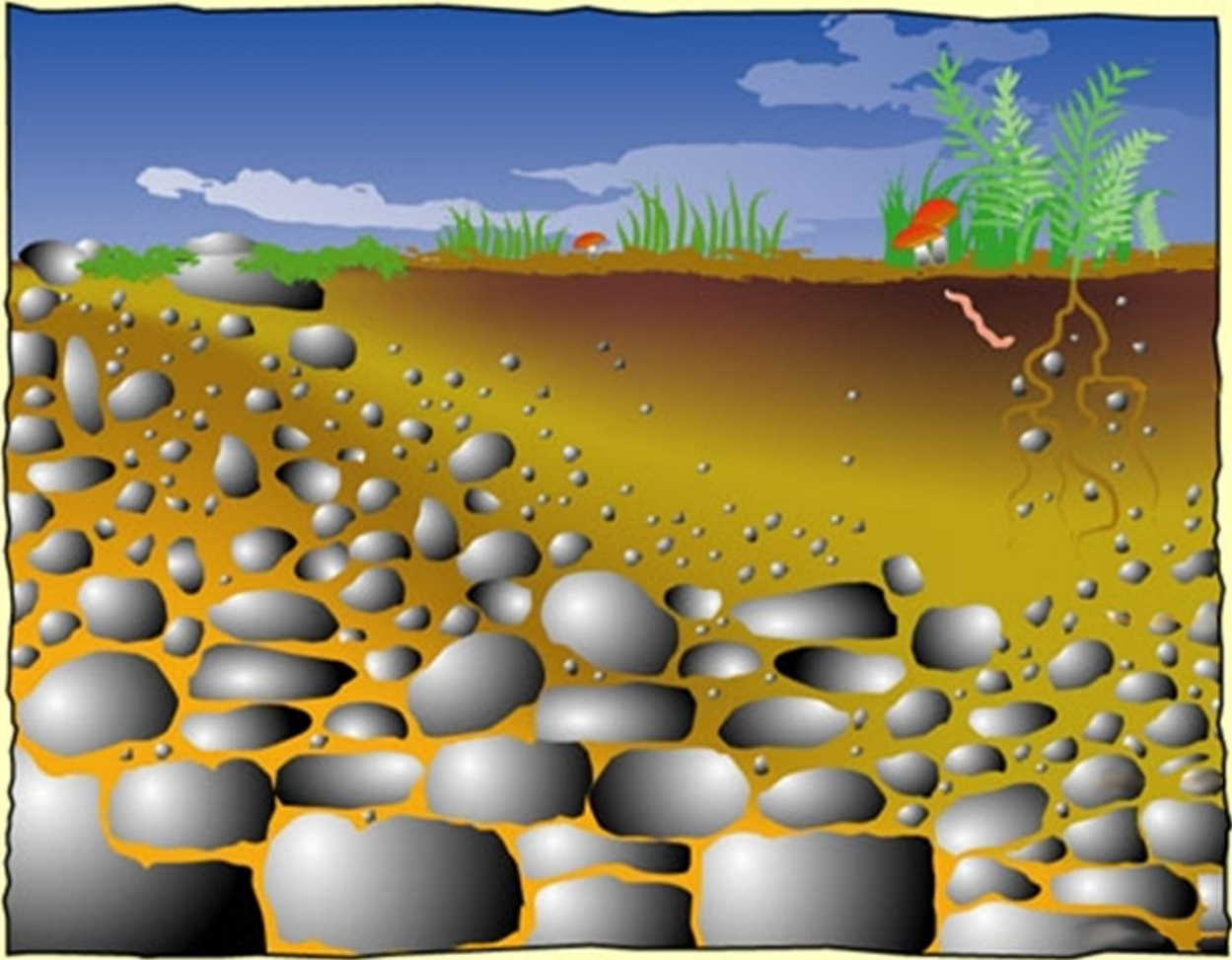
Synthèse de la partie I



- 10000 ans

Aujourd'hui

temps



Avec le temps, le sol non seulement s'épaissit mais il est aussi progressivement colonisé par la végétation : d'abord s'installent des espèces pionnières (Lichens, Mousses, Fougères) puis viennent les Phanérogames, permettant ainsi le passage à un paysage de landes puis finalement de forêts en équilibre avec le climat et le sol (= climax)

Roche-mère altérée
Roche-mère

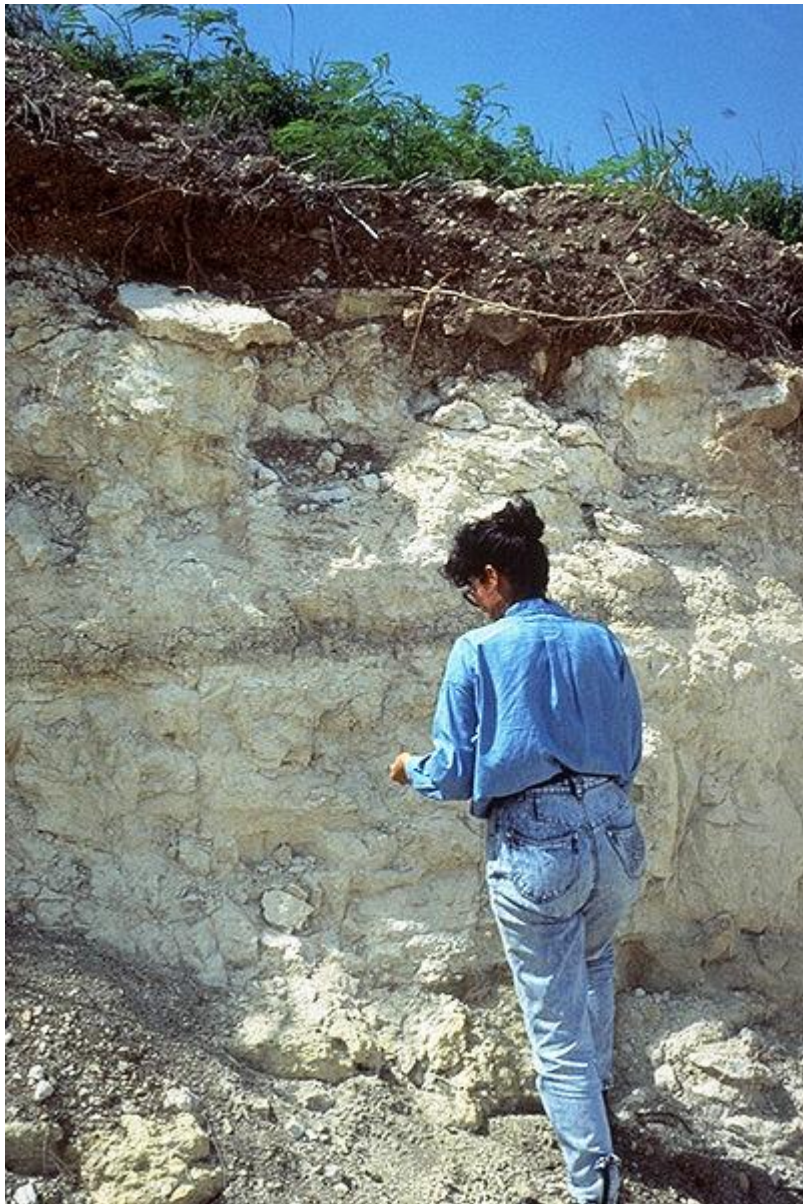
Sous-sol











Partie II

Composition et dégradation de la litière



F
e
u
i
l
l
e
s

m
o
r
t
e
s

Champignons

Feuilles et bois mort



Acariens

Débris végétaux



Iules

Feuilles et bois mort



Cloportes

Feuilles et bois mort



Escargots

Feuilles, bourgeons



Larves de Coléoptères

Racines vivantes



Larves de Diptères

Végétaux en décomposition, cadavres d'animaux



Araignées

Collemboles, Acariens



Pseudoscorpions

Collemboles, Acariens, petits Insectes



Géophiles

Araignées, Acariens, Collemboles



Staphylins

Araignées, Collemboles, Acariens, Asticots, Cloportes



Lithobies

Vers de terre, Limaces, Escargots, Asticots



Punaises

Sève, petits Insectes



Carabes

Chenilles, Vers de terre, Escargots



Coccinelles

Pucerons, Acariens, Cochenilles



Collemboles

Végétaux en décomposition, excréments d'animaux, cadavres d'animaux



Vers de Terre dont les Enchytréides

Matière organique de l'humus



Champignons

Feuilles et bois mort



Acariens

Débris végétaux



Lules

Feuilles et bois mort



Cloportes

Feuilles et bois mort



Escargots

Feuilles, bourgeons



Larves de Coléoptères

Racines vivantes



**Herbivores ou Phytophages
Consommateurs I^{aires}**

Araignées

Collemboles, Acariens



Pseudoscorpions

Collemboles, Acariens, petits Insectes



Géophiles

Araignées, Acariens, Collemboles



**Carnivores ou Zoophages
Consommateurs II^{aires}**

Staphylins

Araignées, Collemboles, Acariens, Asticots, Cloportes



Lithobies

Vers de terre, Limaces, Escargots, Asticots



Punaises

Sève, petits Insectes



Carabes

Chenilles, Vers de terre, Escargots



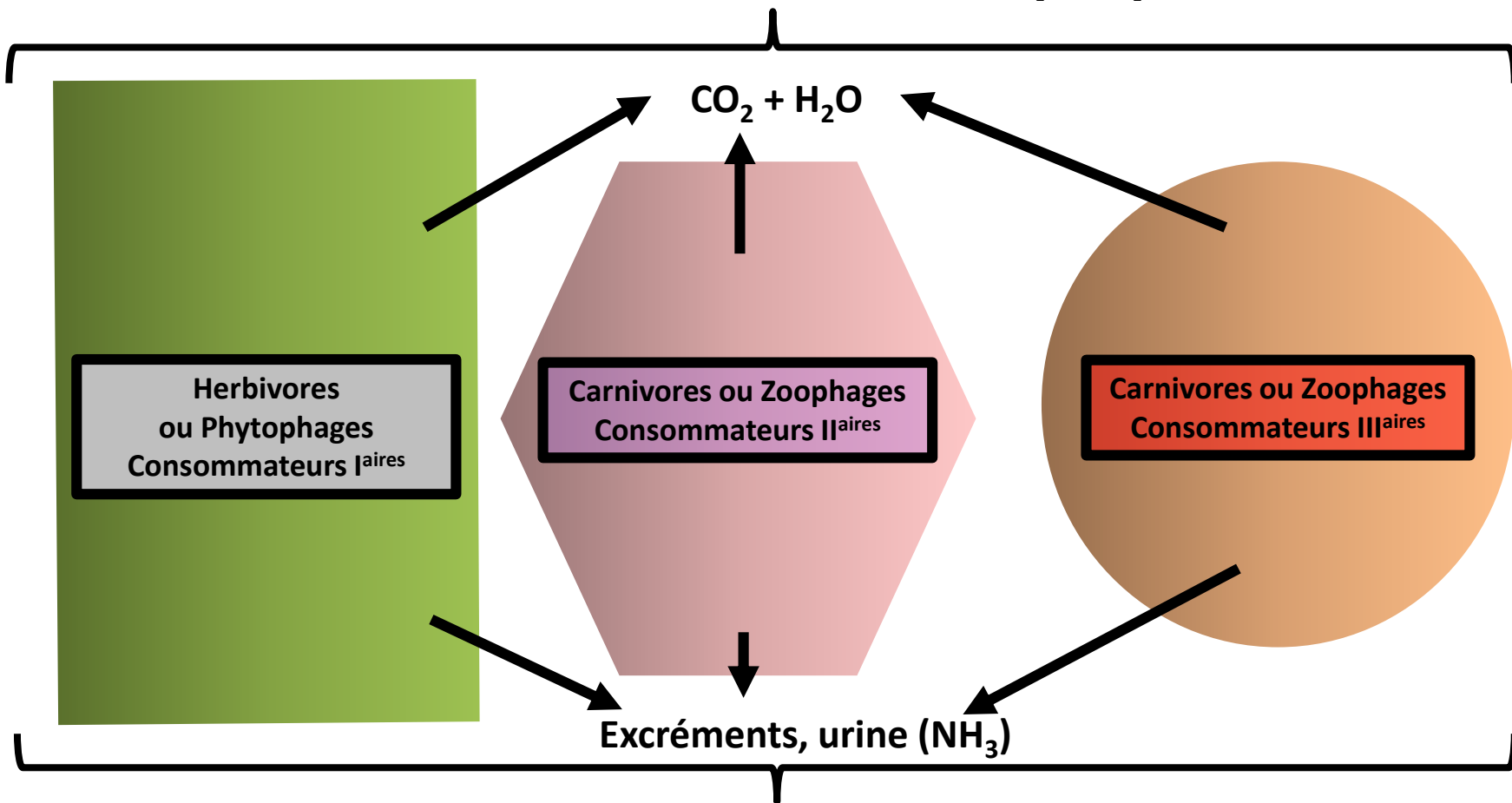
Coccinelles

Pucerons, Acariens, Cochenilles



**Carnivores ou Zoophages
Consommateurs III^{aires}**

Tout au long de leur vie, ces animaux respirent : rejet de CO_2 et de H_2O



Ils éliminent également des déchets solides et liquides : excréments et « urine » riche en sels minéraux et en NH_3
Puis ils meurent ⇒ **Cadavres**

Larves de Diptères

Végétaux en décomposition,
cadavres d'animaux



Collemboles

Végétaux en
décomposition,
excréments d'animaux,
cadavres d'animaux



Vers de Terre
dont les Enchytréides



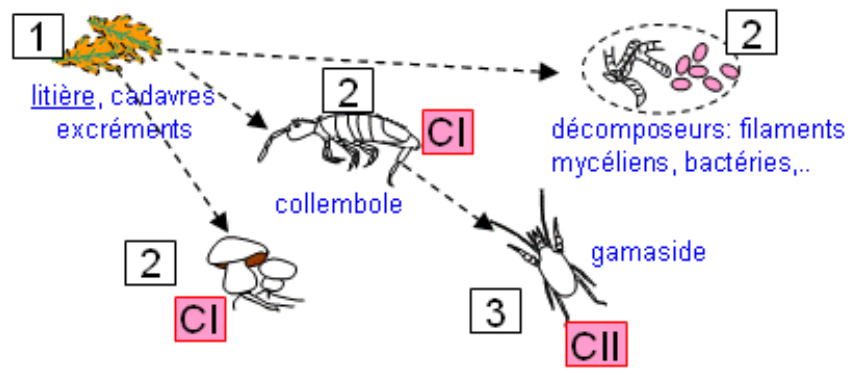
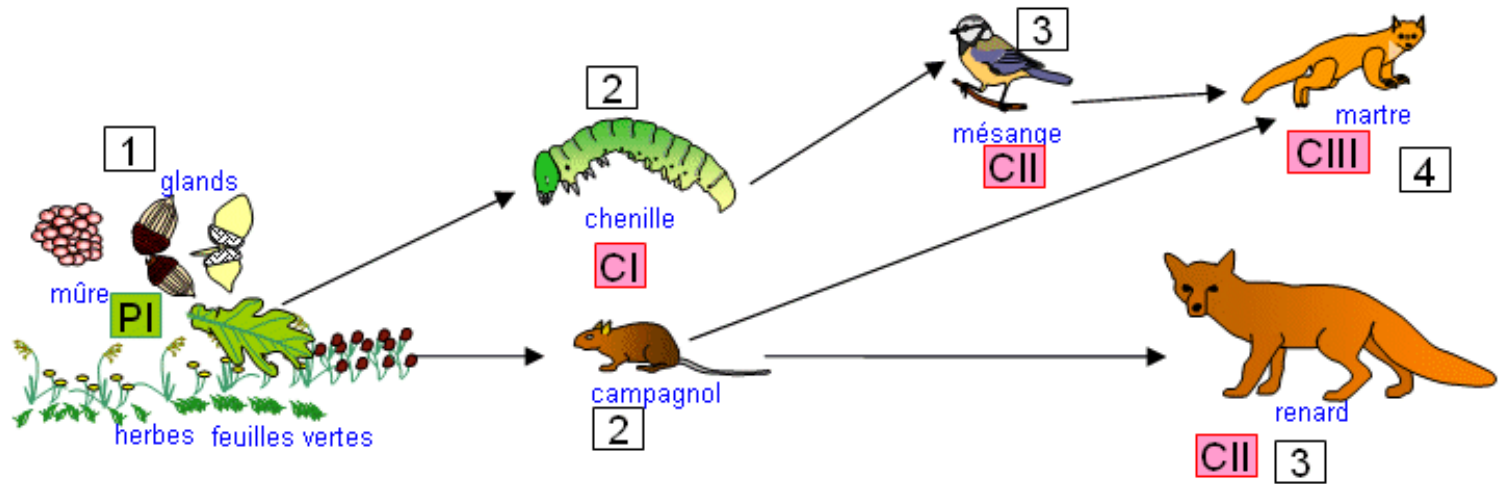
Matière organique de l'humus

Nécrophages et Coprophages = Décomposeurs

P
r
o
d
u
c
t
e
u
r
s

p
r
i
m
a
i
r
e
s

Réseau trophique simplifié de l'écosystème Forêt



1, 2, 3, ... : niveau trophique
 PI : producteurs primaires
 CI : consommateurs primaire = phytophages
 CII, CIII, ... : consommateurs secondaires, ... : zoophages

Importance des quantités de matières organiques fraîches arrivant au sol en forêt

Quantité de matière végétale retournée au sol (en T/ha/an de matière sèche)	
Forêt feuillue tempérée	3-9 T/ha/an
Forêt résineuse tempérée	3-6 T/ha/an
Forêt subtropicale	20 T/ha/an
Forêt équatoriale	25 T/ha/an

Composition moyenne de la retombée en forêt ardennaise (hêtraie-chênaie)	
Feuilles	75%
Brindilles	10%
Fruits	10%
Ecailles de bourgeons	4%
Fleurs	1%

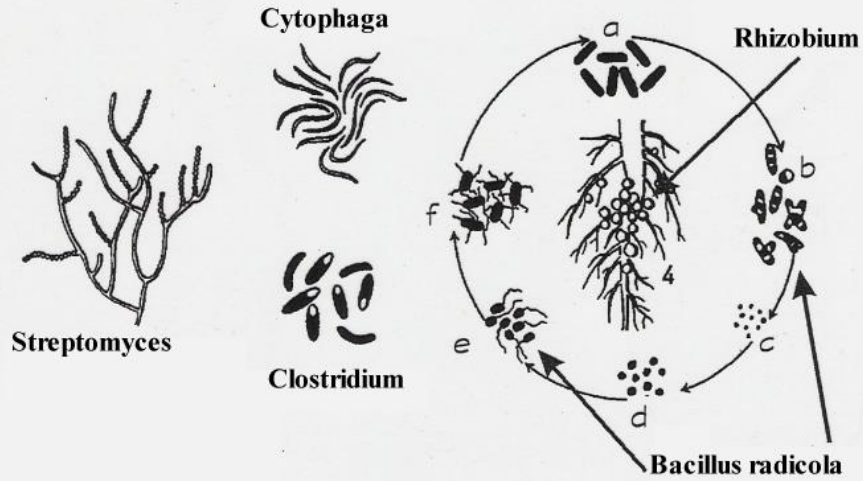
Importance quantitative de la microfaune du sol

Organismes	Nombre par litre de sol
Protozoaires	$1,0 \cdot 10^9$
Nématodes	$3 \cdot 10^4$
Acariens	$2,0 \cdot 10^3$
Lombricidés	2
Collemboles	$1,0 \cdot 10^3$
Arthropodes (dont Insectes), Myriapodes	100

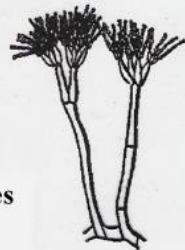
Importance quantitative de la microflore du sol

Organismes	Nombre par gramme de sol
Bactéries (Bacillus, Streptomyces, Pseudomonas...)	10^9 soit 2,4 T/ha
Champignons (Penecillium, Aspergillus, Mucor, Podospora...)	?

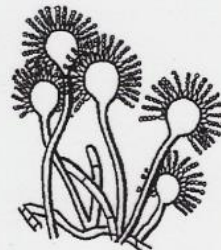
Quelques Champignons et Bactéries communs dans les sols



Phycomycètes
Rhizopus



Penicillium **Aspergillus**
Ascomycètes



Fungi imperfecti
Trichoderma



Verticillium



Helminthosporium



Fusarium



Cladosporium

Fungi imperfecti

Comparaison des compositions de la matière organique végétale et de l'humus

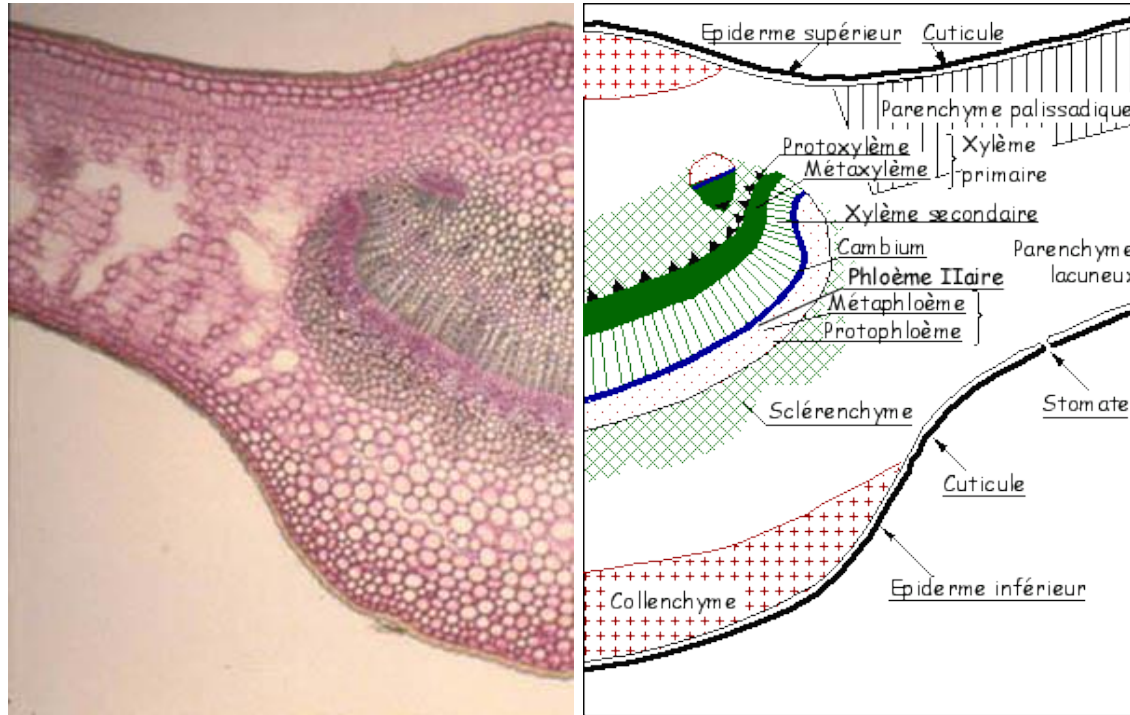
	Tissus végétaux (% de la matière sèche)	Humus
Cellulose	20 à 50	2 à 10
Hémicellulose	10 à 28	2 à 20
Lignine	10 à 30	35 à 55
Protéines et acides aminés	1 à 15	15 à 45 (enrichissement en N)
Divers (graisses, tanins, cires, résines, essences...)	1 à 8	1 à 8

Certaines substances disparaissent rapidement de la litière : ce sont la **cellulose** et les **hémicelluloses** parce qu'elles sont faciles à décomposer et vont servir d'aliments énergétiques et plastiques aux organismes du sol (Phytophages, Bactéries,...).

D'autres en revanche seront attaquées plus lentement et moins complètement, laissant d'importants résidus : ce sont essentiellement les **lignines** mais aussi les **graisses**, les **résines**, les **cires**...

Un cas particulier : Comment expliquer l'enrichissement de l'humus en protéines et surtout en acides aminés alors que ces molécules organiques sont facilement assimilables par les organismes vivants ? Cet enrichissement est le fait des Bactéries de la nitrification du sol.

Coupe transversale et composition chimique d'une feuille (Houx)



Source des documents :

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/anatomie/feuille/houx/pshoux.html>

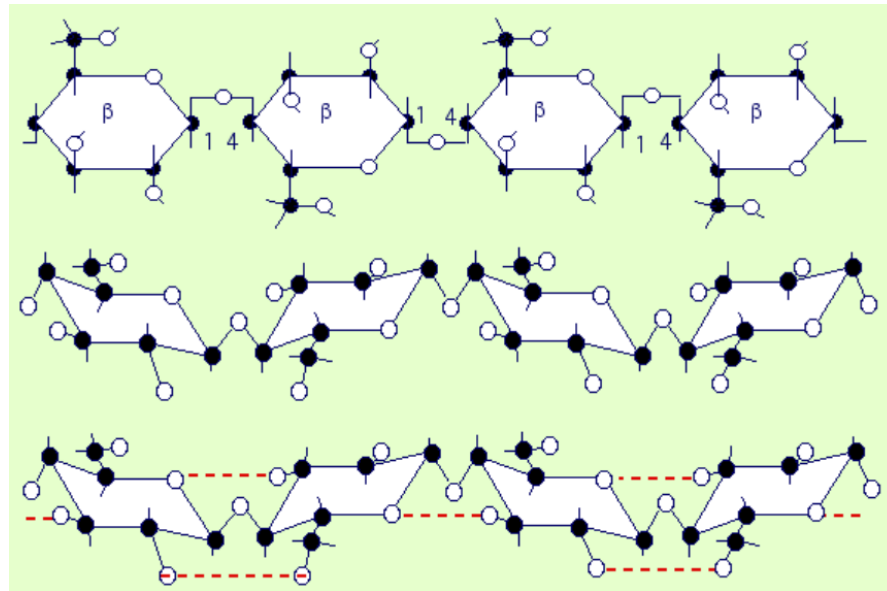
La **cuticule** qui forme le revêtement de la feuille est constituée de **cutines** et de **cires**. Ces composés sont des polymères (esters) d'acides gras et d'alcools à longues chaînes aliphatiques (**lipides**).

Le **bois** ou **xylème**, élément essentiel des vaisseaux du bois conducteurs de la sève brute, est riche en **lignines** : ce sont des **polyphénols** formés à partir de monomères (acide coumarique, conférylique, sinapylique).

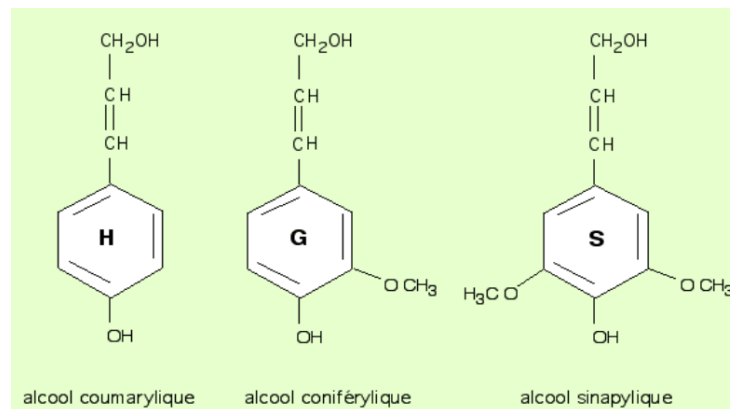
Le **liber** ou **phloème**, autre constituant des nervures mais conducteurs de la sève dite élaborée, est constitué de cellules à paroi riche en **cellulose** tout comme les **collenchymes**, **parenchymes palissadique et lacuneux**. Dans la paroi de ces cellules, les fibres de cellulose sont noyées dans une matrice amorphe de pectines et d'hémicelluloses : la cellulose est un **polyholoside (polymère du glucose)**, les pectines des **polymères d'acides uroniques** plus ou moins « sucrés » et renfermant des ions Ca^{2+} et les hémicelluloses des **polymères hétérogènes ramifiés d'oses divers et d'acides uroniques**.

Le cytoplasme de toutes les cellules renferme **protides, glucides et lipides**.

Exemples de molécules complexes constitutives des végétaux



Molécule de cellulose (polymère du glucose)

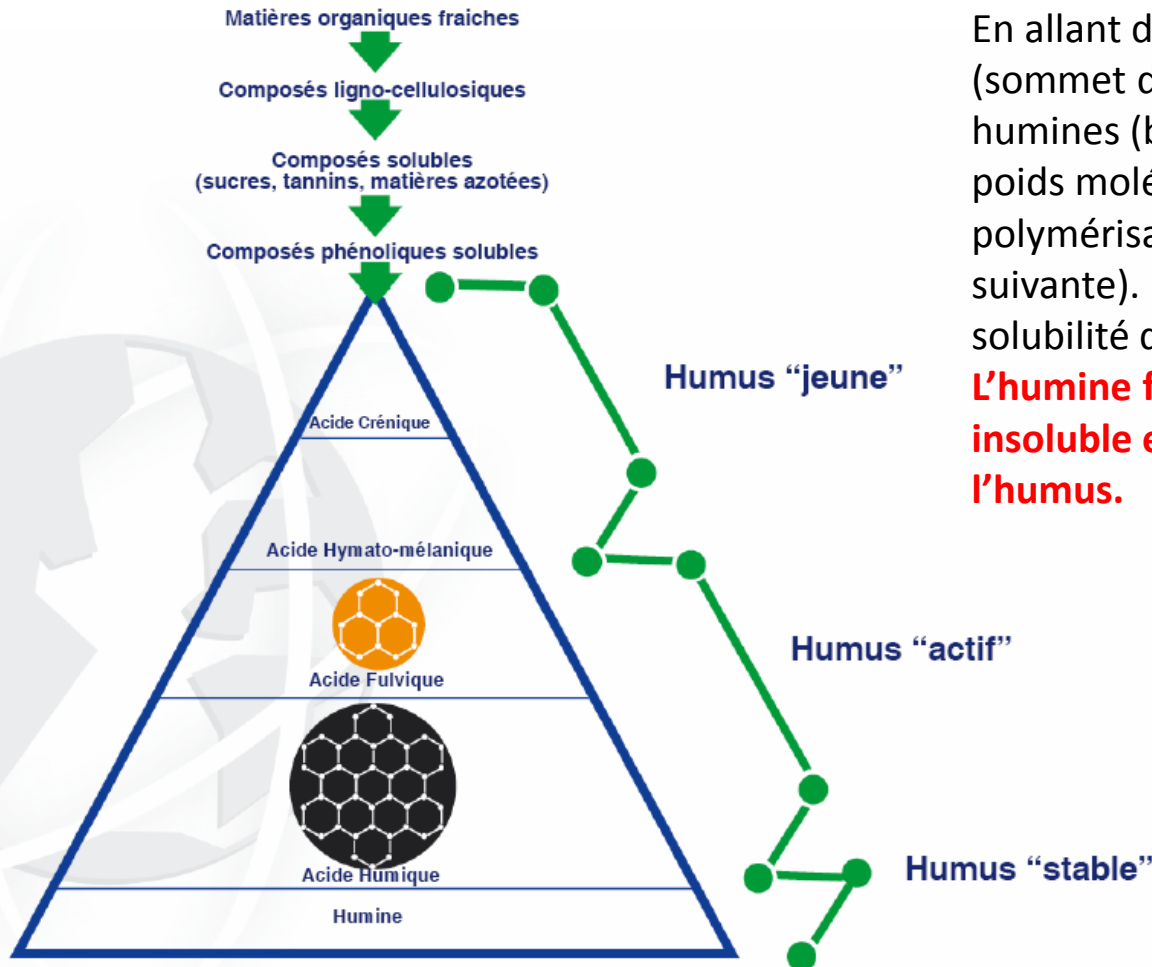


Les 3 monomères principaux de la lignine
(remarquer leur noyau aromatique)

Composition et formation de l'humus

Pyramide des composés humiques

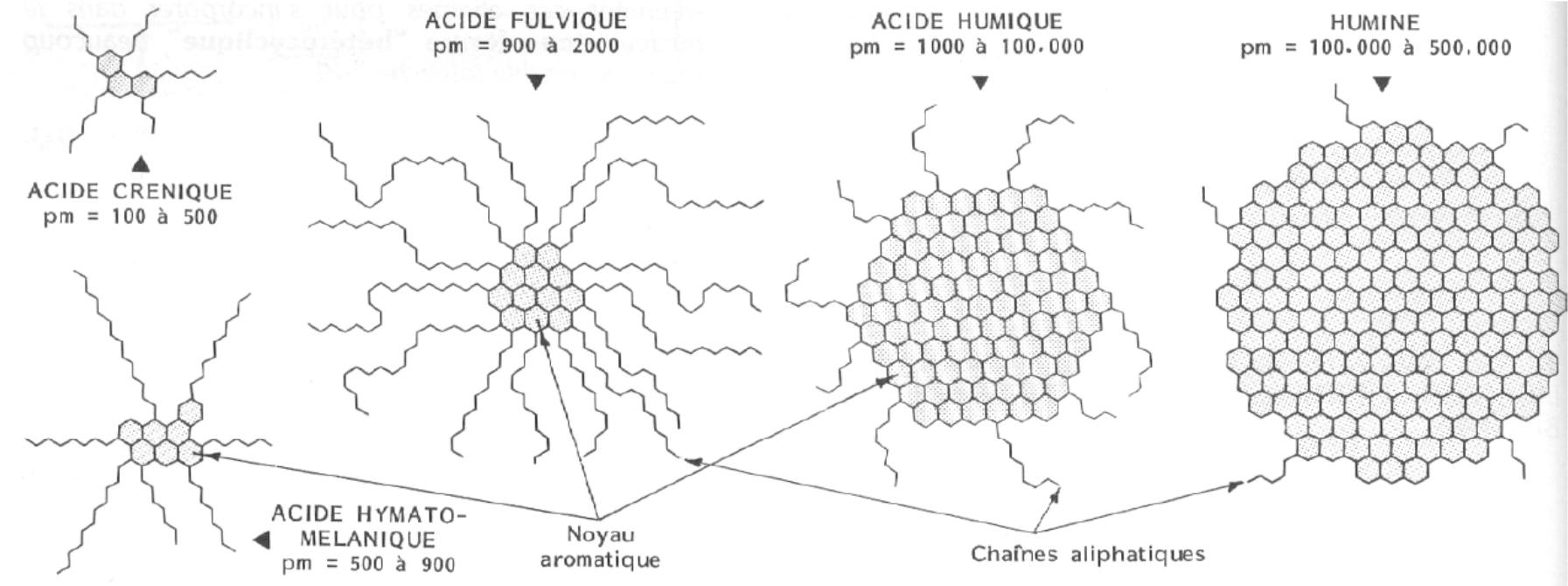
Humus : genèse et composantes



En allant de l'acide crénique (sommet de la pyramide) aux humines (base de la pyramide), le poids moléculaire augmente par polymérisation (voir diapositive suivante). Parallèlement, le degré de solubilité diminue.

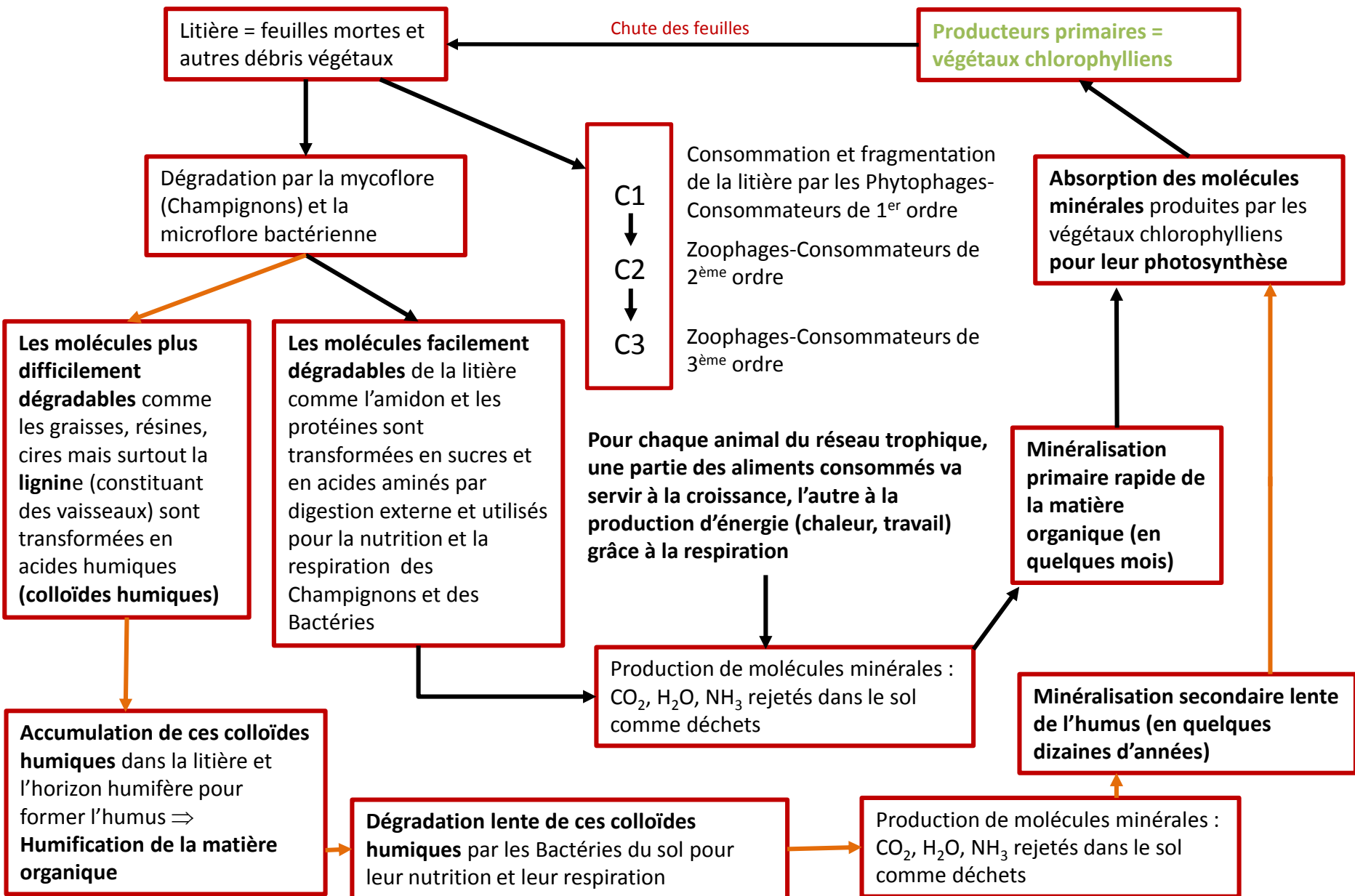
L'humine forme la partie la plus insoluble et la plus stable de l'humus.

Les composés humiques



En schématisant beaucoup, on peut considérer que les composés humiques proviennent de la polymérisation des acides aromatiques des lignines avec les longues chaînes aliphatiques issues des graisses, cires, cutines.

Transformation de la matière organique dans le sol



Synthèse de la partie II

Végétaux chlorophylliens = Producteurs ^{aires}

LITIÈRE

Les molécules difficilement dégradables comme la lignine (constituant des vaisseaux), les graisses, les résines, les cires ... sont transformées par les Champignons et les Bactéries en acides humiques insolubles (colloïdes humiques) qui s'accumulent dans le sol pour former l'humus, complexe très stable

Mais stable ne veut pas dire non-dégradable.

Minéralisation secondaire lente de l'humus (en quelques dizaines d'années) par les Bactéries du sol

Les molécules facilement décomposables de la litière sont utilisées pour la nutrition et la respiration des Champignons, des Bactéries et des animaux phytophages, point de départ des chaînes alimentaires du réseau trophique

Minéralisation primaire rapide de la matière organique (en quelques mois)

Apport de
 CO_2 , H_2O , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} ,
 Mg^{2+} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , ...
et surtout de NO_3^-

L'azote du sol est exclusivement d'origine organique

Bien comprendre la minéralisation

On mange 500 g d'aliments solides au cours d'un repas soit 1 kg au cours de la journée soit 7 kg dans la semaine.



On ne va pas pour autant grossir de 7 kg car on élimine en moyenne par jour 150 g d'excréments solides et de sels dissous dans la sueur et l'urine soit 1,050 kg dans la semaine.

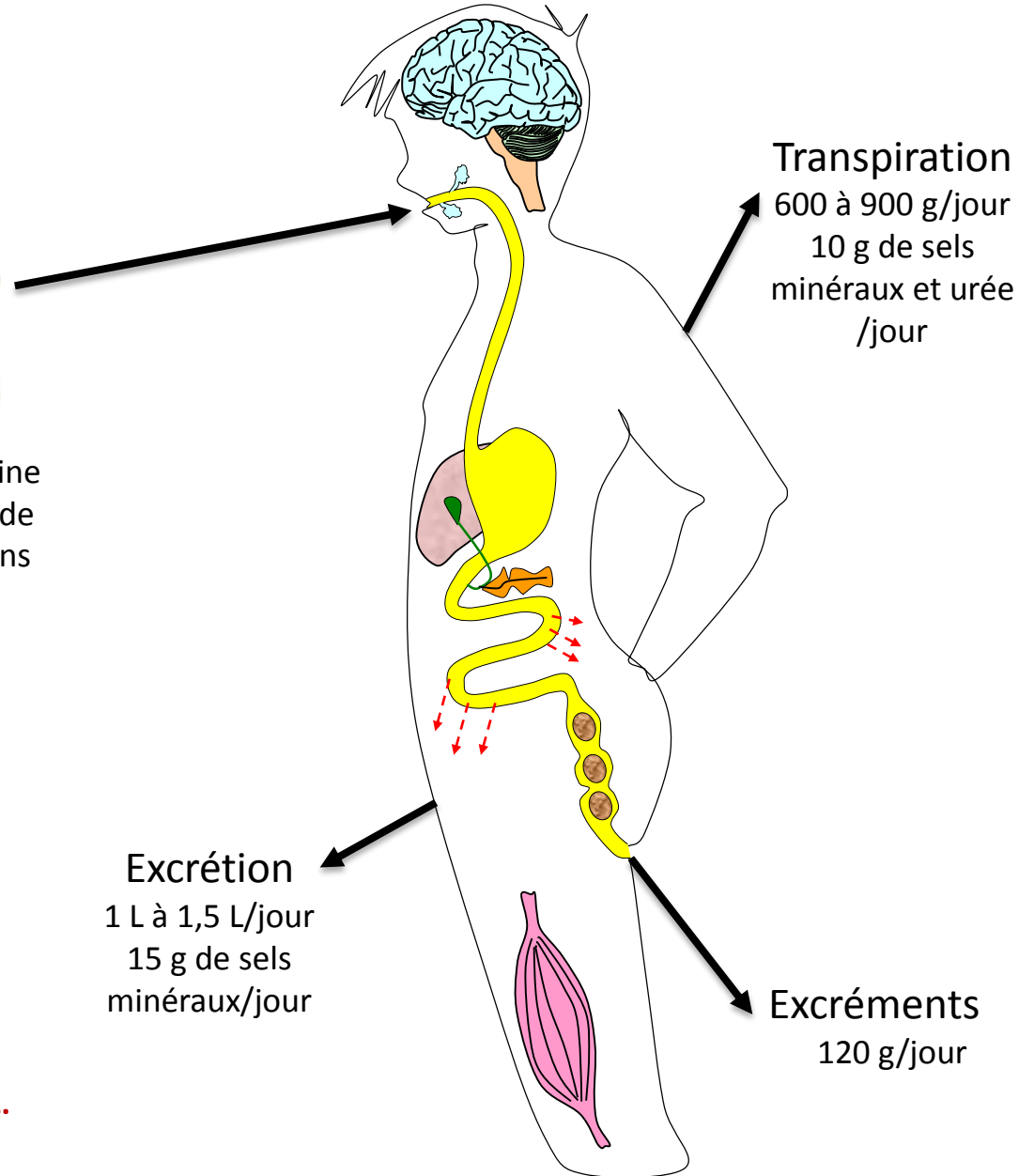
On devrait donc grossir de $7 - 1,050 = 5,950$ kg!!!!
C'est loin d'être le cas !

Pourquoi ?

Que deviennent donc ces 5,950 kg que l'on a gardés ?

Réponse

Une petite partie seulement sert à la conservation de la masse (aliments plastiques) ; la plus grande partie (aliments énergétiques) est transformée et perdue en chaleur, travail musculaire, intellectuel,...

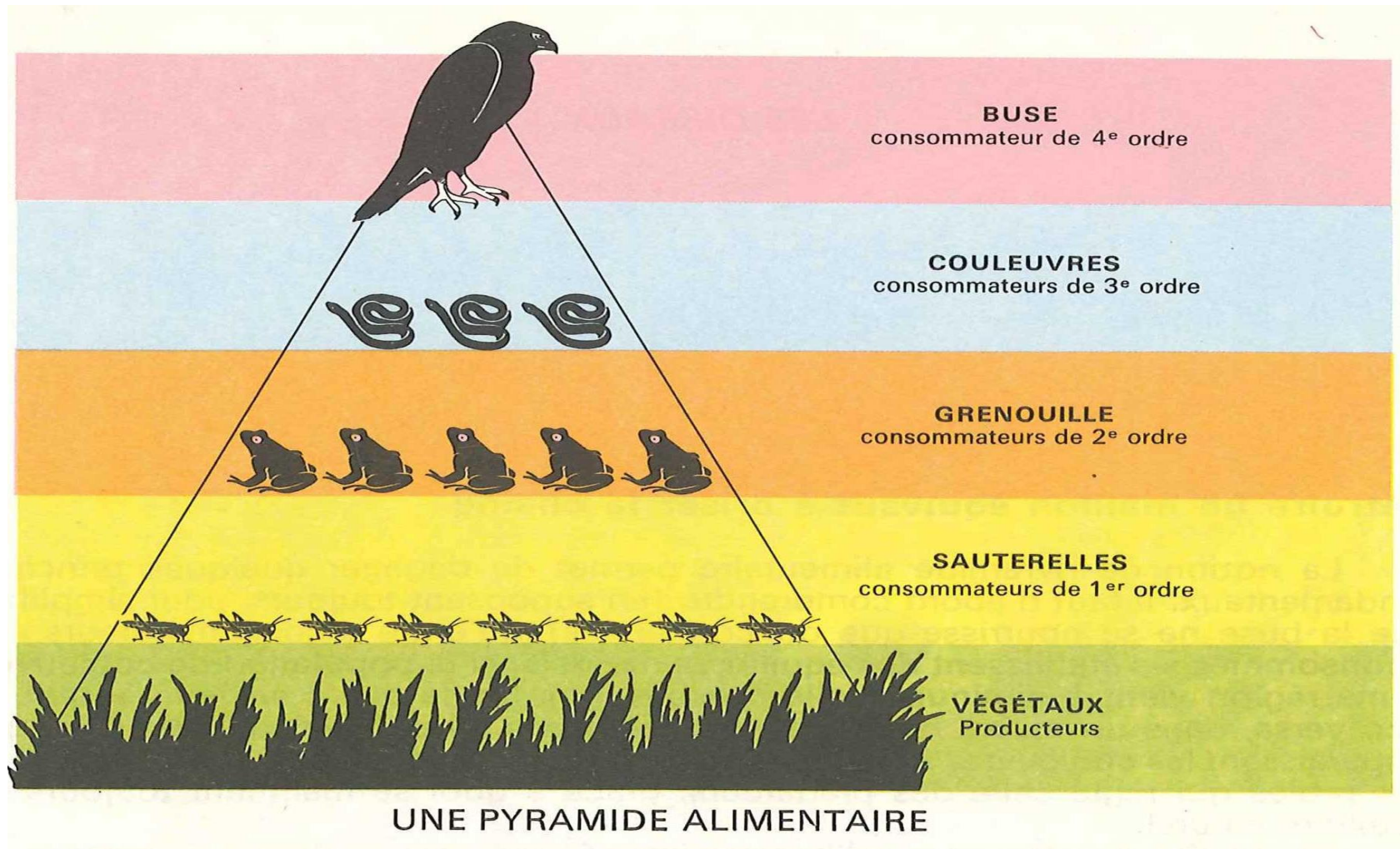


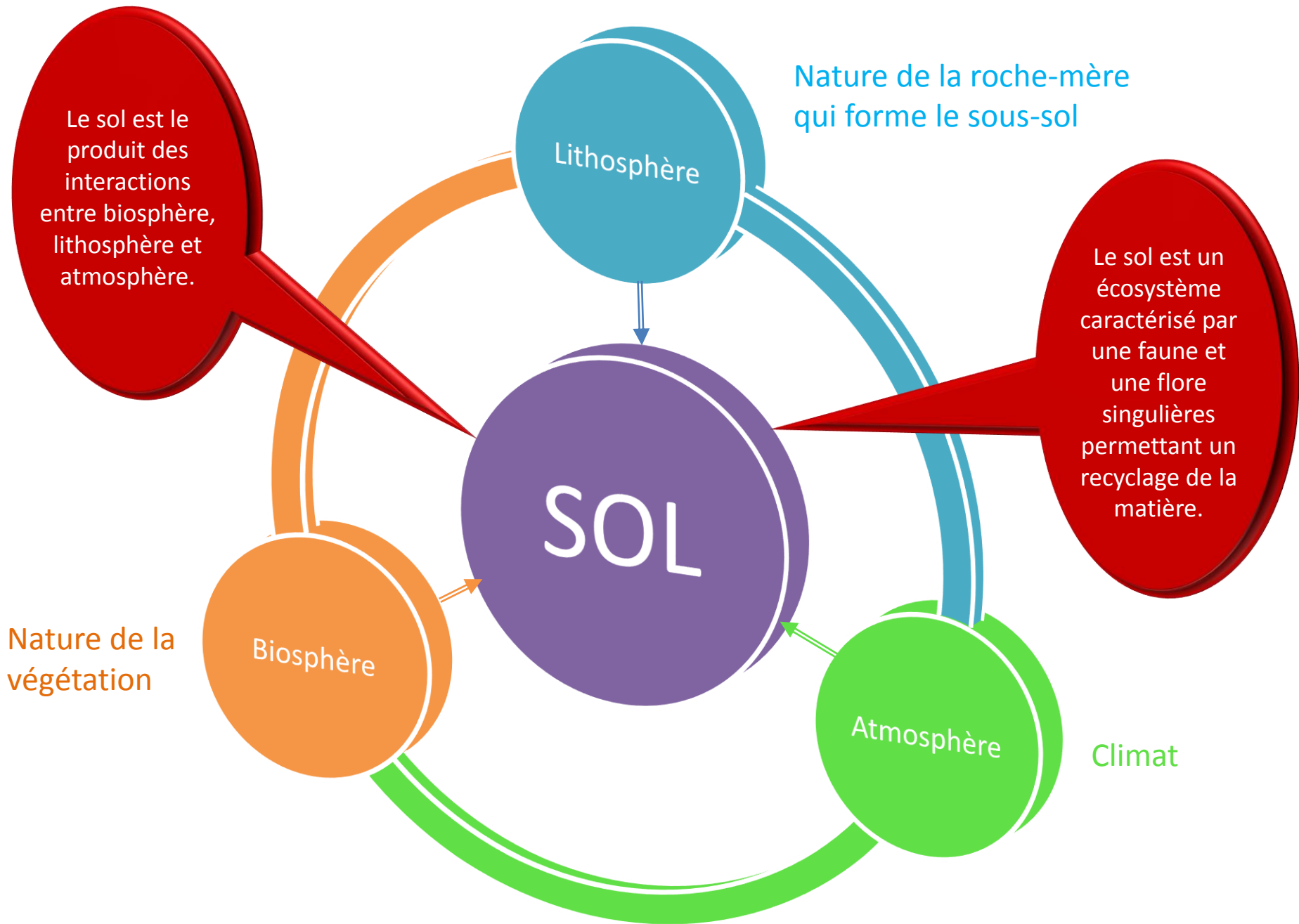
Transpiration
600 à 900 g/jour
10 g de sels minéraux et urée /jour

Excrétion
1 L à 1,5 L/jour
15 g de sels minéraux/jour

Excréments
120 g/jour

Une pyramide alimentaire illustre bien la déperdition de masse d'un niveau trophique à l'autre





Minéralisation primaire rapide de la litière fraîche + humification + minéralisation secondaire des composés humiques

Litière consommée par les animaux phytophages et décomposée par les champignons et les Bactéries (**minéralisation rapide** des molécules organiques facilement biodégradables)

Horizon riche en colloïdes humiques provenant des molécules plus difficilement biodégradables de la litière (cellulose, lignine, résines ...) = **humification**

Puis **minéralisation secondaire lente des composés humiques**



Humus (colloïdes humiques + ions minéraux d'origine organique)

C.A.H
↑
Complexe d'altération
(colloïdes argileux + ions minéraux d'origine minérale)

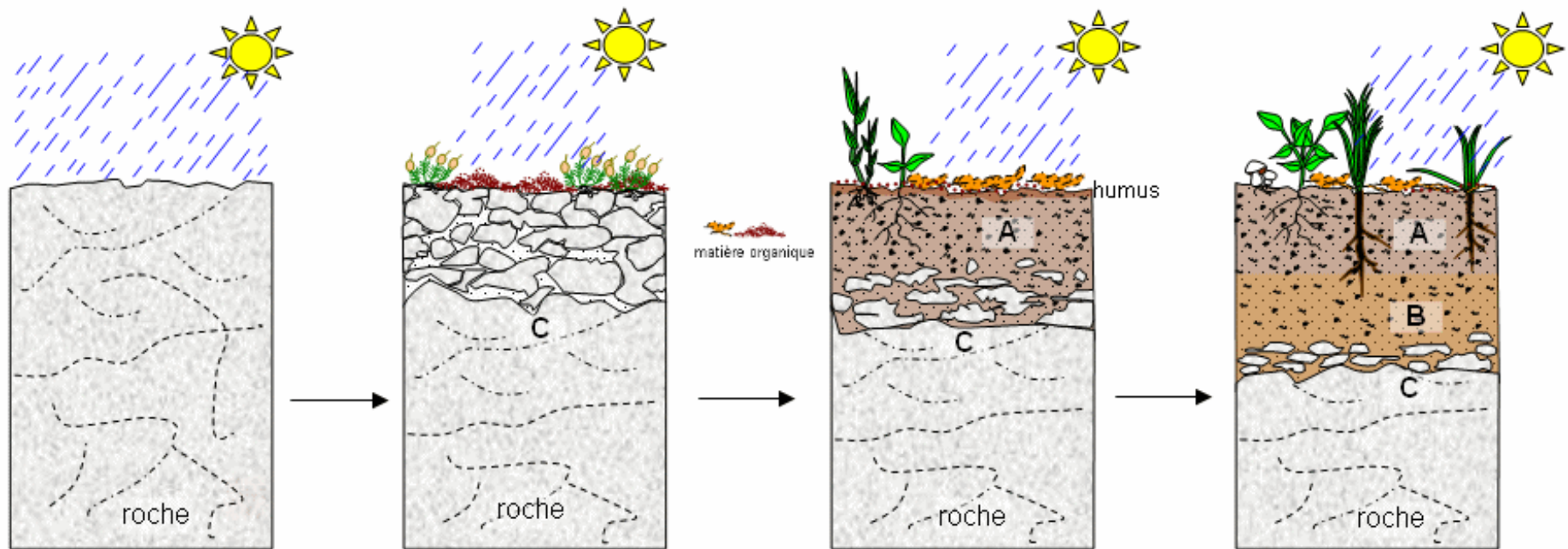
Sol

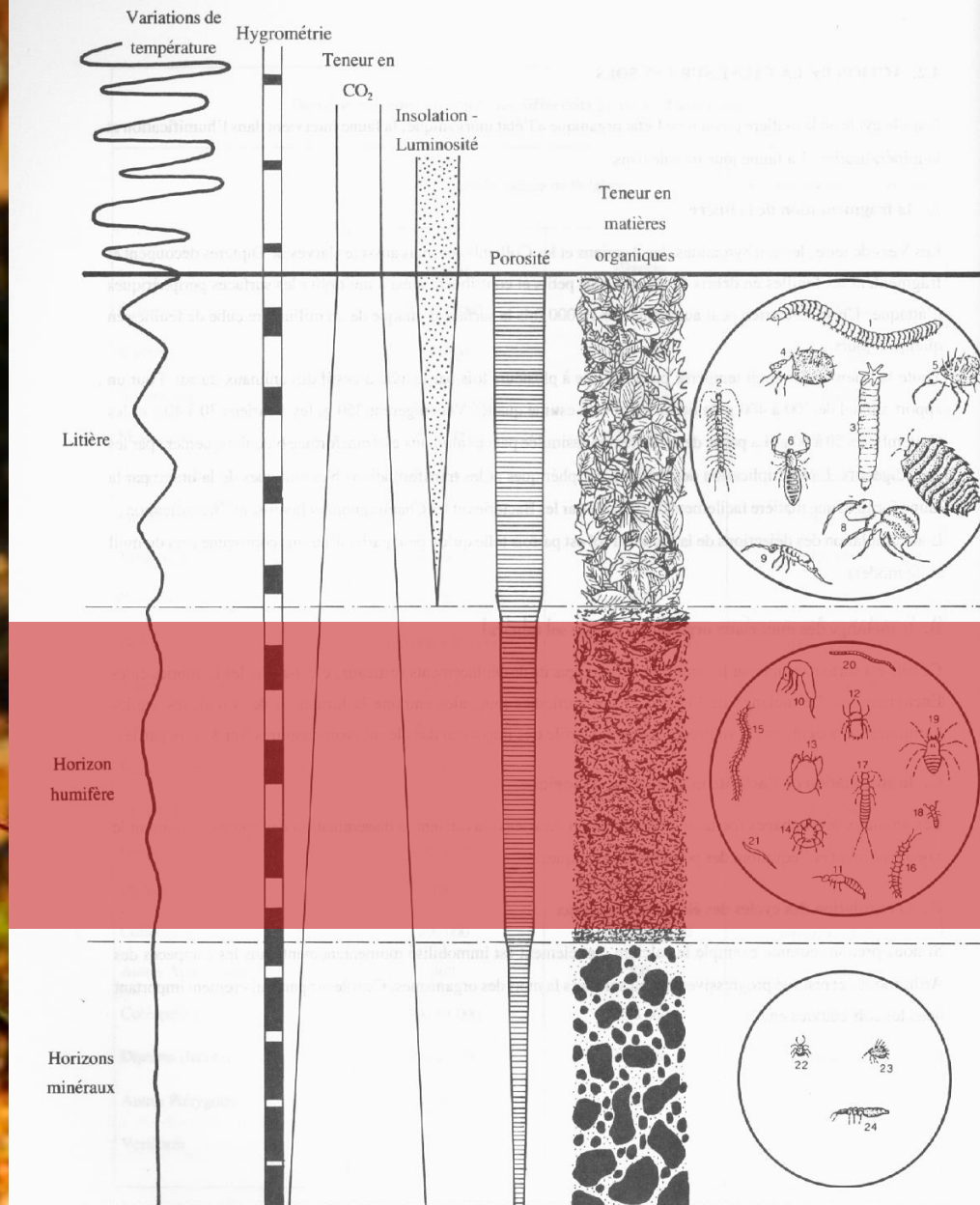
Sous-sol

Horizon minéral brun sans matière organique

Roche-mère altérée

Roche-mère

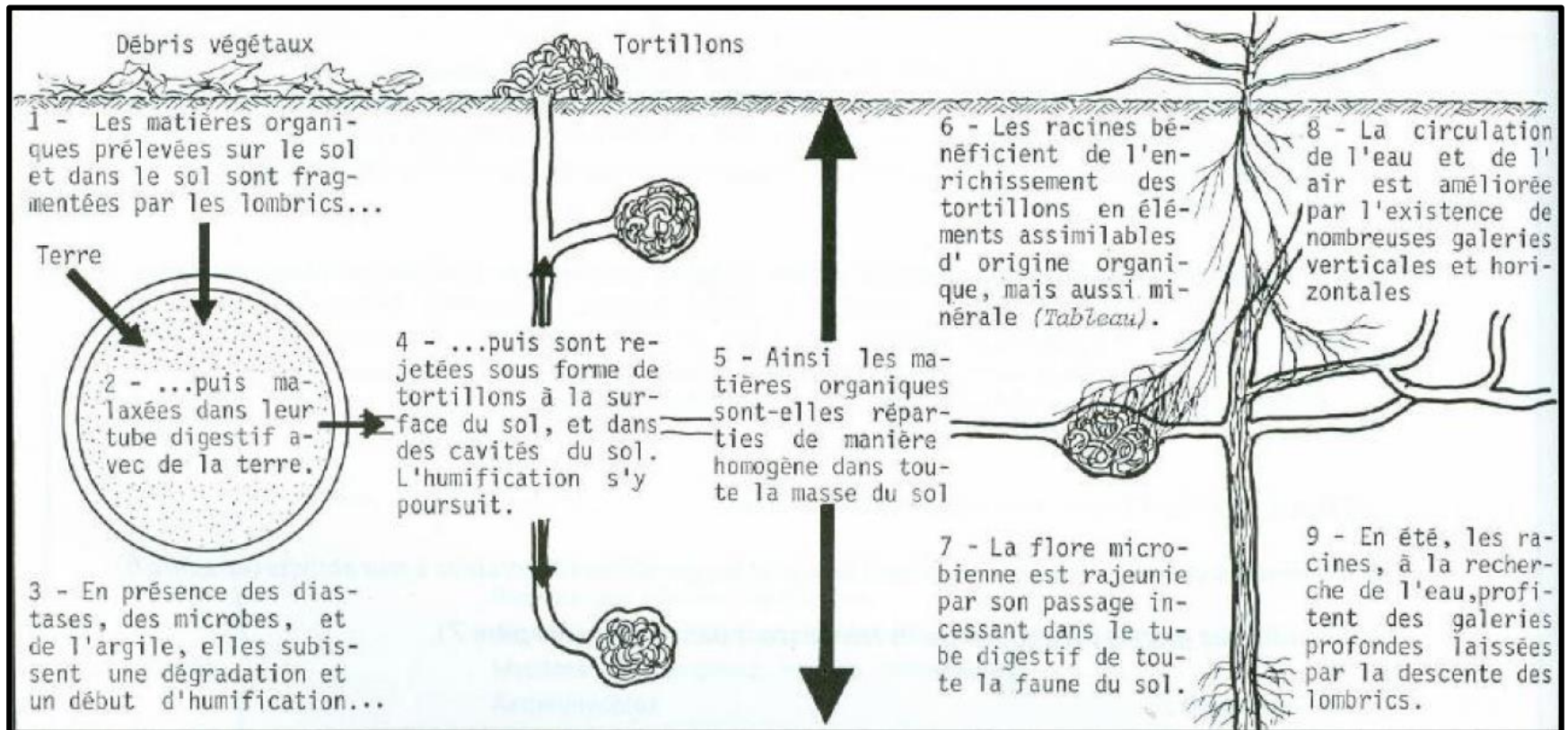




Facteurs abiotiques du sol et distribution de la pédofaune (d'après Coineau).

1. Iule ; 2. Lithobie ; 3. Larve de Tipule ; 4. et 5. Acariens Oribates ; 6. Pseudoscorpion ; 7. Cloporte ; 8. et 9. Collemboles ; 10. et 11. Collemboles ; 12. et 13. Acariens Oribates ; 14. Acarien Uropode ; 15. Géophile ; 16. Symphyle ; 17. Campodé ; 18. Protoure ; 19. Opilion ; 20. Enchytraeide ; 21. Nématode ; 22. et 23. Acariens ; 24. Collembole

Rôles des Lombrics dans le sol



d'après Soltner, 2012

Partie III

Le Complexe Argilo-Humique



Structure grumeleuse d'un sol « sous culture »



Refus du tamis 250 μ

Expérience avec Bleu de méthylène et Éosine

Etapes de la manipulation

Expérience avec le bleu de méthylène

1. Boucher l'orifice d'un entonnoir avec une épaisseur de 3 cm de coton que l'on tasse légèrement.
2. Puis remplir l'entonnoir aux $\frac{3}{4}$ avec de la bonne « terre agricole » (= C.A.H).
3. Verser sur la terre 100 cm³ d'une solution diluée de bleu de méthylène.
4. Recueillir le filtrat dans un erlenmeyer ou un tube à essai.

Expérience avec l'éosine

1. Boucher l'orifice d'un deuxième entonnoir avec une épaisseur de 3 cm de coton que l'on tasse légèrement.
2. Puis remplir l'entonnoir aux $\frac{3}{4}$ avec de la bonne « terre agricole » (= C.A.H).
3. Verser sur la terre 100 cm³ d'une solution diluée d'éosine.
4. Recueillir le filtrat dans un erlenmeyer ou un tube à essai.

Comparer les deux filtrats.

Résultats

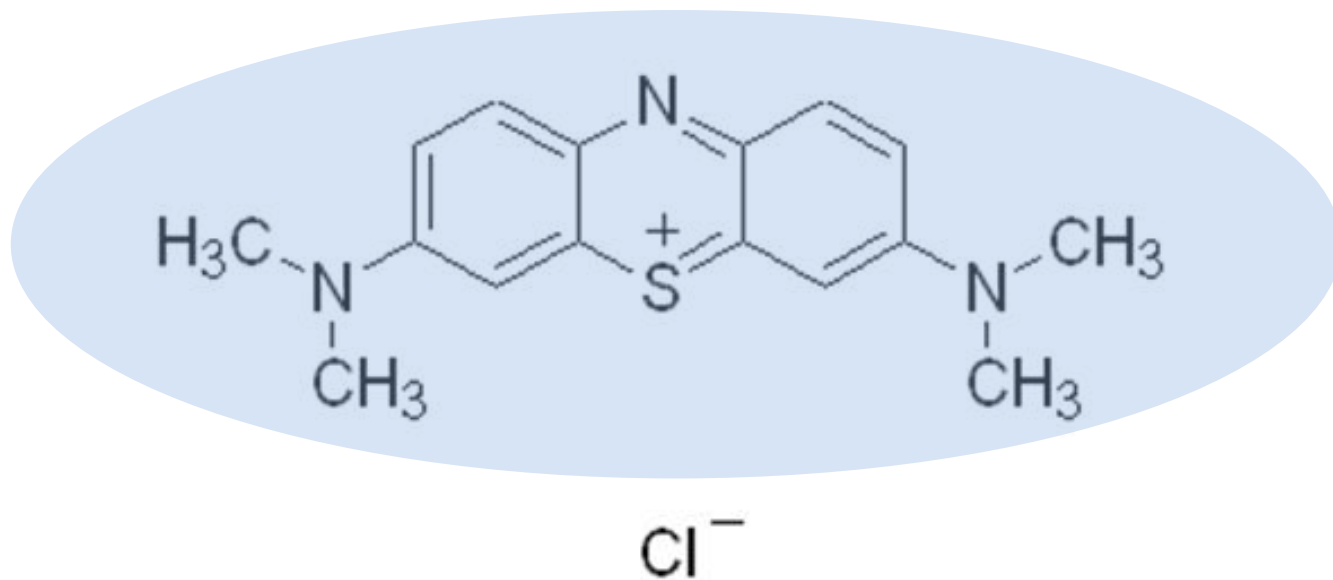


Pour l'éosine, le filtrat est d'un orangé aussi intense que celui de la solution versée.

Pour le bleu de méthylène, le filtrat est devenu beaucoup plus clair que la solution versée.

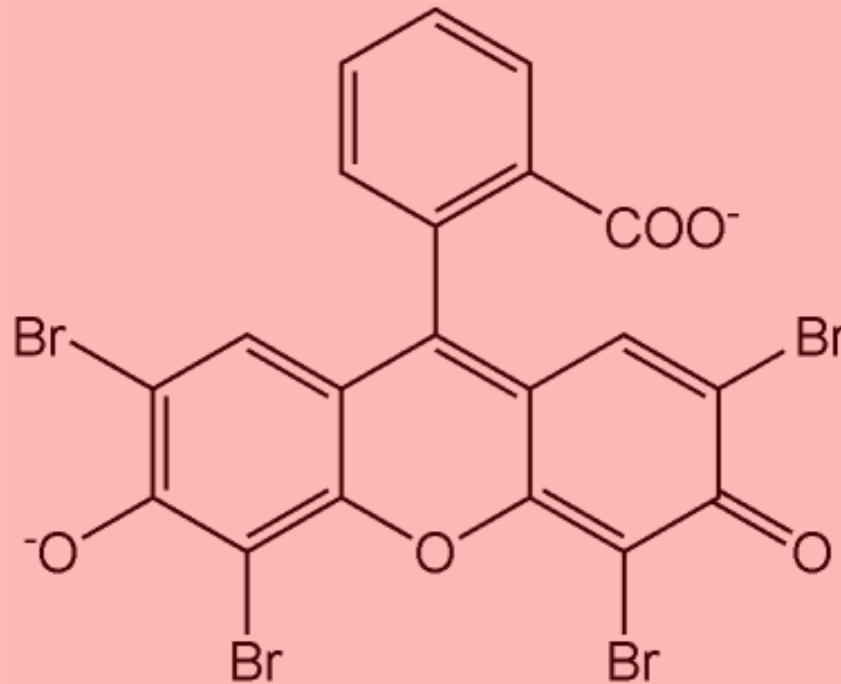
Formule chimique du Bleu de méthylène

Bleu de méthylène = gros ion positif coloré + Cl^-




Formule chimique de l'Éosine

Eosine = gros ion négatif coloré + H⁺



H⁺

Expérience de floculation des colloïdes argileux

Etapas de la manipulation	Résultats
<p>1. Mélanger dans un bécher, avec un agitateur de verre, 150 cm³ d'eau distillée et 20 g (environ 4 cuillérées rases) de terre argileuse.</p> <p>2. Laisser se déposer les plus grosses particules pendant 5 minutes.</p> <p>⇒ Le surnageant n'est pas limpide. Il renferme des particules ou micelles d'argile en suspension dans l'eau. C'est une solution colloïdale d'argile.</p> <p>3. Verser 10 cm³ de la solution colloïdale d'argile dans 2 tubes à essai.</p> <p>4. Ajouter dans le premier 10 cm³ de la solution de CaCl₂ 0,5 M.</p> <p>5. Ajouter dans le second 10 cm³ d'eau distillée.</p> <p>Comparer les deux tubes.</p>	 <p>Dans le tube de gauche auquel on a ajouté de l'eau distillée, les particules d'argile sont toujours en suspension dans l'eau.</p> <p>Dans le tube de droite auquel on a ajouté du CaCl₂, les particules d'argile se sont regroupées en flocons qui se déposent très vite.</p>

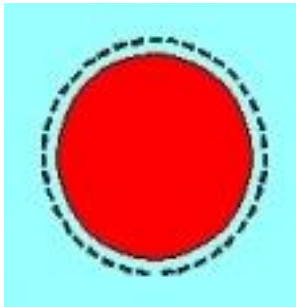
Etat dispersé

L'argile dans l'eau est à l'état dispersé et donne un trouble permanent ; elle a du mal à sédimenter.

Ce trouble est dû au fait que les particules ou micelles d'argile portent à leur surface des charges électriques de même signe (négatif \Rightarrow voir la démonstration avec le Bleu de Méthylène). Et des charges électriques de même signe se repoussant, les micelles d'argile restent donc en suspension dans l'eau, elles ne peuvent se déposer.

Dans le sol, cette argile à l'état dispersé cherche continuellement à reformer avec l'eau un mélange homogène : elle est incapable de maintenir soudés les agrégats terreux. La structure se dégrade facilement sous l'effet de la pluie : on dit qu'elle est instable. Le sol devient compact et asphyxiant.

En cas de sécheresse, il durcit en surface et forme une véritable croûte : le sol est battant.



Micelle (en rouge) entourée de charges négatives (----)

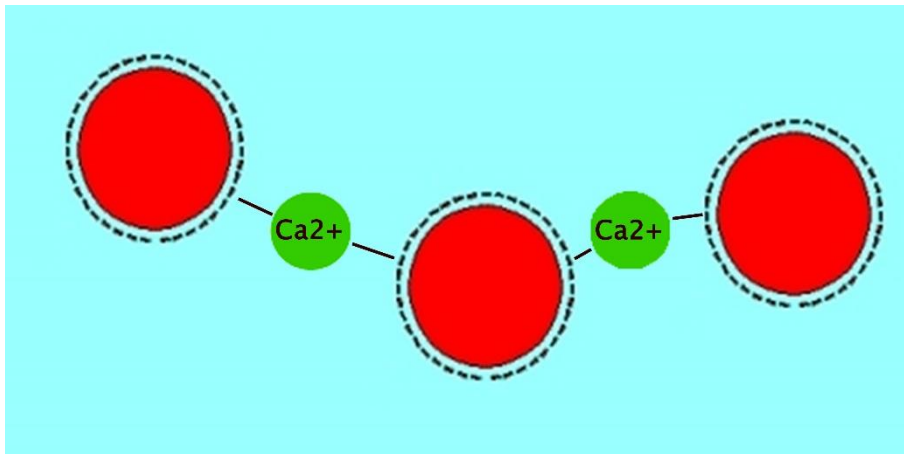
Etat floclé

Si l'on ajoute à l'argile à l'état dispersé des sels de calcium, elle floclé.

L'argile à l'état floclé se dépose au fond de l'éprouvette, se séparant de l'eau qui devient limpide.

Cette précipitation vient de la neutralisation des charges électriques négatives des micelles d'argile par les charges positives des ions Ca^{2+} . Ces ions Ca^{2+} réalisent ainsi des « ponts » entre les particules d'argile de telle sorte qu'elles se retrouvent englobées dans des ensembles ou flocons de masse plus importantes donc susceptibles de sédimenter.

Dans le sol, l'argile floclée ne se remet pas en mélange avec l'eau mais garde ses micelles agglutinées : elle maintient soudés les agrégats terreux. La structure résiste aux effets dégradants de la pluie : on dit qu'elle est stable. Le sol reste aéré et meuble.



Micelle (en rouge) entourée de charges négatives (----)

Ions Ca^{2+} en excès (en vert)

Expérience de floculation des colloïdes humiques

Etapes de la manipulation

1. Mélanger dans un bécher, avec un agitateur de verre, 100 cm³ d'une solution de soude 0,1 N et 20 g (environ 6 cuillérées rases) de sol riche en humus.

2. Laisser se déposer les plus grosses particules puis filtrer.

⇒ Le filtrat obtenu, très sombre, renferme des particules ou micelles d'acides humiques en suspension dans la solution de soude. C'est une **solution colloïdale d'humates de sodium**.

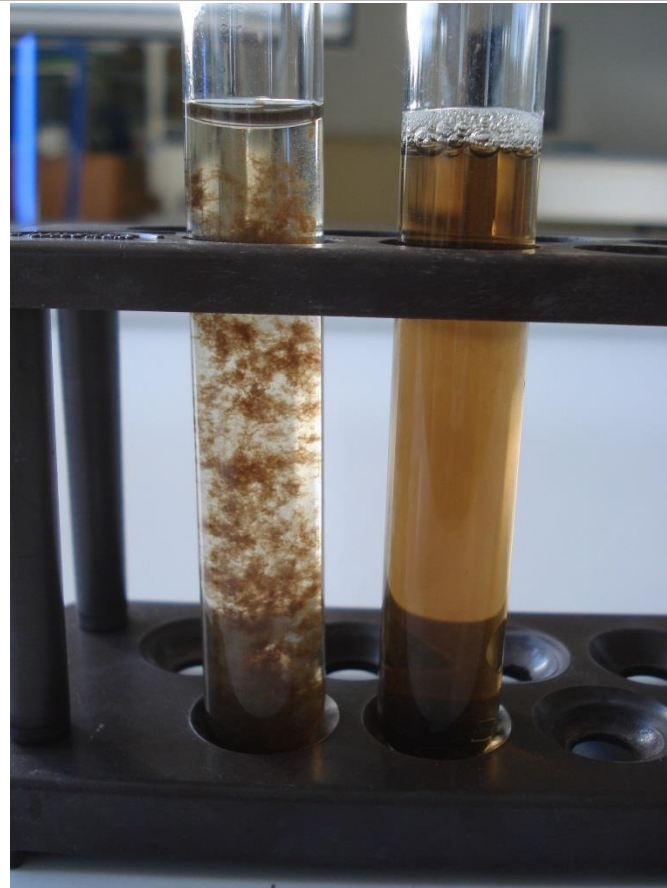
3. Verser 2 cm³ de la solution colloïdale d'humates dans 2 tubes à essai.

4. Ajouter dans le premier 10 cm³ de la solution de CaCl₂ 0,5 M.

5. Ajouter dans le second 10 cm³ d'eau distillée.

Comparer les deux tubes.

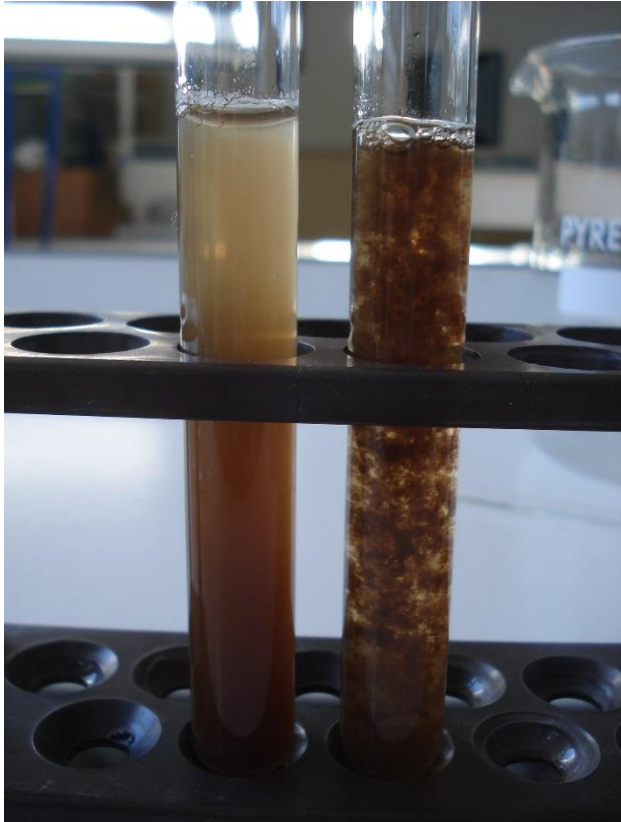
Résultats



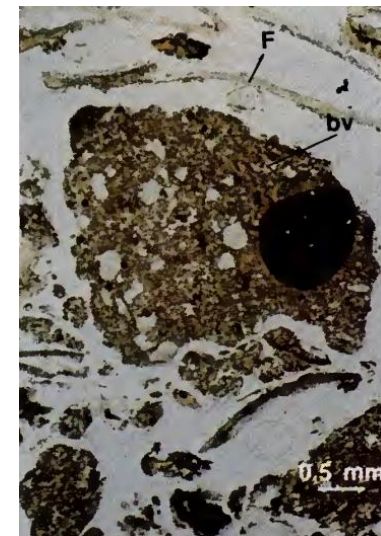
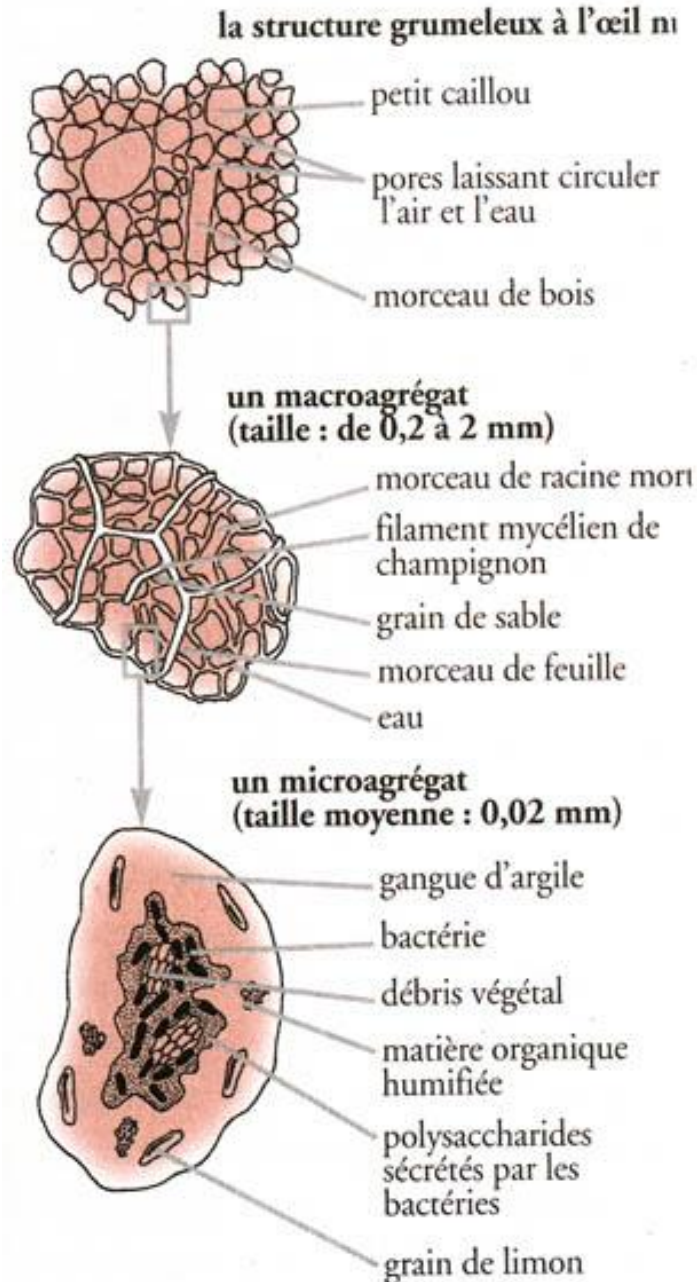
Dans le tube de gauche auquel on a ajouté du CaCl₂, il y a floculation des colloïdes d'humus.

Dans le tube de droite auquel on a ajouté de l'eau distillée, les colloïdes d'humus sont restés en suspension dans l'eau.

Expérience de floculation d'un mélange de colloïdes argileux et de colloïdes humiques

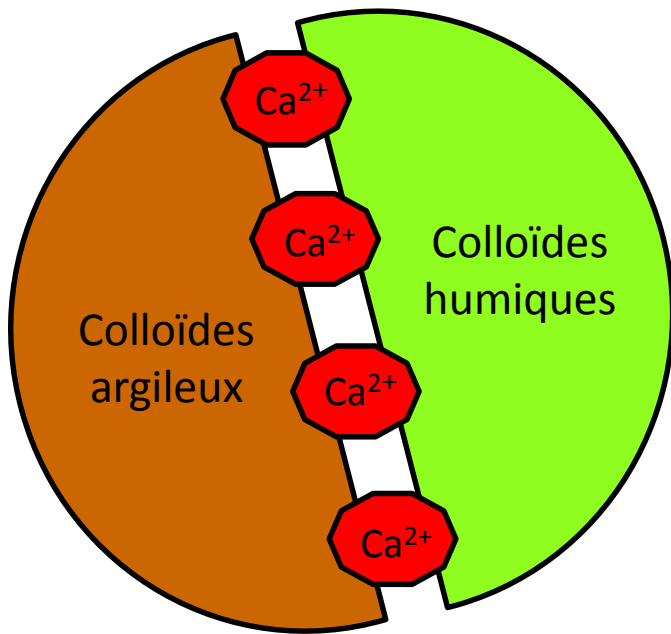
Étapes de la manipulation	Résultats
<p>1. Verser 2 cm³ de la solution colloïdale d'argile et 2 cm³ de la solution colloïdale d'humates dans 2 tubes à essai.</p> <p>2. Ajouter dans le premier 10 cm³ de la solution de CaCl₂ 0,5 M.</p> <p>3. Ajouter dans le second 10 cm³ d'eau distillée.</p> <p>Comparer les deux tubes.</p>	 <p>Dans le tube de gauche auquel on a ajouté de l'eau distillée, les colloïdes d'argile et d'humus sont restés en suspension dans l'eau.</p> <p>Dans le tube de droite auquel on a ajouté du CaCl₂, il y a floculation des colloïdes argileux et humiques.</p>

Construction de la structure grumeleuse du C.A.H

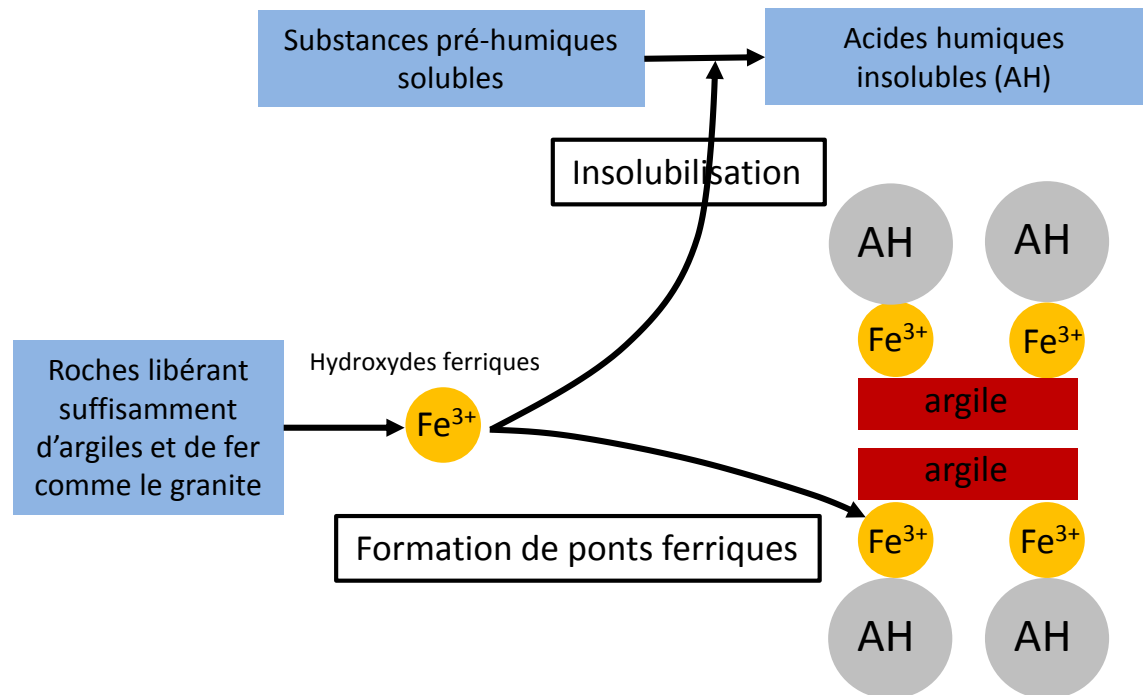


Explication de la structure grumeleuse du C.A.H à l'échelle ionique

Complexe argilo-humique



La brunification des mulls



Le C.A.H : une réserve d'ions interchangeables

Etapes de la manipulation

1. Verser dans un tube à essai un peu du filtrat de l'expérience avec le bleu de méthylène (diapositive 58).

2. Faire le test à l'oxalate d'ammonium.

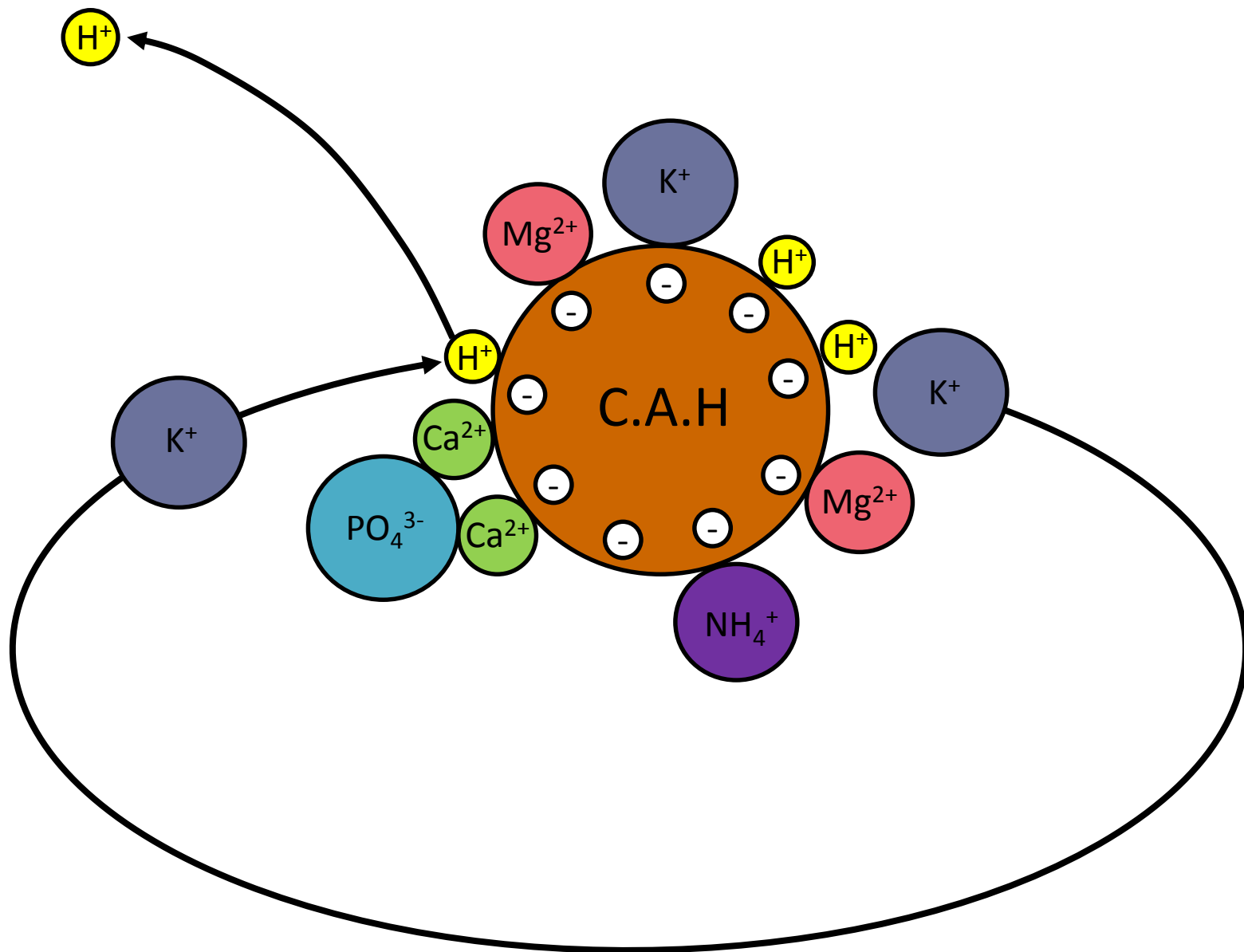
Noter vos résultats.

Le bleu de méthylène ne renfermant pas d'ions Ca^{2+} , **interpréter et conclure.**

Résultats



Le C.A.H : une réserve d'ions interchangeables



Synthèse de la partie III :

Intérêt de la structure grumeleuse du C.A.H pour le sol

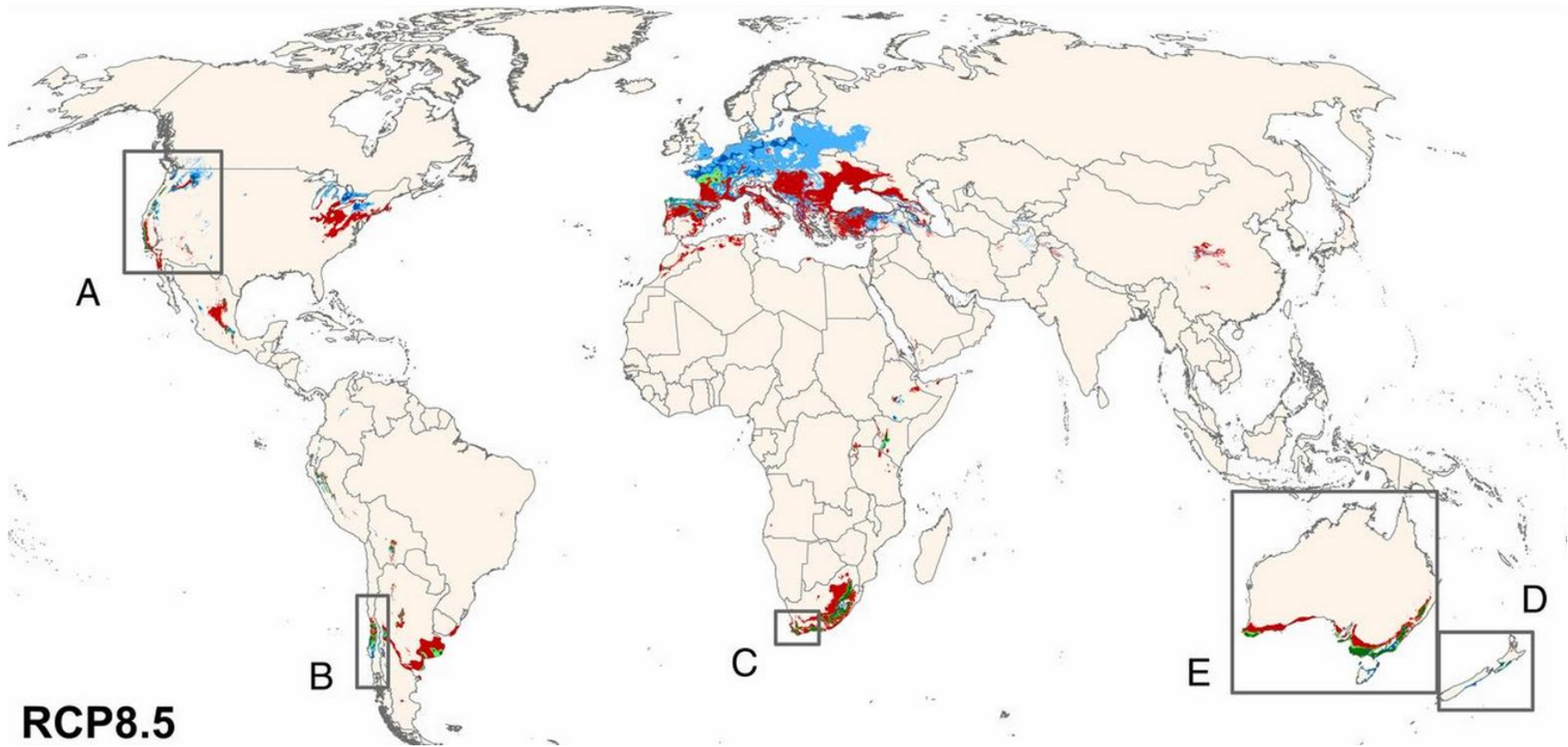
- ❖ Le sol est bien aéré ce qui favorise la croissance et le métabolisme des racines, la multiplication des bactéries aérobies, la vie dans le sol d'une façon générale, la germination des graines...
- ❖ Il est perméable à l'eau. Mieux encore ! Il retient ce qu'il faut d'eau dans ses nombreux interstices pour assurer la « vie du sol » (racines, flore et faune du sol), l'eau en excès est en revanche éliminée.
- ❖ Le sol est ameubli donc facile à travailler, les racines y pénètrent facilement.
- ❖ Il se tient mieux, est plus stable. Les colloïdes argileux sont moins facilement transportés par l'érosion.
- ❖ Enfin, il retient les ions minéraux positifs qui peuvent être utilisés en seconde main par les plantes. En revanche, les ions négatifs sont moins facilement retenus. Davantage lessivés, cette perte doit par conséquent être comblée par des apports réguliers d'engrais : phosphates (PO_4^{3-}), nitrates (NO_3^-), sulfates (SO_4^{2-}).

Partie IV

Applications à la culture de la vigne

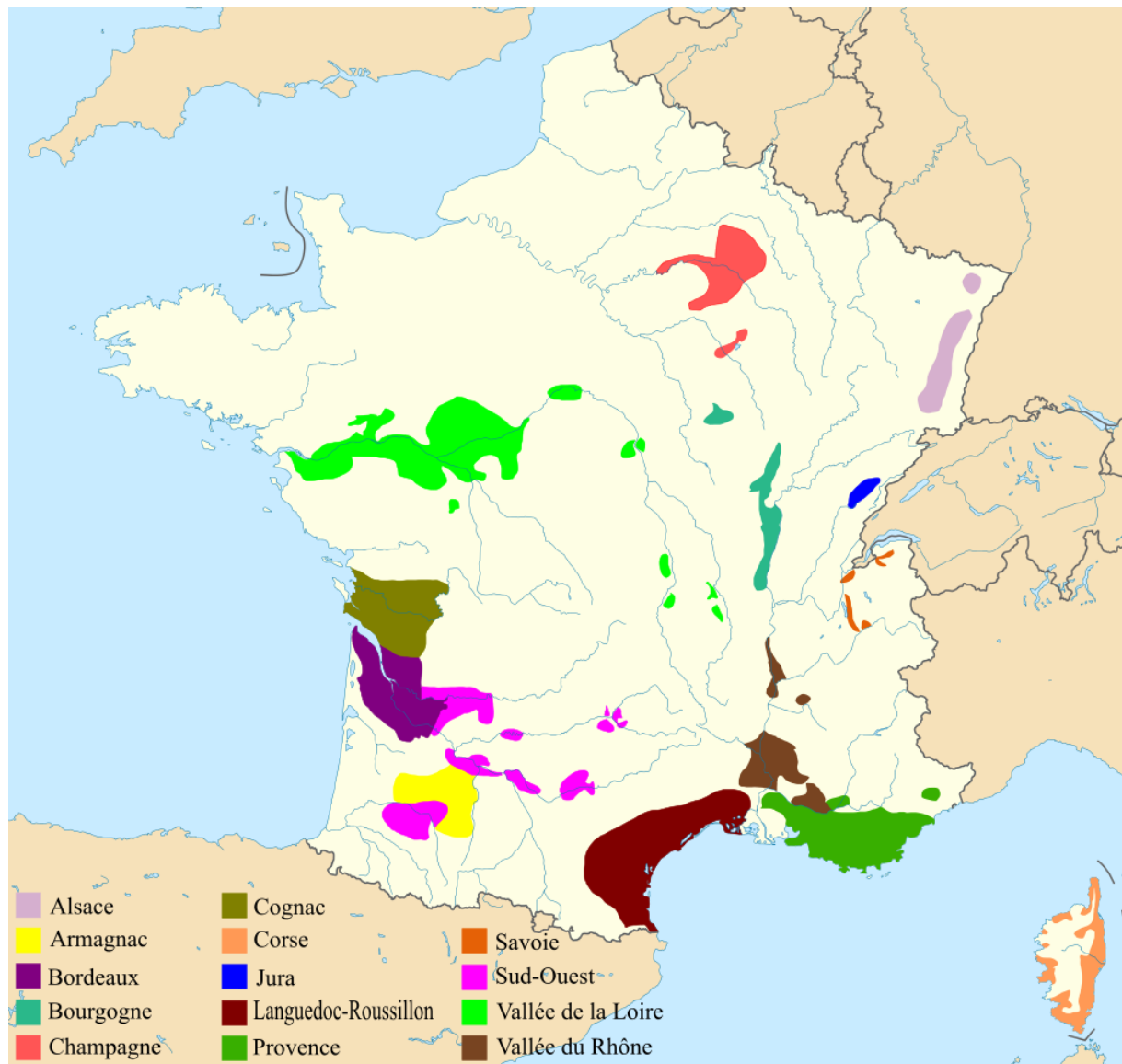


Carte de répartition de la culture de la vigne dans le Monde

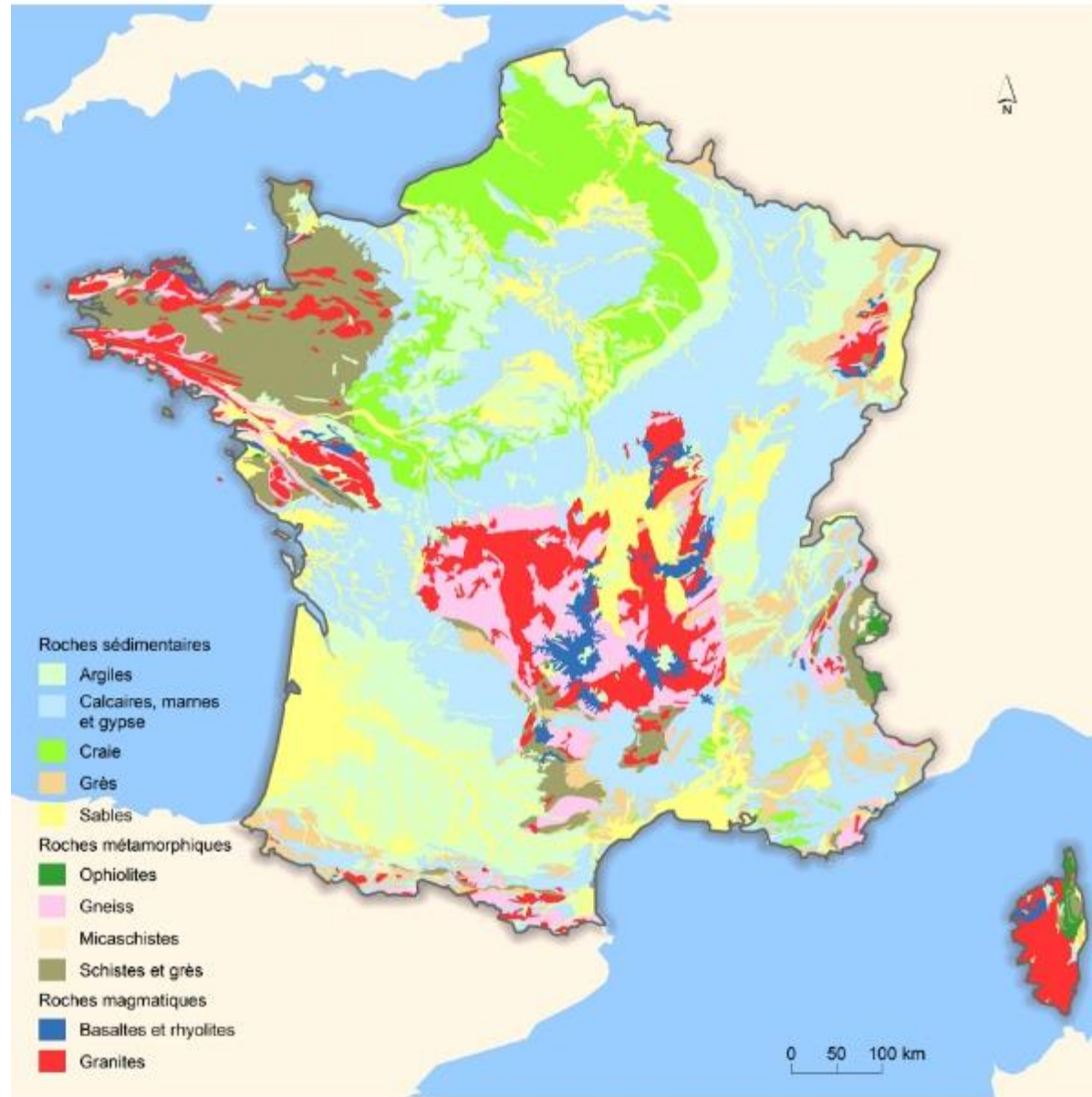


⇒ Vigne sous climat tempéré de type méditerranéen

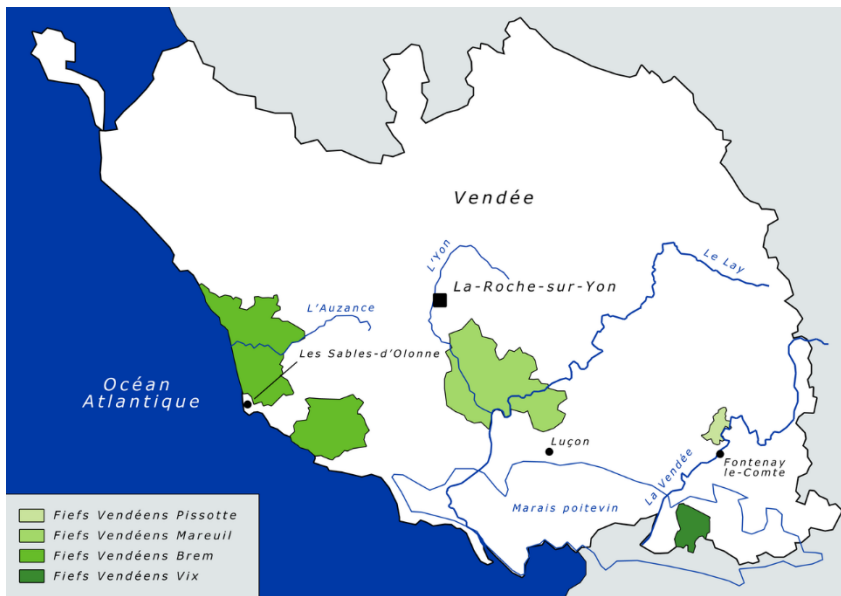
Carte de répartition de la culture de la vigne en France



Carte géologique simplifiée de la France



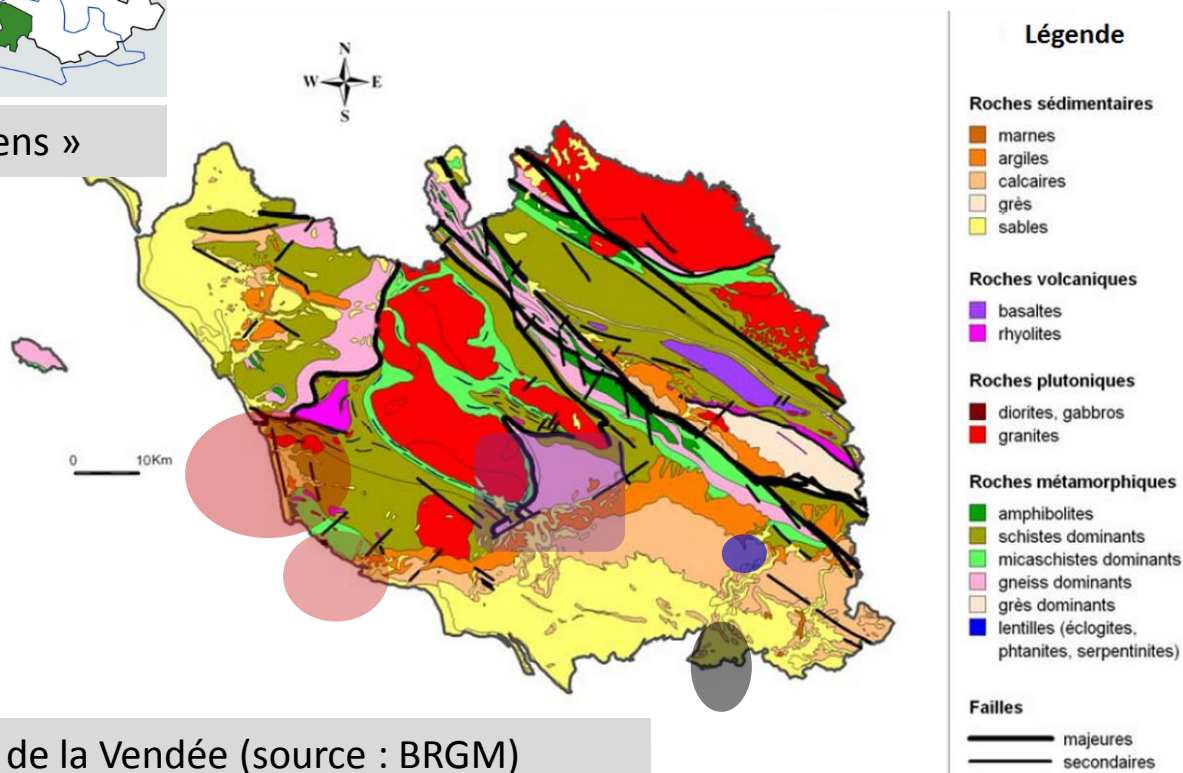
Les fiefs vendéens



Carte des vignobles « Fiefs Vendéens »

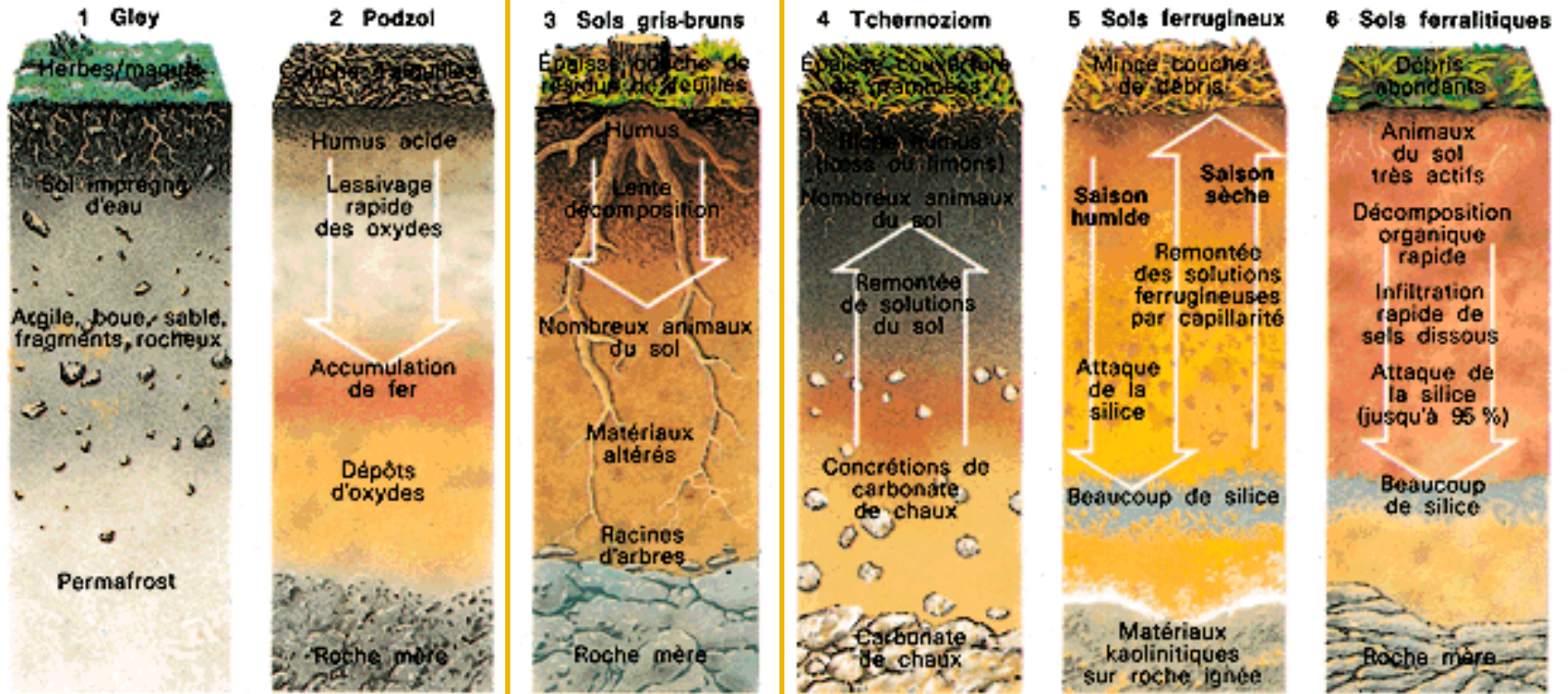
La vigne peut pousser sur tous les sous-sols : schistes et terres de groie pour les vins de Pissotte, schistes et ignimbrites (rhyolites) pour ceux de Mareuil, schistes et porphyroïdes pour le rosé de Brem, calcaire pour les vins de Vix.

Explication : sous un même climat de type océanique tempéré, l'altération de la roche-mère (que ce soit un schiste, une rhyolite, un calcaire ou un gneiss) va fournir dans tous les cas de l'argile sur laquelle la dégradation de la MO va bien se faire, le climat étant favorable au développement de la flore microbienne et de la microfaune \Rightarrow Le sol sera équilibré, à humus de type mull, ce qui correspond à un sol de bonne structure ; et même si parfois il sera peu épais (cailloutis sur pentes), il fournira à la vigne tous les éléments nutritifs dont elle a besoin.



Carte géologique de la Vendée (source : BRGM)

Les différents types de sol



Sol à humus de type « mull »

Il faut simplement éviter les sols trop humides (vallées et bas de pente) et recommander le soleil (plateaux et versants exposés au Sud).

Il faut veiller à maintenir la structure du sol par des apports réguliers de matière organique sous la forme de fumier et de Ca sous la forme de chaux (surtout en terrains acides où cet élément va également réguler le pH).

Les déficits éventuels seront facilement comblés par des apports d'engrais en petite quantité.

Le choix du cépage n'est pas vraiment non plus primordial : tout convient !

- *Gamay, Cabernet, Pinot noir, Négrette, Chenin et Chardonnay* à **Mareuil**,
- *Grolleau gris, Chenin, Chardonnay* et pour les assemblages en rosé et rouge, *Pinot noir, Gamay, Cabernet franc, Cabernet Sauvignon, Négrette* à **Brem**,
- cépages identiques aux deux précédents avec, en plus, du *Sauvignon* à **Vix**,
- cépages identiques aux deux premiers avec, en plus, le *Melon de Bourgogne* à **Pissotte**.

En théorie donc, qu'est-ce qui va faire la qualité d'un vin ? pas le sol ! pas le cépage non plus !

Ce seront :

- l'ensoleillement . D'une région à l'autre, il varie et dans une même localité, en fonction de l'exposition ; à une date donnée et pour un même cépage, la maturité des grains ne sera donc pas la même, ce qui se répercutera sur la concentration en glucose et finalement le degré d'alcool.
- la qualité de la fermentation : souche de levure présente, durée de la fermentation, éventuellement choix dans les mélanges de cépages... donc tout le savoir-faire des maîtres de chais qui aujourd'hui s'arrachent à prix d'or.