



05/11/2024

---

# LIRE ET INTERPRETER LES ANALYSES DE SOLS

## Mauvaisin (31)



Projet cofinancé par le Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural  
L'Europe Investit dans les zones rurales

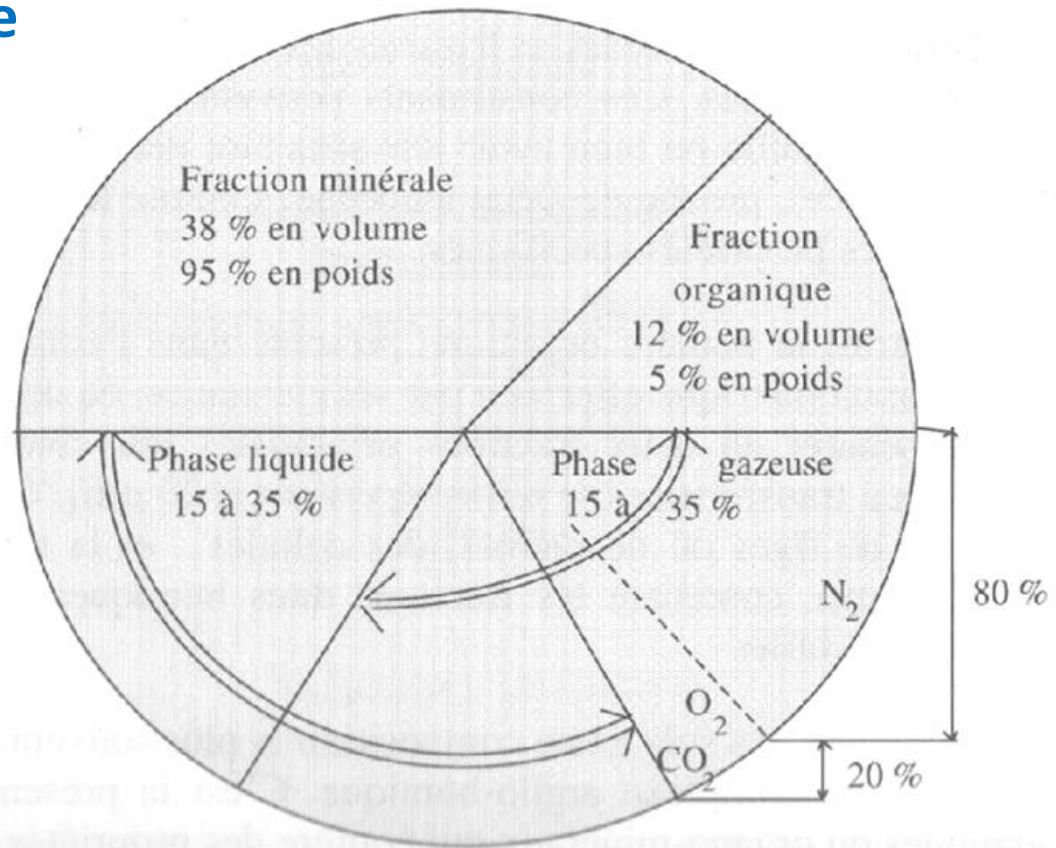


Action du plan Ecophyto piloté par les ministères en charge de l'agriculture, de l'écologie, de la santé et de la recherche, avec l'appui technique et financier de l'Office français de la Biodiversité.



# Composants du sol

Le sol est un mélange de  
matières minérales et  
organiques



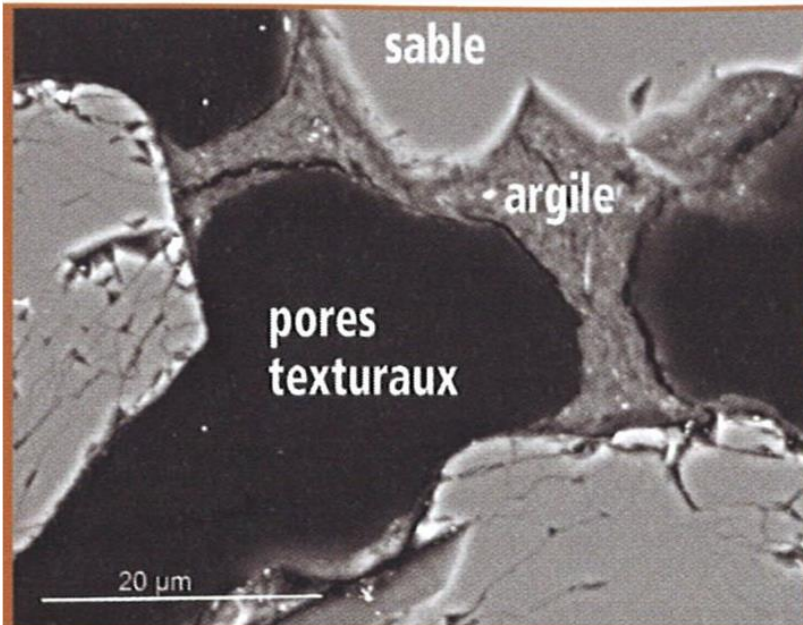
## 3 phases

- Solide
- Liquide : solution du sol
- Gazeuse : atmosphère du sol

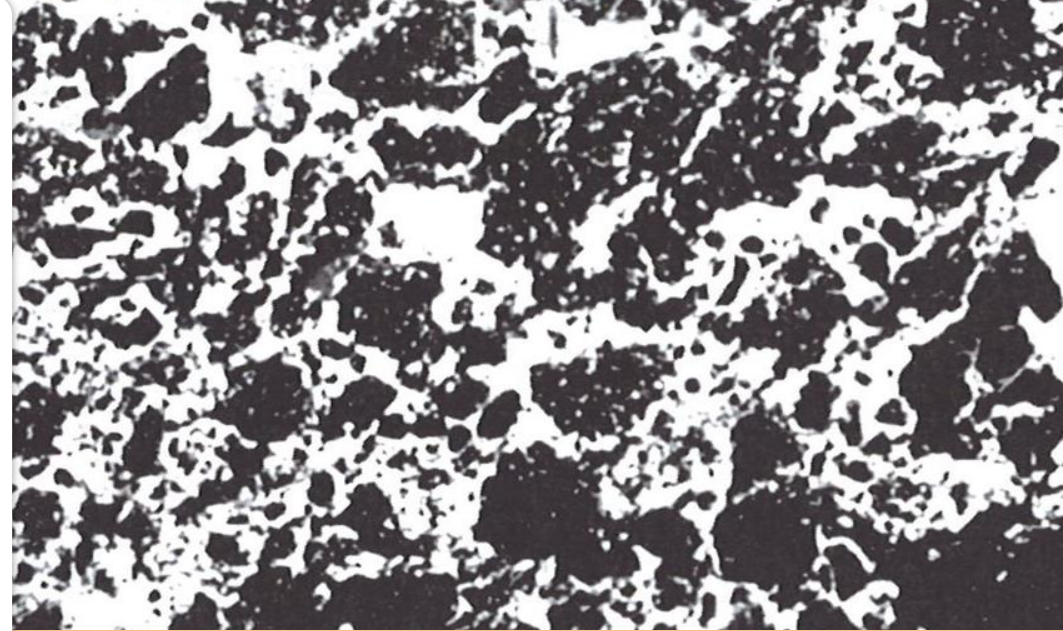
Le sol est composé  
pour moitié de vides

Coupe de sol dans l'horizon superficiel d'un sol fraîchement travaillé. Les parties solides du sol apparaissent en noir tandis que les pores sont en blanc. Cette figure montre toute la complexité de la porosité du sol.

1 cm



Pores texturaux : remplis d'air et/ou d'eau  
Argile et matières organiques liées



# Porosité

# Les paramètres de l'analyse de terre

## Fertilité physique

Texture

## Fertilité chimique

Calcaire total

Calcaire actif

pH

CEC

Taux de saturation

Éléments majeurs

Oligo-éléments

## Fertilité biologique

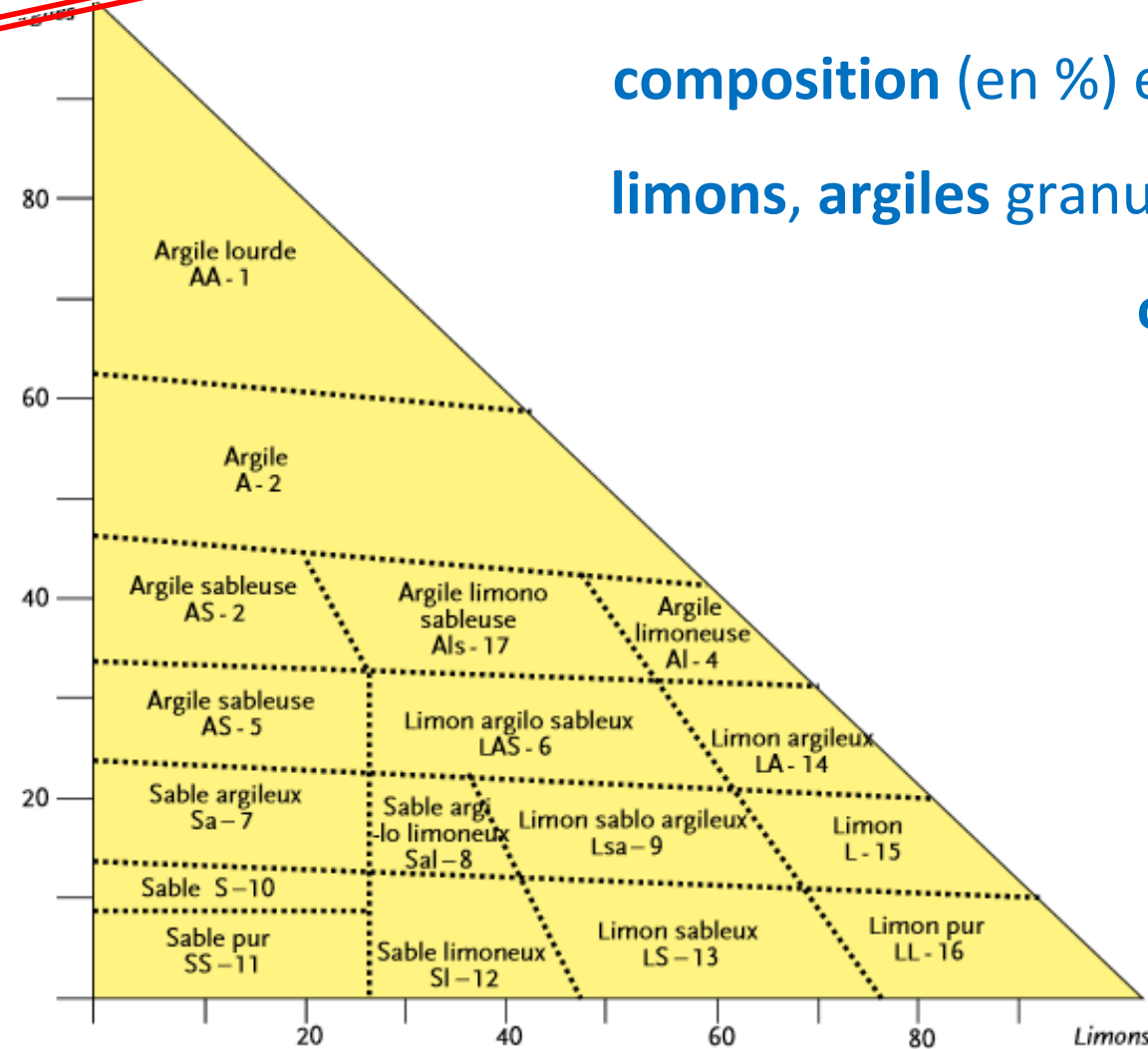
Taux de matière organique

C/N

# Analyse granulométrique

## Texture

Ensemble des propriétés qui découlent de sa **composition** (en %) en **sables** grossiers et fins, **limons**, **argiles** granulométriques, en **matières organiques** et en **calcaire**.



Classes	Qualificatifs
1-2	Terres très lourdes
3-4-5-6-14-17	Terres lourdes
7-8	Terres moyennes
9-15-16	Terres limoneuses
10-12-13	Terres légères
11	Terres très légères

Matières  
minérales

Ions en  
solution

Éléments  
grossiers

Terre fine

Sables

Limons

Argiles  
granulo.

Issues de la désagrégation physique et de  
l'altération chimique du substrat parental

**Analyse  
granulométrique**

Catégorie	Taille minimale	
Cailloux	20 mm	Éléments grossiers
Graviers	2 mm	
Sables grossiers	0,2 mm	Terre fine
Sables fins	50 $\mu$ m	
Limons grossiers	20 $\mu$ m	
Limons fins	2 $\mu$ m	
Argiles granulo.	< 2 $\mu$ m	

Des

interprétations

différentes

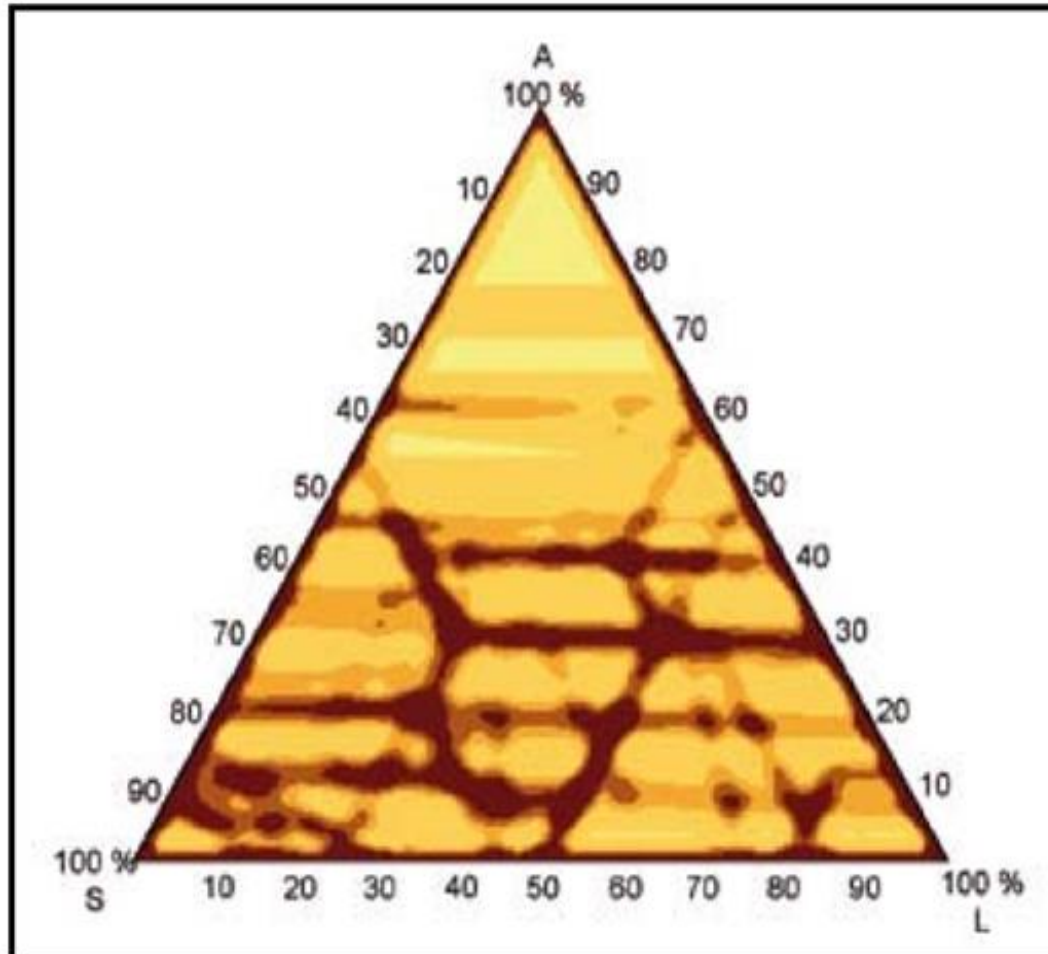
pour une

analyse

normée

**Figure 4** - Carte de densité de lignes sur 7 triangles du monde

**Figure 4** - Map of density of lignes for 7 triangles from the world



# Des teneurs élevées en calcaire ou en MO obligent à modifier la dénomination du sol :

Teneurs en MO	< 4%	4 à 10%	10 à 20%	> 20%
Dénomination	Normal	Suffixe « humifère »	Préfixe « humo »	Humus
Exemple	Sablo-argileux	Argilo-humifère	Humo-argileux	

Teneurs en calcaire	< 5%	5 à 20%	20 à 50%	> 50%
Dénomination	Normal	Suffixe « calcaire »	Préfixe « calcaro »	Calcaire
Exemple	Sablo-argileux	Argilo-calcaire	Calcaro-argileux	Calcaire argilo-limoneux

## Les sables sont :

- Favorisent la pénétration de l'eau et de l'air. Rendent le sol **perméable**.
  - Retiennent peu d'eau. Le sol est dit **filtrant**.
  - Facilitent les **échanges de température**. Les sols sableux se **réchauffent plus vite au printemps**.
- **Ne peuvent s'agglomérer** en mottes. Le sol est **léger**, facile d'accès aux racines, **facile à travailler** mais **sensible à l'érosion**.
- Très **usants** pour le matériel.

## Les limons sont :

- Ont tendance à se **tasser sous l'effet de la pluie** et à former une croute de battance. Le sol est dit **battant**.
- Peuvent rendre le sol **imperméable** en surface et retenir l'eau. Le sol est dit **asphyxiant**.
- **Augmentent la cohésion** d'un sol.

Argiles granulo.

Débris de quartz  
Cristaux de calcaire et de silice  
Oxydes de Fe et Al

Argiles minéralogiques

# Argiles granulométriques et argiles minéralogiques

Ensemble des particules inférieures à  $2\mu\text{m}$

## Phyllosilicates :

Minéraux organisés en feuillets issus de l'altération chimique de la roche

**Molécules électronégatives**

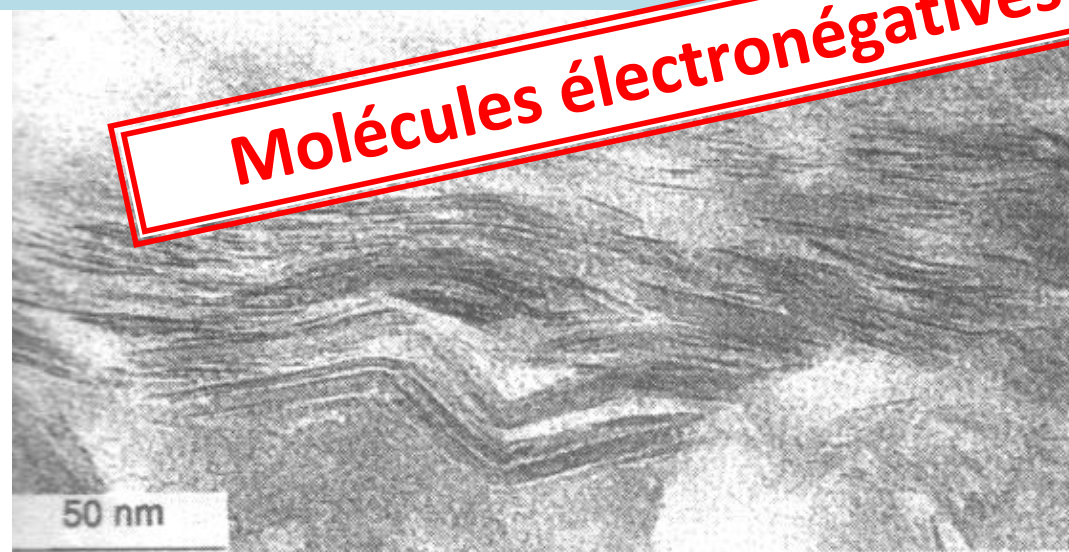
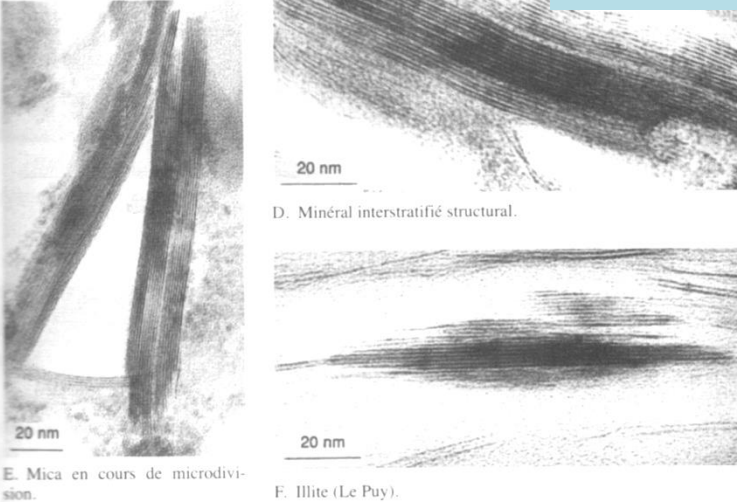
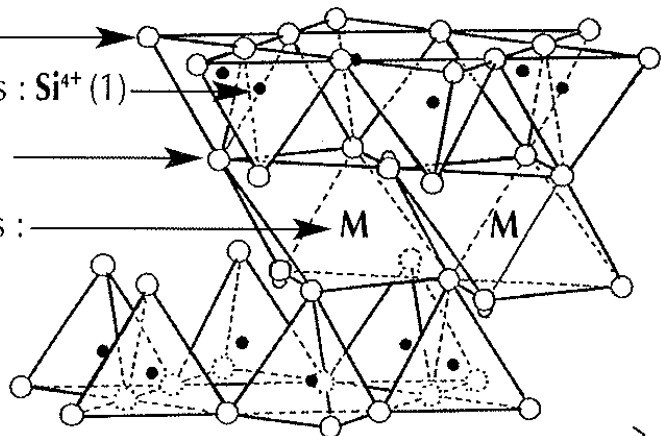


FIGURE 2.6 – Illustration sur l'organisation des principales argiles : les différents types de particules.

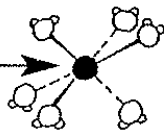
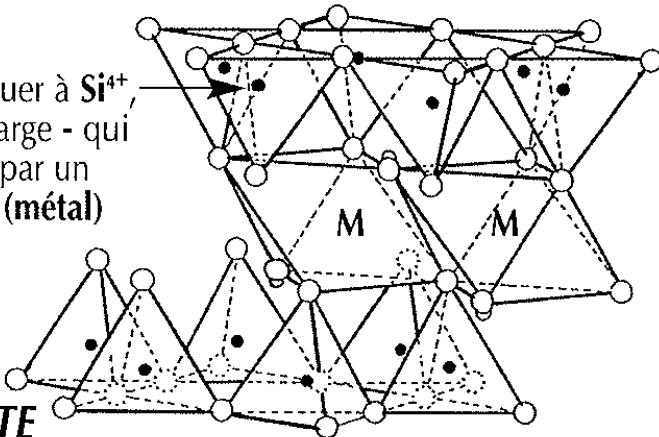
**B**Plan d'ions  $O^{2-}$ Au centre des tétraèdres :  $Si^{4+}$  (1)Plan d'ions  $O^{2-}$  ou  $OH^-$ Au centre des octaèdres :  
des cations  $M$ 

Couche :

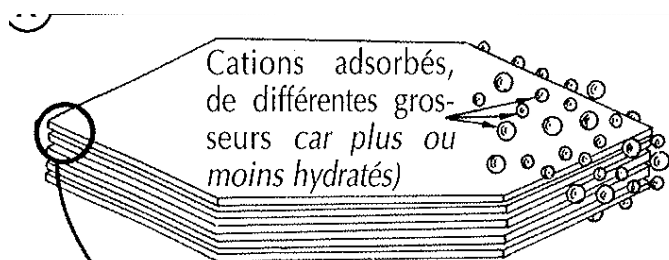
tétraédrique

octaédrique

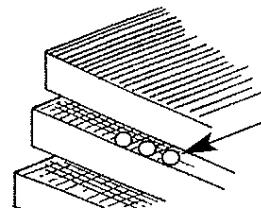
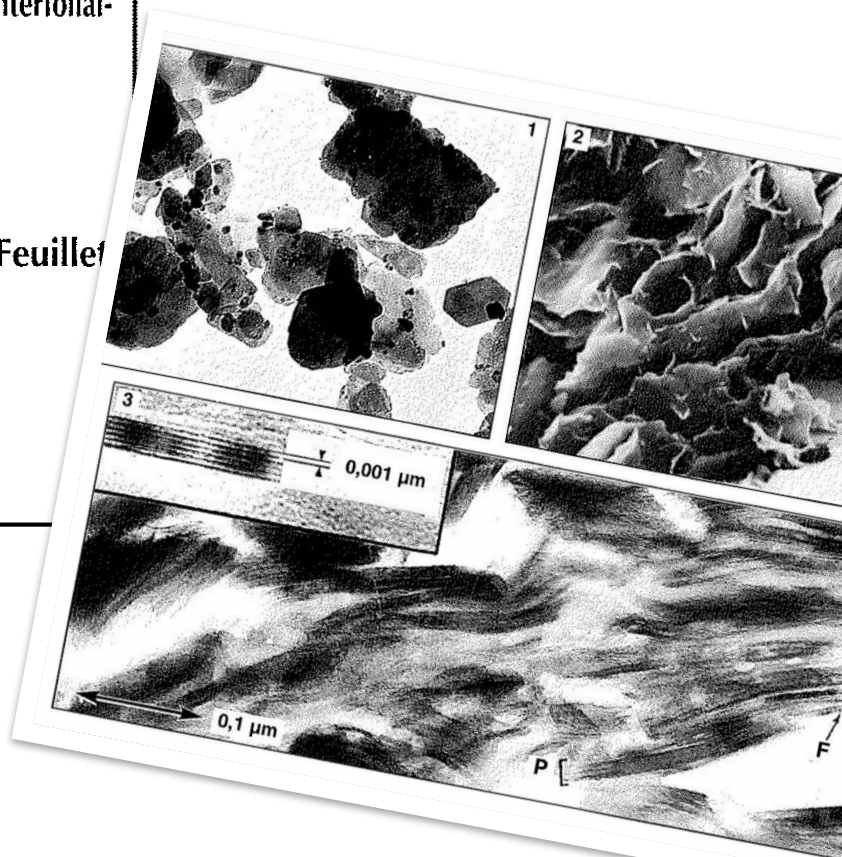
tétraédrique

Dans l'espace entre feuillets, des  
cations échangeables hydratésEspace  
interfoliai-(1)  $Al^{3+}$  peut se substituer à  $Si^{4+}$ ,  
apparaît alors une charge - qui  
peut être compensée par un  
cation interfoliaire  $M$  (métal)

Feuille

**Structure d'une  
argile gonflante,  
exemple SMECTITE**Un micro-cristal-  
cristal d'argile

Détail des feuillets

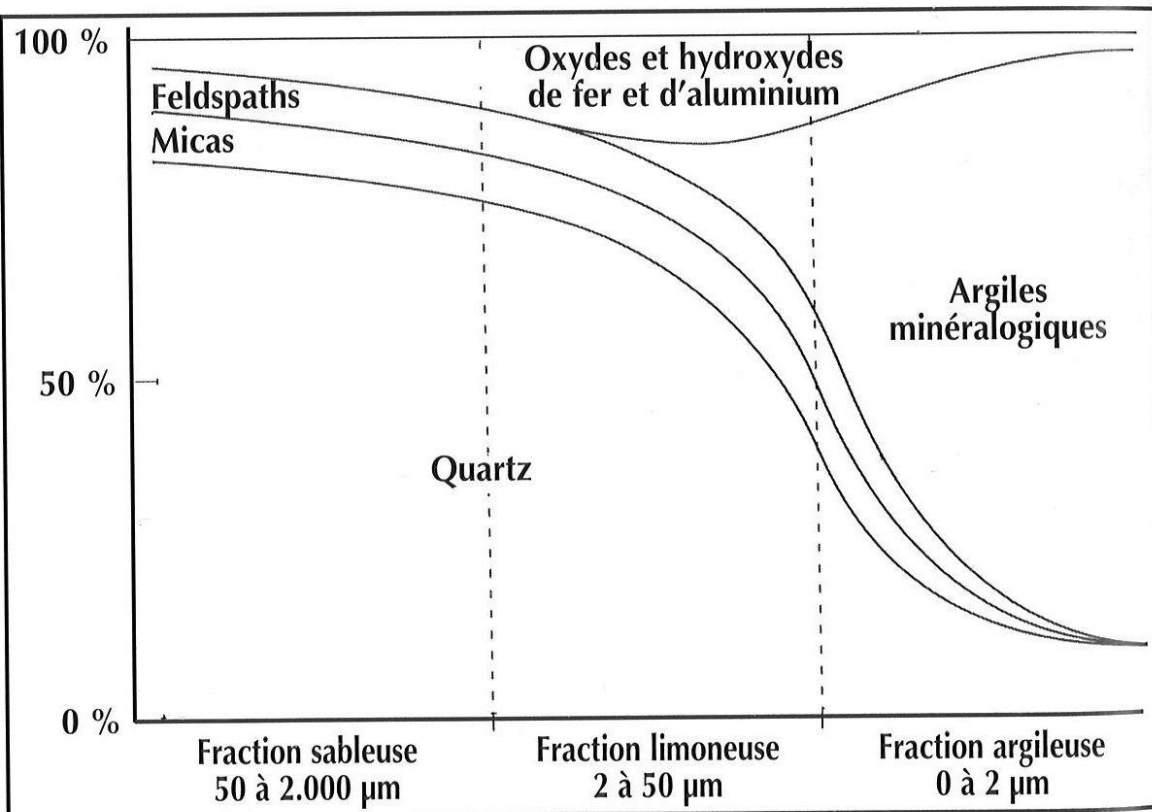
Des cations  
peuvent se  
glisser entre  
les feuillets  
de certaines  
argiles.

# Matières minérales du sol

Figure 1-13 - **COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES ARGILE - LIMONS - SABLES**

On voit que la fraction granulométrique «argile», inférieure à 2  $\mu\text{m}$ , comprend non seulement de l'argile vraie, minéralogique, mais aussi des oxydes métalliques, des silicates, micas et quartz. Elle contient aussi des carbonates, surtout dans les sols calcaires, mais ils ne sont pas représentés dans ce diagramme car détruits avant l'analyse granulométrique.

Évidemment ce n'est qu'un exemple correspondant à un sol, les proportions varient énormément selon les types de sols.



# Les argiles minéralogiques sont :

- **Hydrophiles** : ils attirent l'eau.
- **Plasticité** : l'argile garde la forme qu'on lui imprime (poterie, semelle de labour)
- **Adhésivité** : se colle au matériel et aux bottes
- **Gonflement ou retrait** en fonction de l'hydratation
- **Négatives**
- **Floculées / Dispersées**

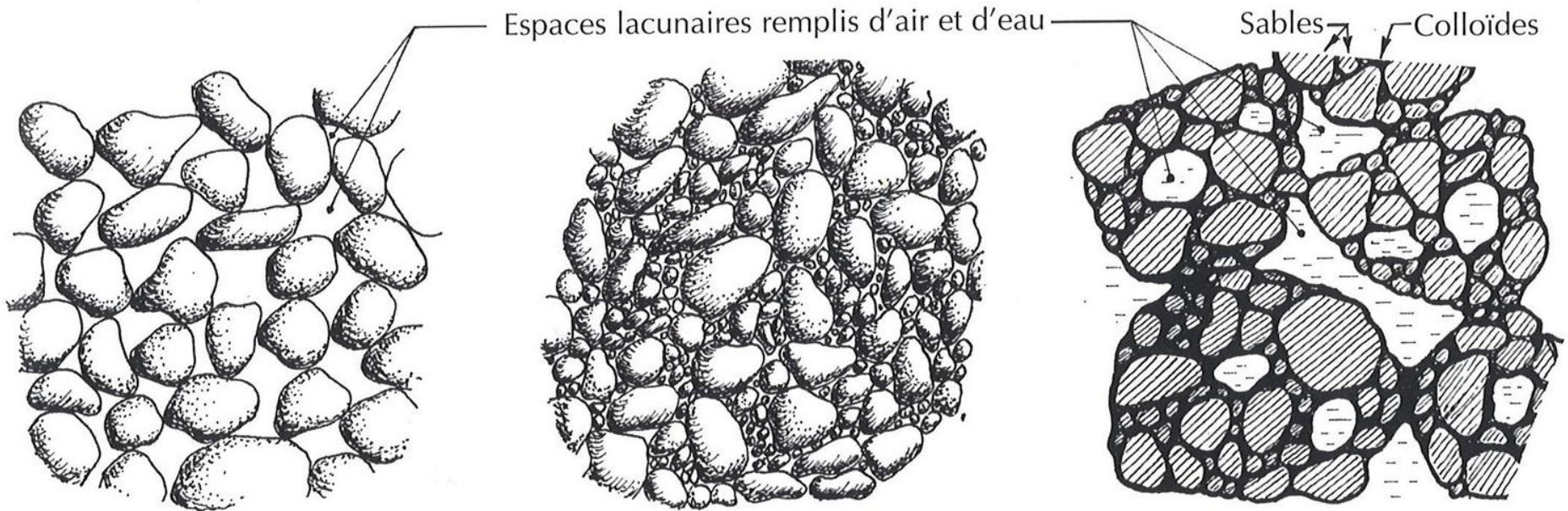
# L'humus :

- Acide : l'humus peut libérer des ions  $H^+$
- Hydrophile : il retient 15 fois son poids en eau.  
C'est beaucoup plus que l'argile. Mais celle-ci n'est pas toujours accessible pour les plantes.
- Porteur d'une charge négative : il retient 4 à 5 fois plus de cations que l'argile.

## Des propriétés qui dépendent de la texture

- **Stabilité structurale**
- **Aptitude à la fissuration**
- **Risque d'asphyxie**
- **Aptitude au tassement et à la battance**
  
- **POROSITE**

# La texture influe sur la porosité du sol



Si les sables grossiers dominant, ils laissent entre eux des vides où circulent aisément l'air et l'eau.

Mais l'absence de colloïdes (argile et humus) limite le pouvoir de rétention de l'eau : le sol a tendance à être FILTRANT.

Si des sables fins et des limons accompagnent les sables grossiers, ils colmatent les vides laissés entre ces derniers.

Le sol se tasse facilement sous l'effet de la pluie : il devient **BATTANT**, se croûte en séchant, et donc imperméable à l'eau et à l'air.

Si suffisamment d'argile et d'humus accompagnent les sables et les limons, la formation d'agrégats est possible.

Il s'agit de petits grumeaux laissant circuler l'eau et l'air, mais retenant assez d'eau pour les plantes. Le sol est **CONSTRUIT**, il a une **STRUCTURE**.

# La texture influe sur la porosité du sol

La part des volumes de solide, d'eau et de macroporosité pour quatre sols d'un mètre d'épaisseur de texture différente

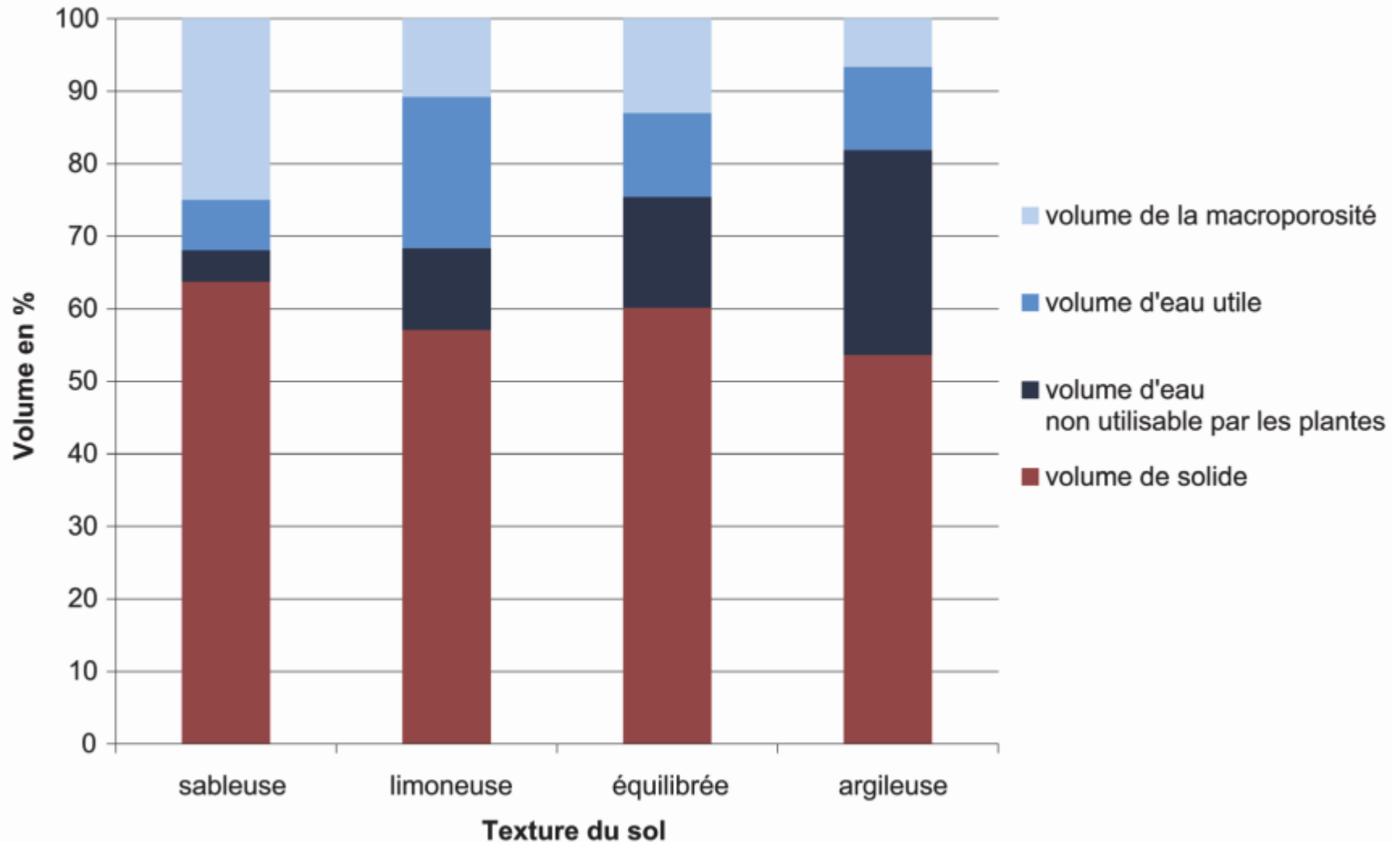


Figure 3-11

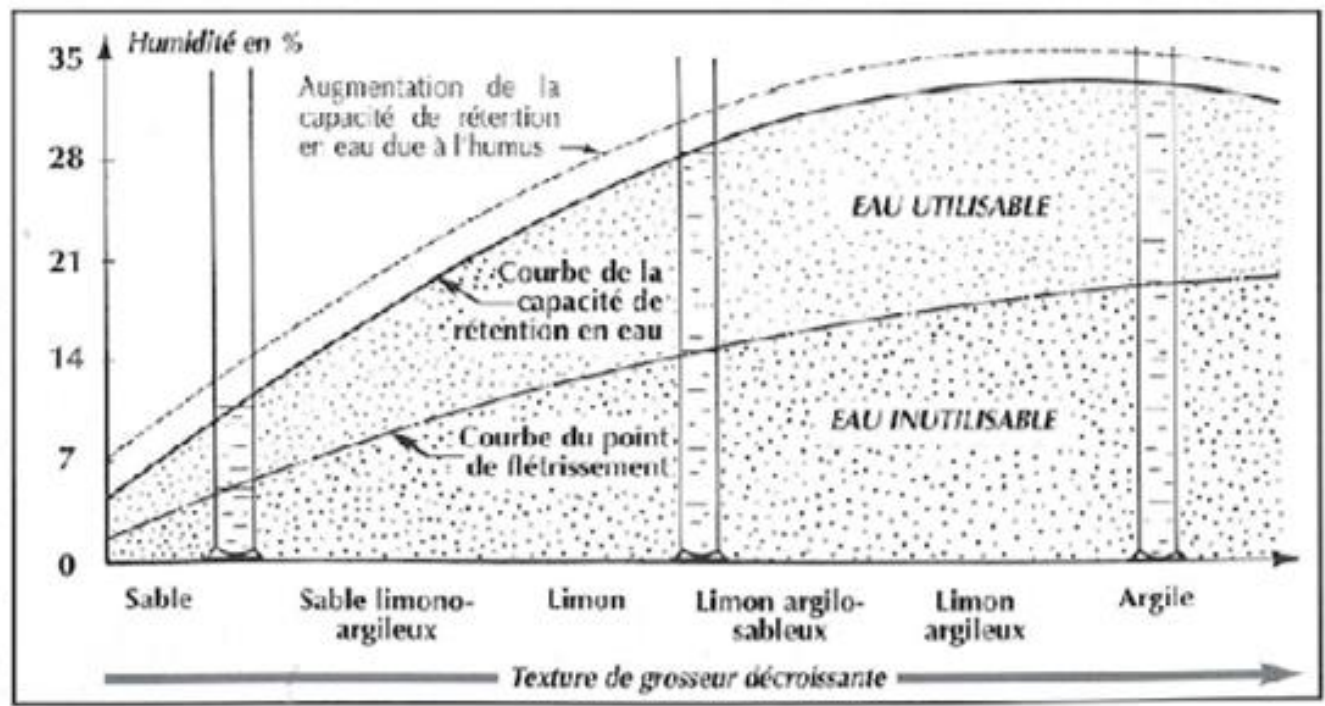
**LA CAPACITÉ EN EAU D'UN SOL en % ET SON HUMIDITÉ AU POINT DE FLÉTRISSEMENT**

dépendent de sa teneur en éléments fins et en humus

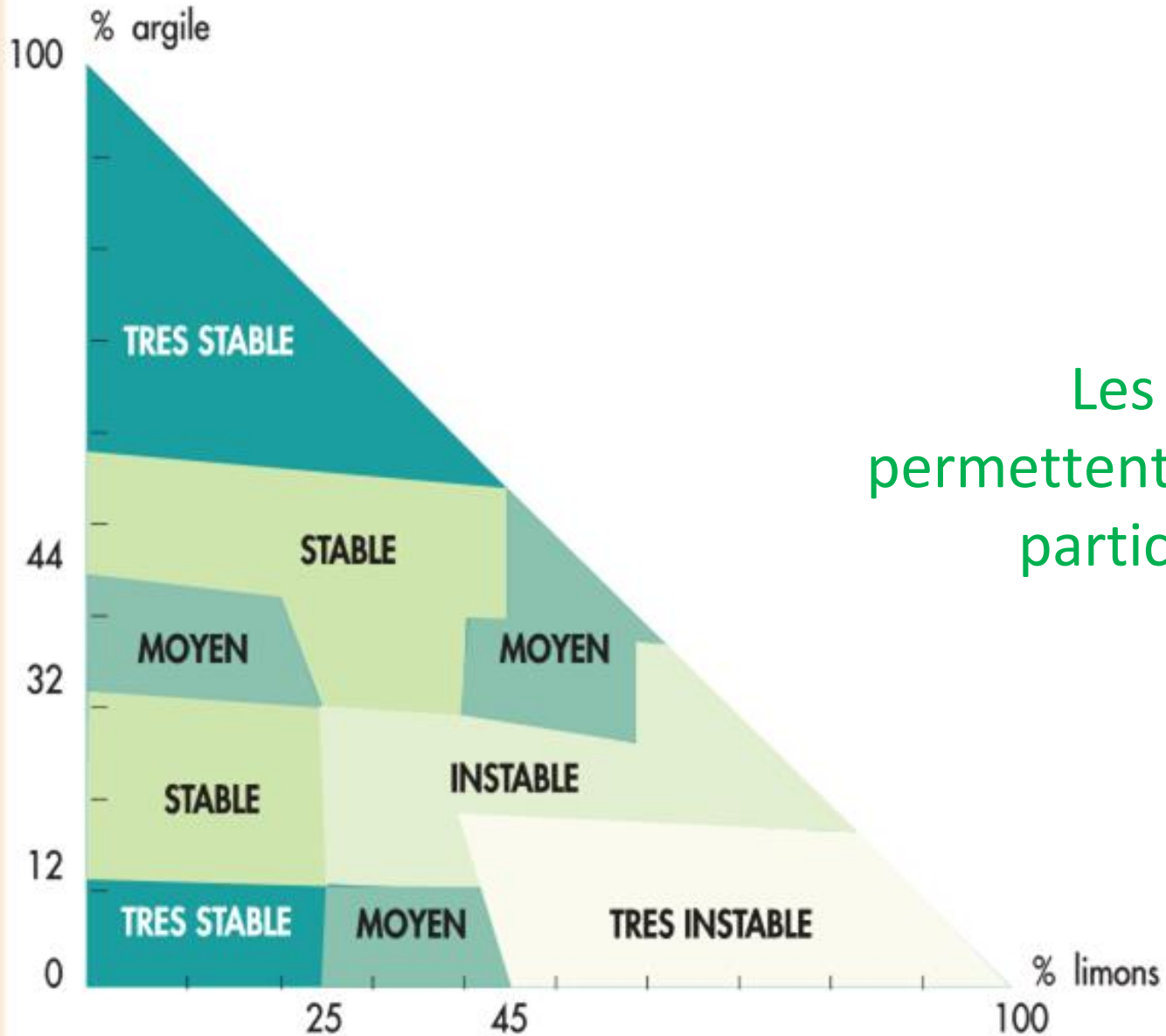
- Plus le pourcentage d'éléments fins d'un sol augmente,
- plus sa capacité de rétention en eau augmente,
- plus son point de flétrissement s'élève.

L'augmentation du taux d'humus d'un sol a l'avantage :

- d'augmenter sa capacité de rétention en eau,
- mais sans élever son point de flétrissement.

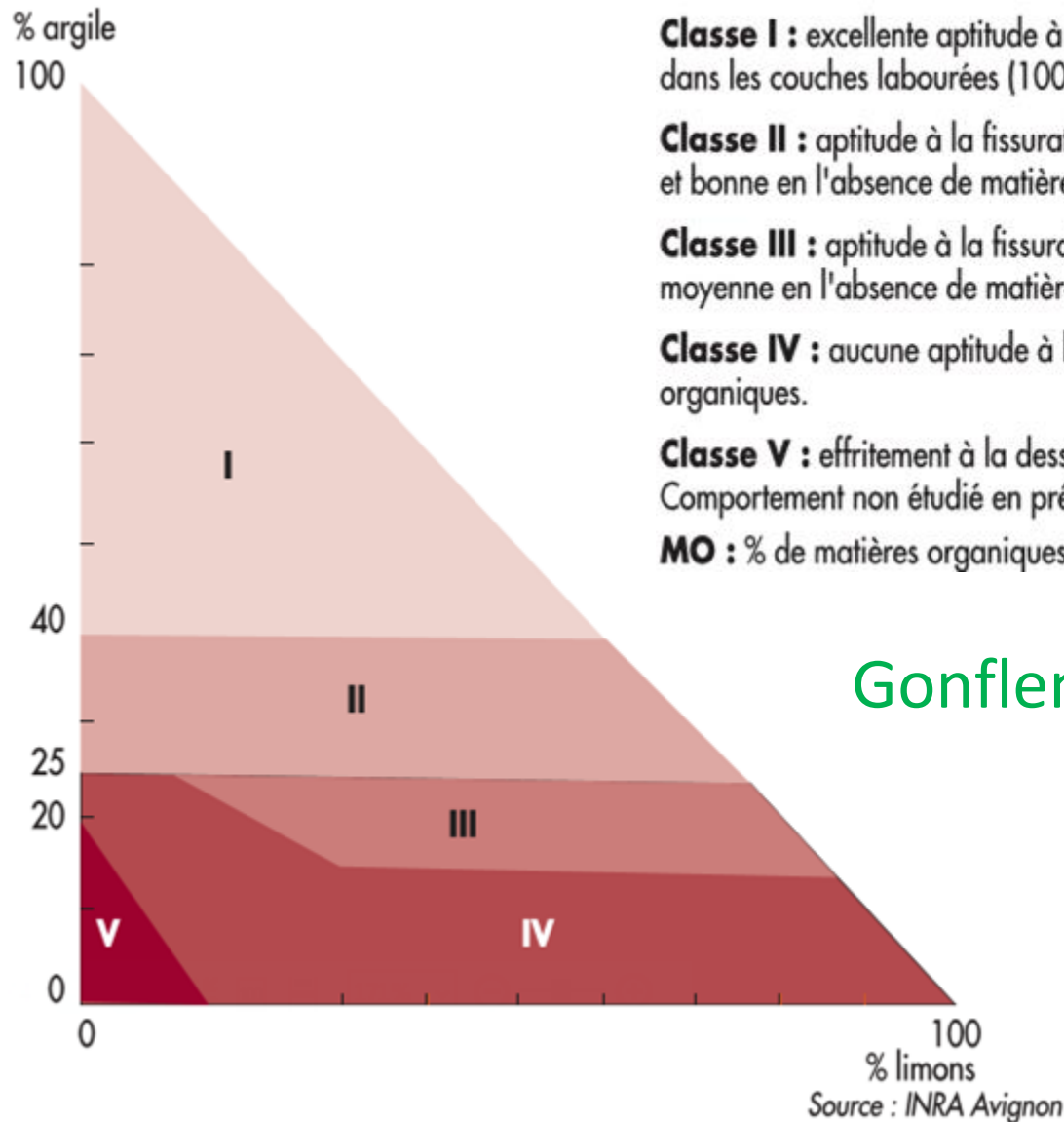


# Stabilité structurale en fonction de la texture



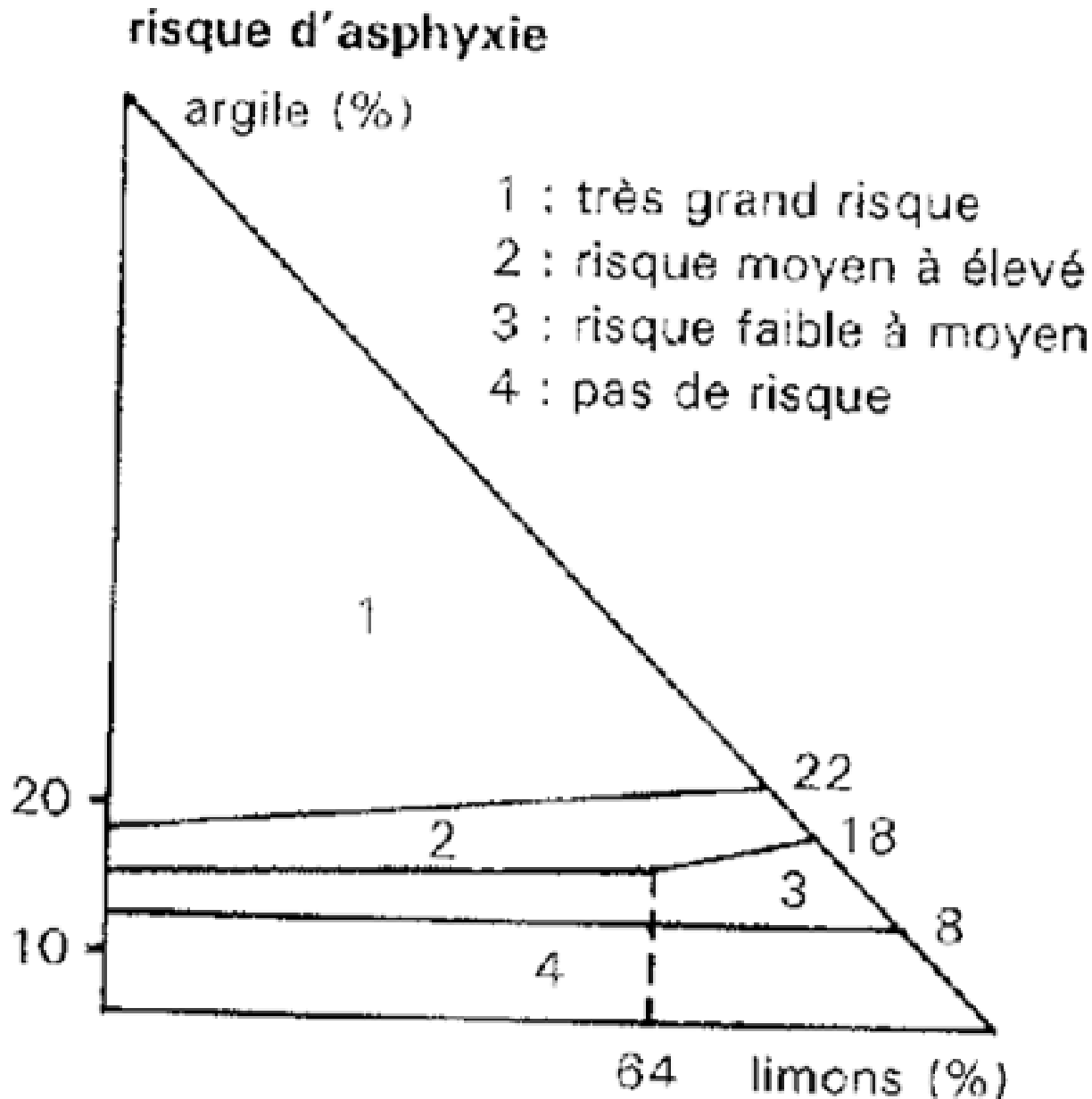
Les argiles flocculées permettent la cohésion des particules fines du sol

# Aptitude à la fissuration en fonction de la texture et sa MO

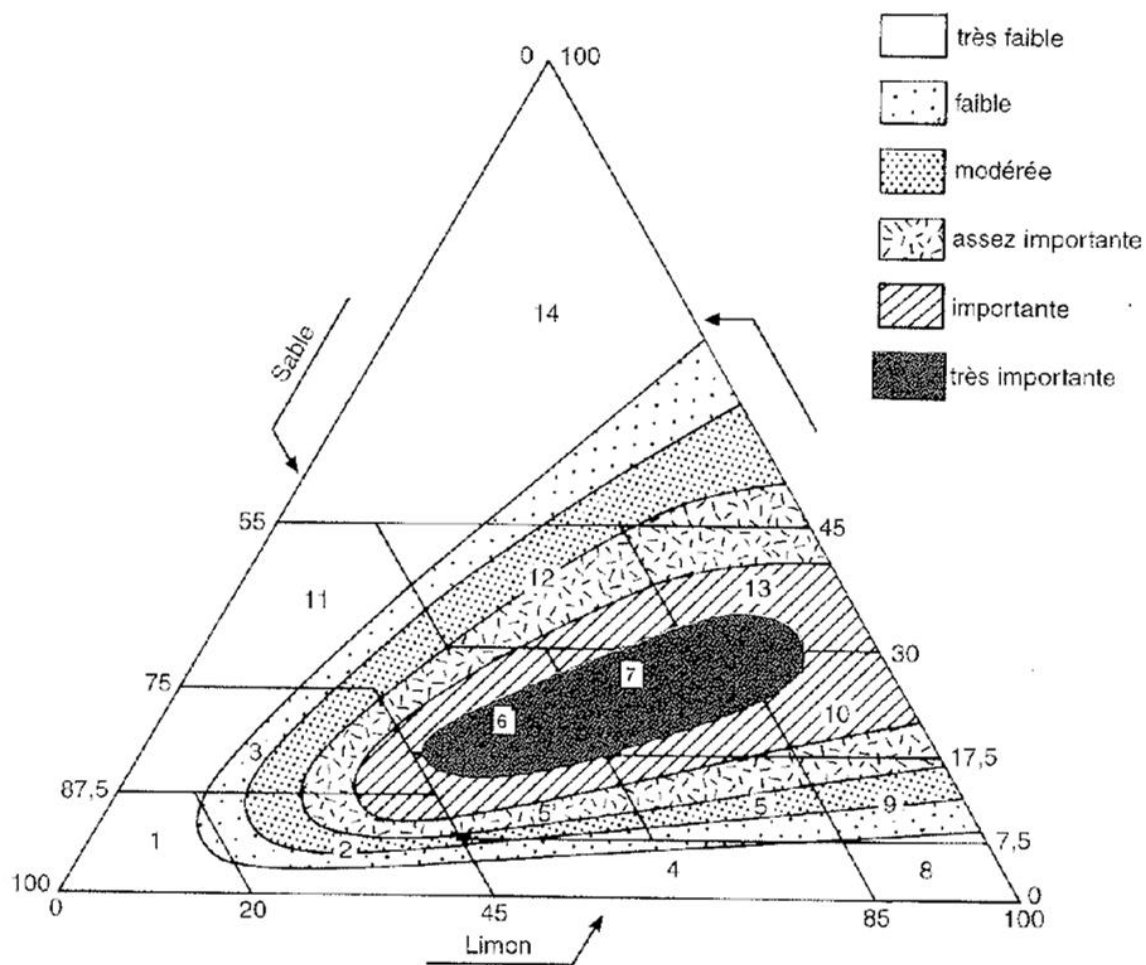


Gonflement/retrait des argiles

# Risque d'asphyxie en fonction de la texture



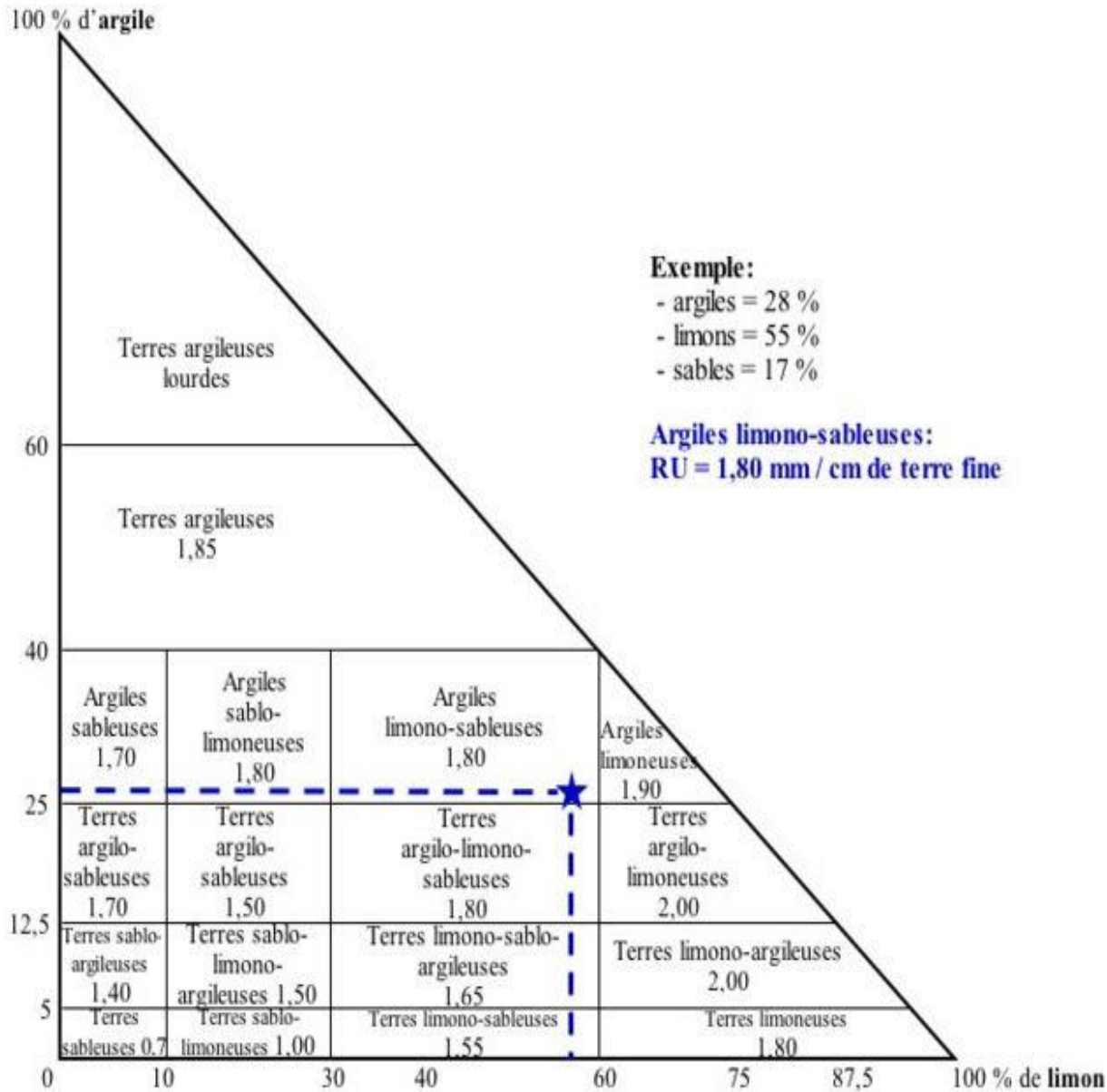
# Aptitude au tassement



Augmente  
proportionnellement  
à la teneur en  
limons

- |                         |                          |                       |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 - Sable               | 5' - Limon sableux       | 10 - Limon argileux   |
| 2 - Sable limoneux      | 6 - Limon sablo-argileux | 11 - Argile sableuse  |
| 3 - Sable argileux      | 7 - Limon argilo-sableux | 12 - Argile           |
| 4 - Limon léger sableux | 8 - Limon léger          | 13 - Argile limoneuse |
| 5 - Limon moyen sableux | 9 - Limon moyen          | 14 - Argile lourde    |

# Réserve utile



Source: [www.afidol.org](http://www.afidol.org)

# La battance

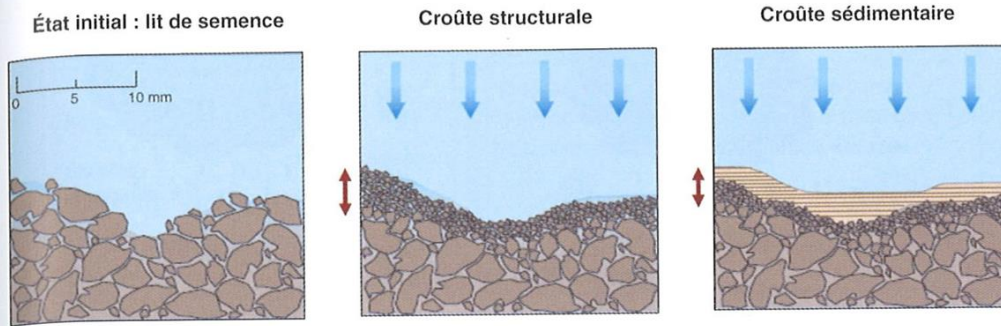


Figure 10.2. Du lit de semence aux croûtes de battance. Source : B. Algayer.

28 avril : lit de semence



8 mai (après une pluie) : croûte structurale en formation



11 juin (après un orage) : croûte sédimentaire formée



8 août (après de fortes pluies) : croûte sédimentaire formée

Photo 10.5. Formation d'une croûte de battance. Source : B. Algayer.

## Croute de battance compromettant la levée des cultures:



Crédit photo : D. Gassen

## Battance

La **battance** correspond à la destruction de la structure du sol sous l'effet de la pluie, avec dispersion des particules les plus fines puis formation, lorsque le sol sèche, d'une croûte superficielle s'opposant aux échanges gazeux et à l'infiltration de l'eau. La sensibilité d'un sol à ce phénomène peut être quantifiée à partir du calcul d'un indice de battance ( $I_b$ ) comme celui proposé par la station agronomique INRA de Laon pour les sols du Nord de la France.

### Calcul de l'indice de battance :

Les teneurs en argile, limon fin, limon grossier et matière organique (MO) sont exprimées en pour mille de terre fine sèche, tamisée à 2 mm.

Si  $\text{pH}_{\text{eau}} > 7,0$

$$I_b = \frac{1,5 (\text{Limon fin}) + 0,75 (\text{Limon grossier})}{(\text{Argile}) + 10 (\text{MO})} \times 0,2 (\text{pH}_{\text{eau}} - 7)$$

Si  $\text{pH}_{\text{eau}} \leq 7,0$

$$I_b = \frac{1,5 (\text{Limon fin}) + 0,75 (\text{Limon grossier})}{(\text{Argile}) + 10 (\text{MO})}$$

### Interprétation :

$I_b \leq 1,4$	sol non battant
$1,4 < I_b \leq 1,6$	sol peu battant
$1,6 < I_b \leq 1,8$	sol assez battant
$1,8 < I_b \leq 2,0$	sol battant
$2,0 < I_b$	sol très battant

## Figure 1 : Les quatre agents de la battance et leurs remèdes.

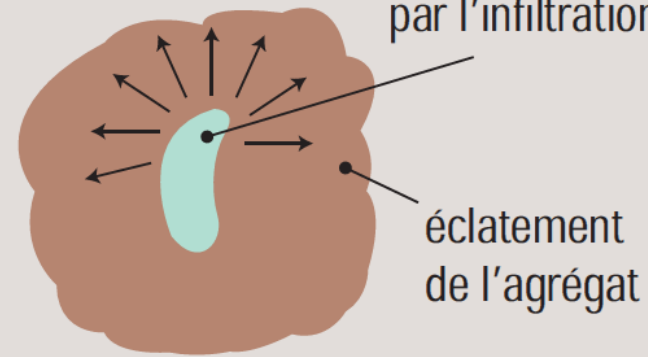
L'impact des gouttes d'eau sur le sol nu



Remède : couvrir le sol (résidus de culture, couvert végétal).

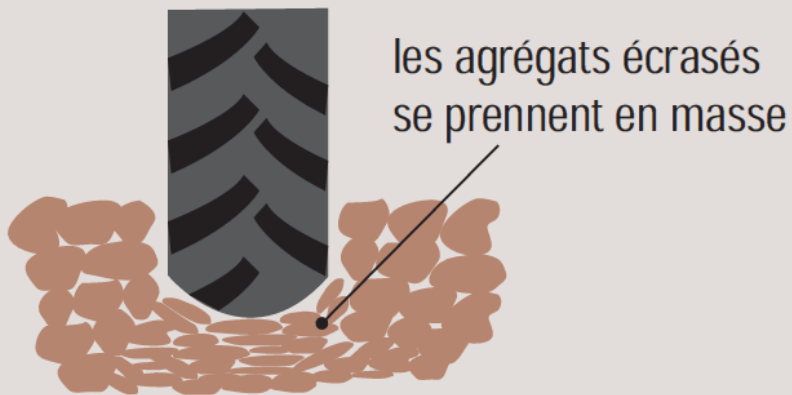
## L'éclatement des agrégats par l'eau d'imbibition

compression de l'air dans les capillaires par l'infiltration d'eau



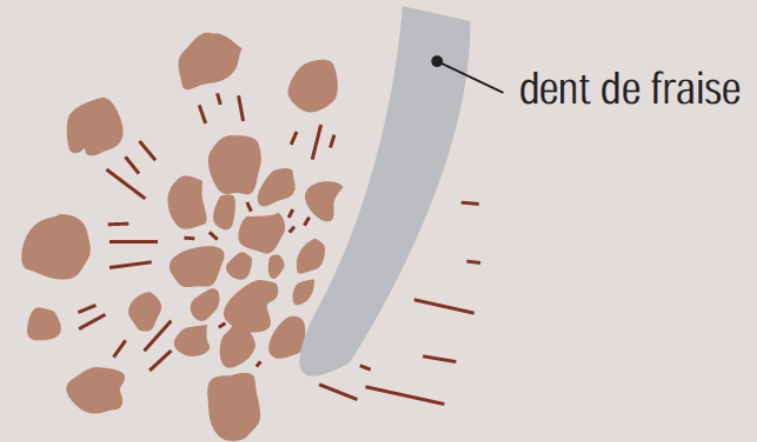
Remède : rendre les agrégats moins mouillables par des apports de matière organique.

## Le tassement en période humide



Remède : éviter les charrois et le pâturage en période humide.

## L'agressivité des outils à rotation rapide



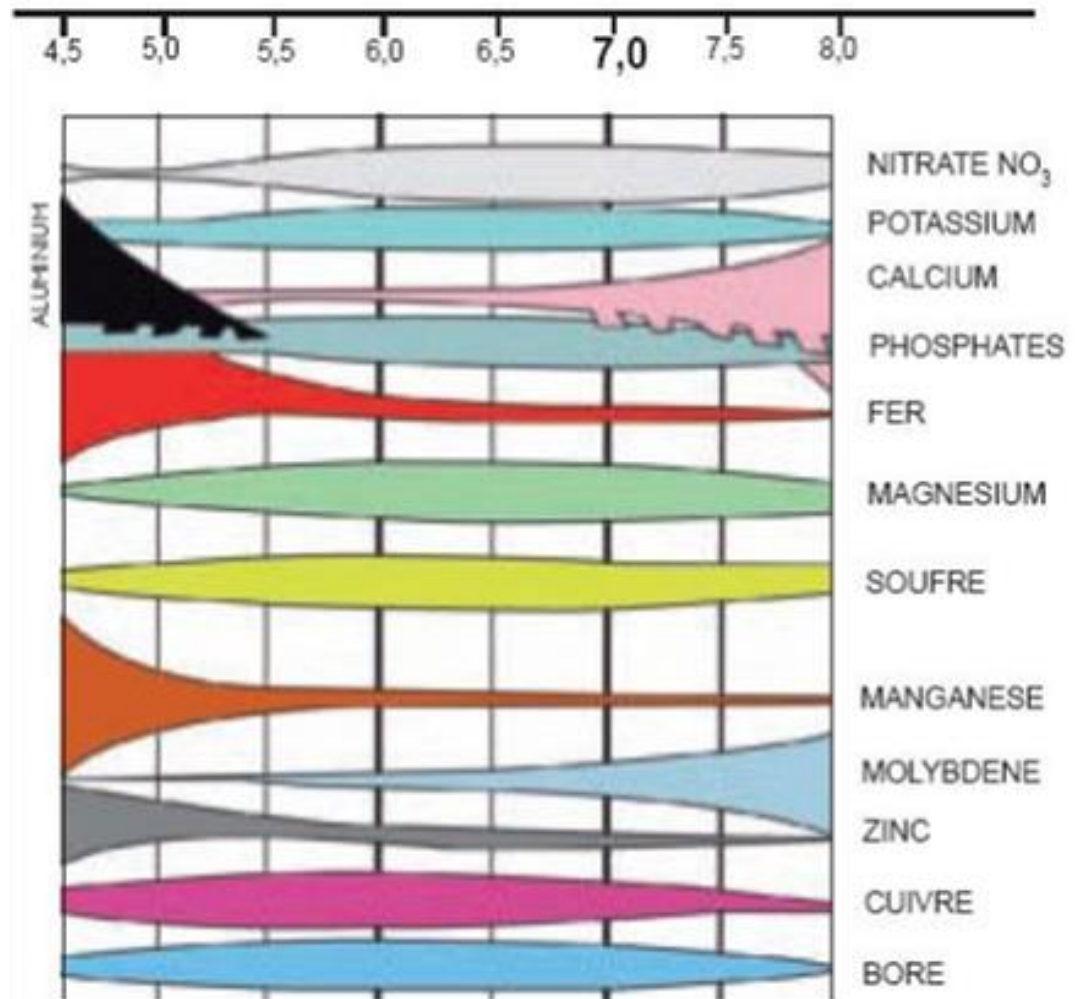
éclatement des mottes en agrégats

Remède : réduire la vitesse de rotation, surtout pour les préparations d'automne

# Acidité du sol

Le pH du sol influe sur l'assimilation des éléments minéraux par les plantes

pH optimum 6,5

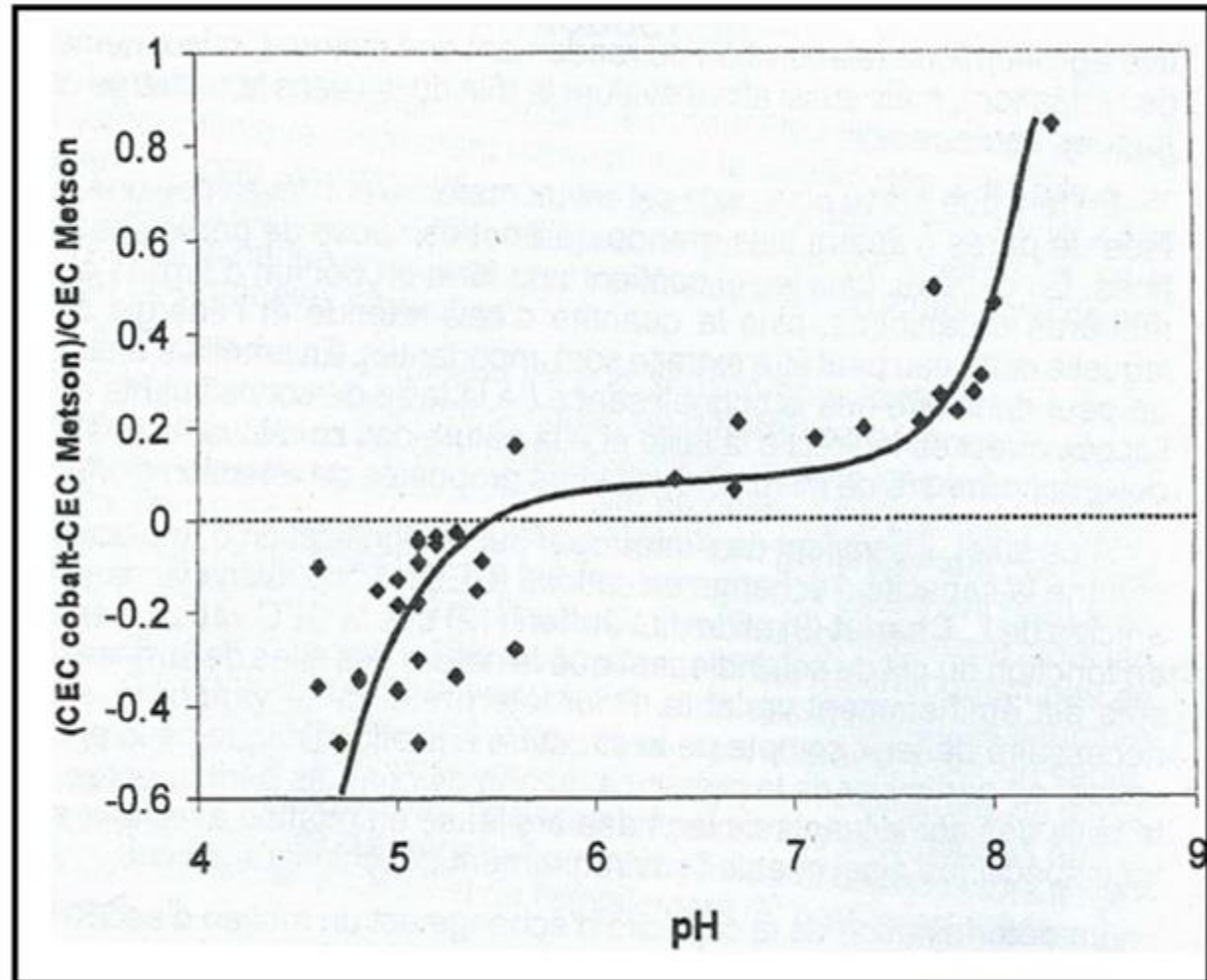


Source GEMAS

*Diagramme d'assimilation des éléments minéraux en fonction du pH*

# Acidité du sol

Le pH du sol influe sur la capacité de stockage en cations échangeables du système adsorbant.

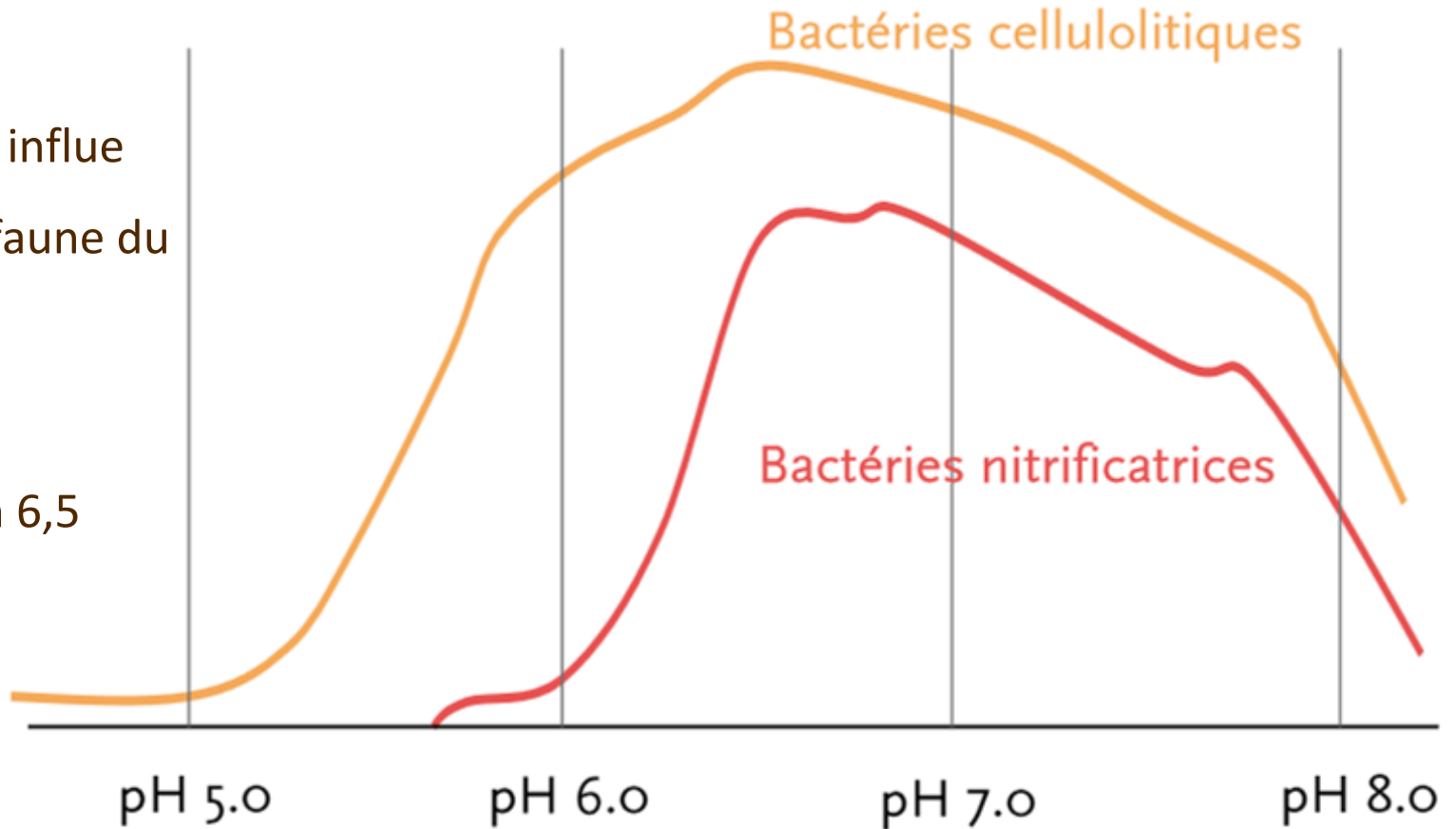


*Source : Tessier et al.,  
1999*

# Acidité du sol

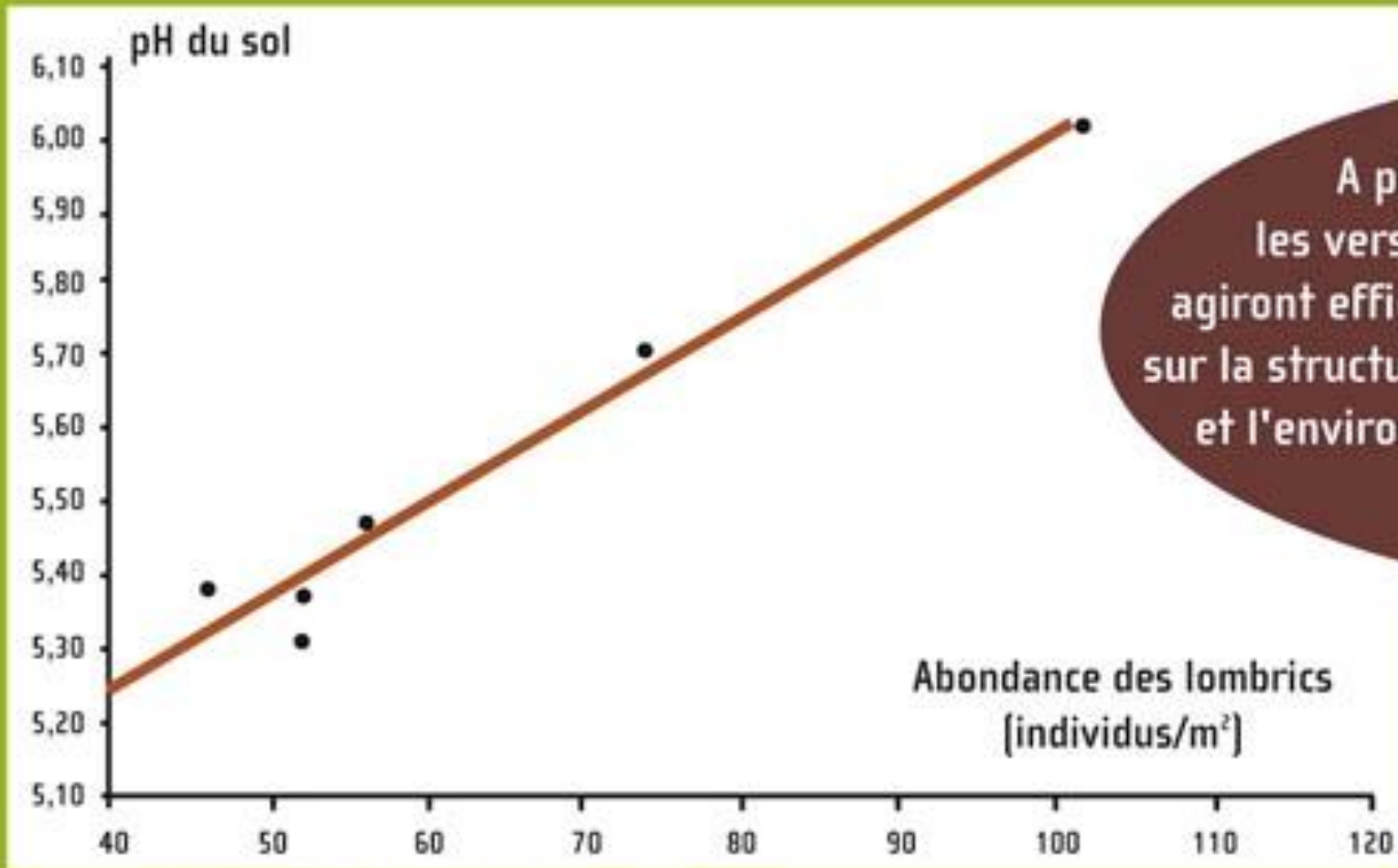
Le pH du sol influe  
sur la microfaune du  
sol.

pH optimum 6,5



Source : *L'analyse de terre aujourd'hui* – GEMAS 1998

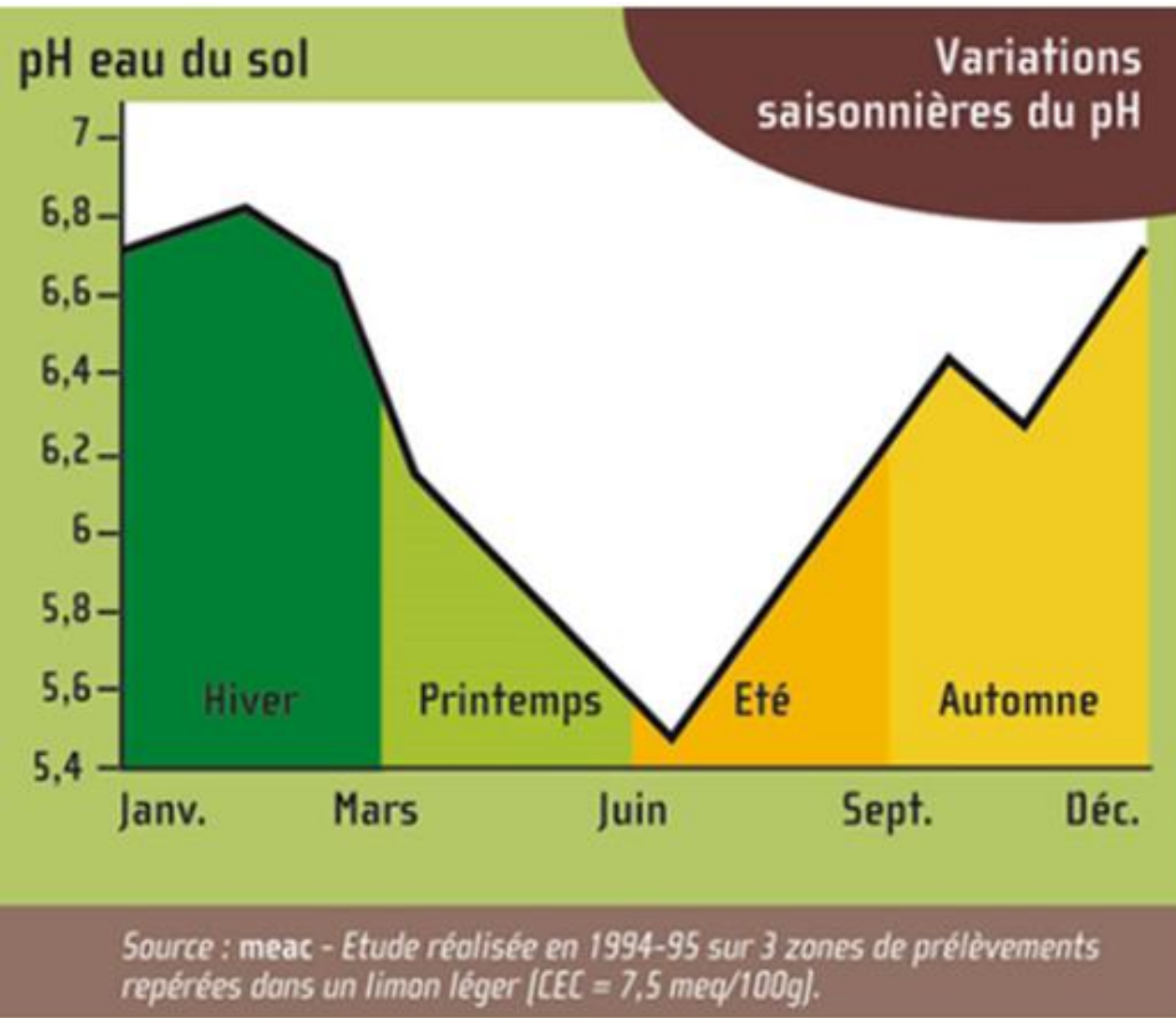
# Acidité du sol



A pH neutre, les vers de terre agiront efficacement sur la structure du sol et l'environnement.

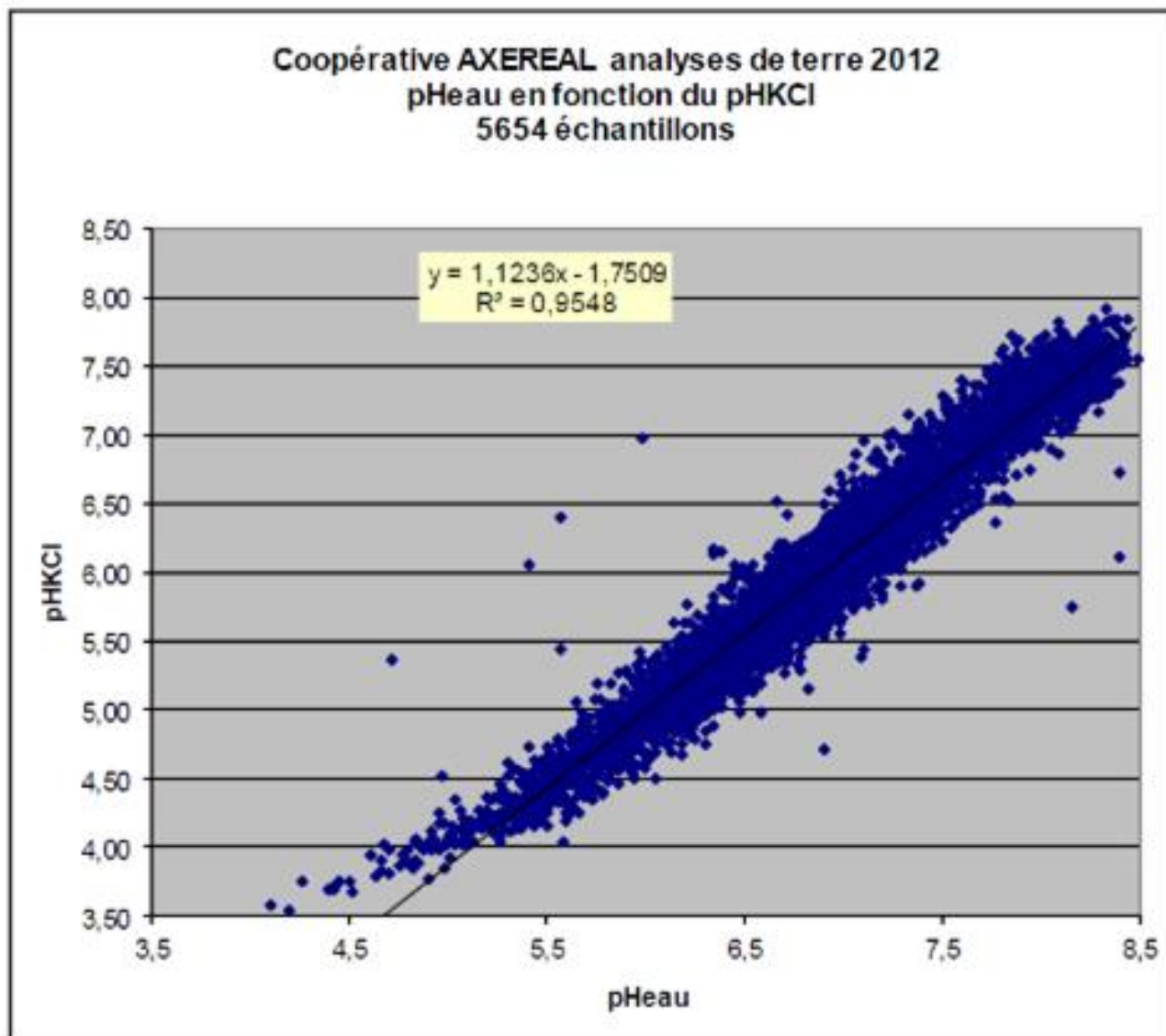
Source : Remi CHAUSSOD - INRA-Dijon -  $R^2 = 0,96$

# Acidité du sol



Les variations de pH sont dues :

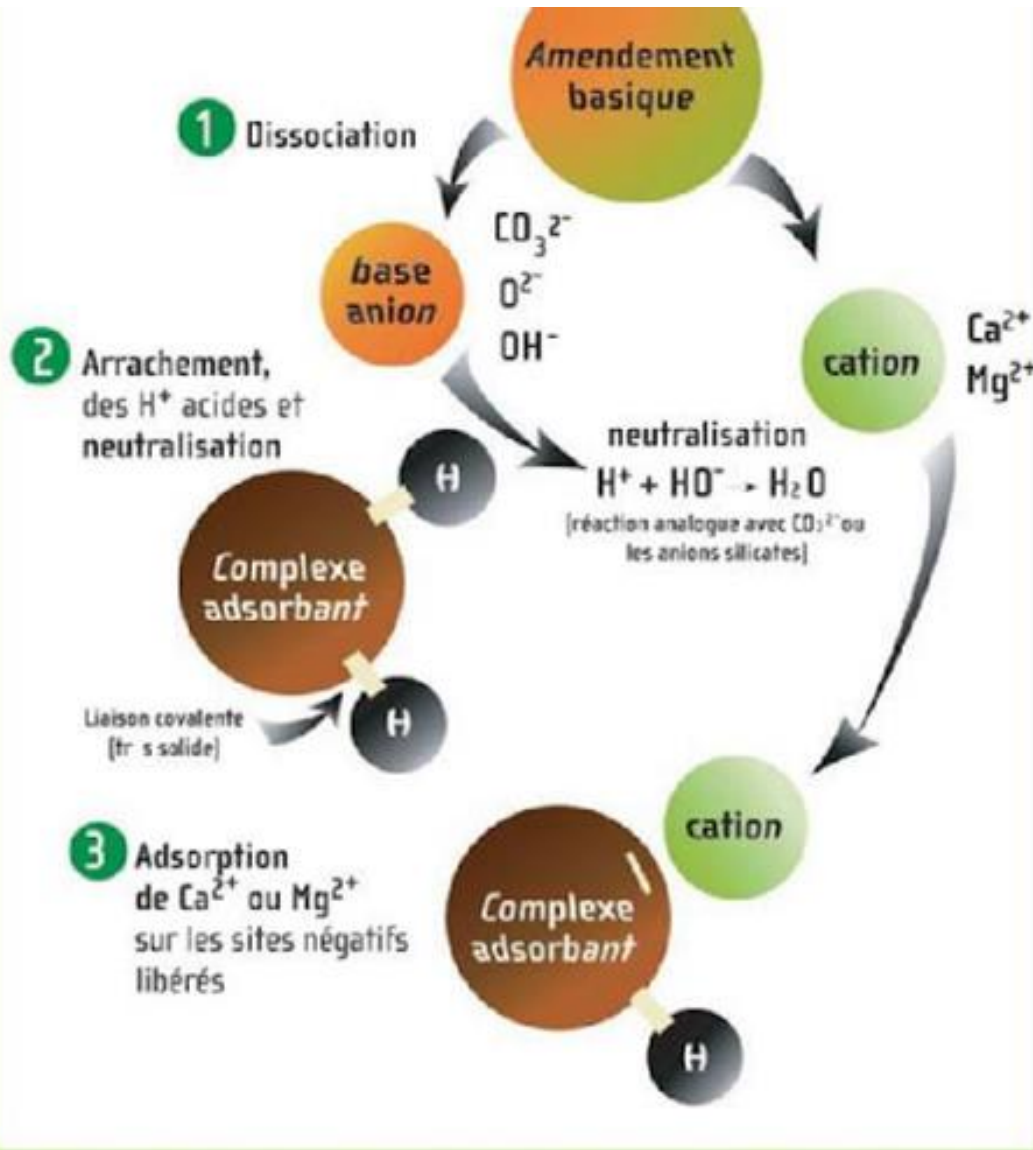
- aux variations climatiques saisonnières
- à l'activité microbienne qui en découle : fermentations = production d'acides



**Figure 3** : Corrélation entre  $\text{pH}_{\text{eau}}$  et  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ , zone centre (départements 41, 45, 36, 18) coopérative AXEREA – laboratoire GALYS

# Le chaulage

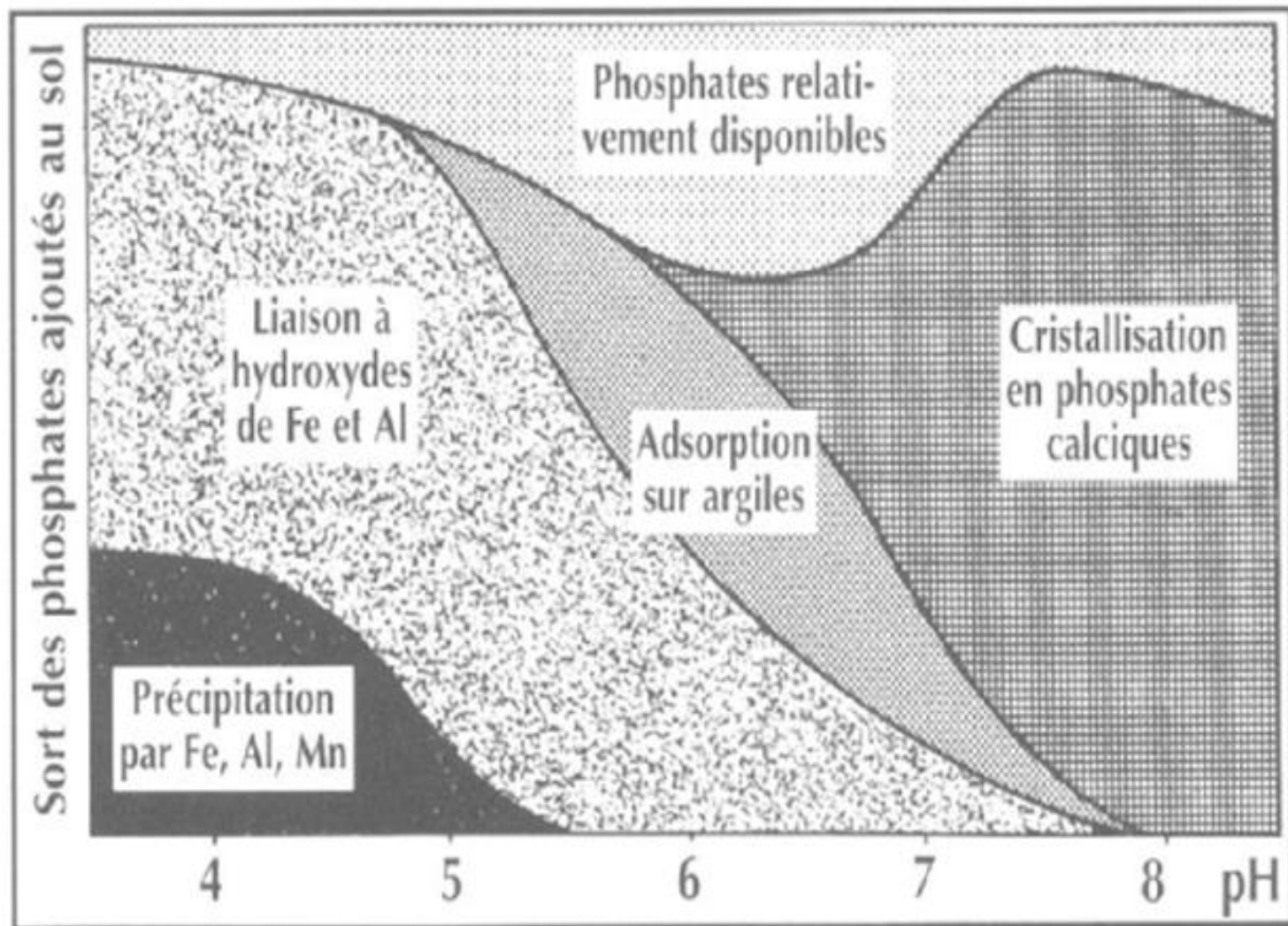
Amendements calciques  
et magnésiens  
basiques



L'efficacité d'un amendement basique tient à l'action de sa base, l'anion  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{HO}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  ou silicate. Le cation,  $\text{Ca}^{2+}$  ou  $\text{Mg}^{2+}$ , ne fait qu'accompagner.

# Un élément peu disponible

Variations selon le pH



# 3 indicateurs sur l'analyse de terre

Trois méthodes d'analyse existent pour approcher la teneur en phosphore du sol.

**Dyer** : la plus utilisée en Bretagne. Adaptée au sol de pH inférieur à 6.5. C'est la méthode de référence des tableaux de préconisations.

**Joret-Hébert** : adaptée aux sols de pH supérieur à 6.5.

**Olsen** : extrait une partie plus faible du  $P_2O_5$  du sol.

Bien qu'il n'y ait pas de lien entre ces 3 méthodes, on peut proposer cette échelle de correspondance à titre indicatif (cf. tableau ci-contre).

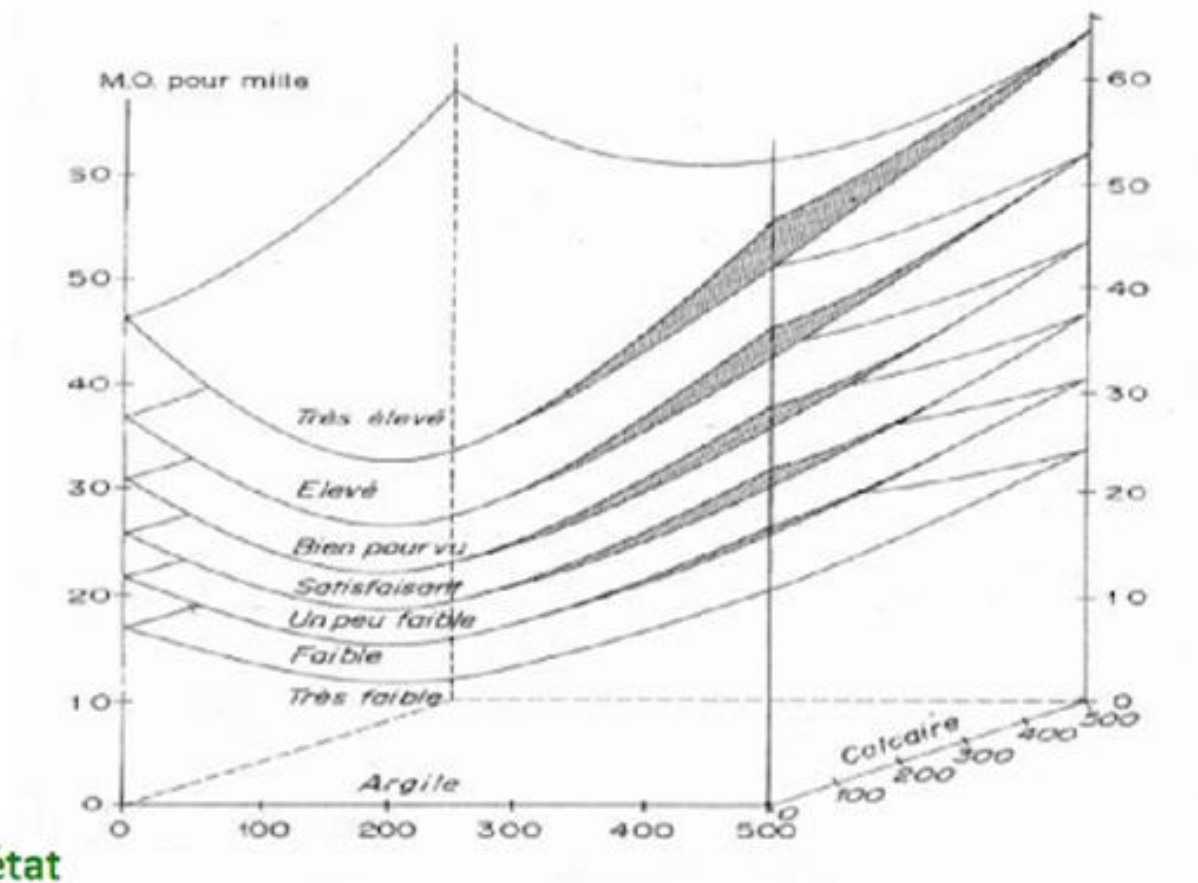
Méthode Dyer	170	250	300	400	500	700
Méthode Olsen	55		100		150	210
Méthode Joret-Hébert	120	185	210	250	300	380

Chambre d'agriculture de Bretagne

devenir des engrais Phosphatés			Forme du phosphore	en quantité par ha	mobilité pour la plante	pouvoir extractif		
naturels	hypo-solubles	solubles eau				Olsen	Joret	Dyer*
	○	●	dissous dans la solution du sol	200 - 1000g soit 0,1 à 0,4%	directe	■	■	■
○	●	●	absorbé sur le complexe argilo-humique	500 kg soit 5%	échangeable et assimilable	■	■	■
●			lié au calcium (pH>7) à l'aluminium (pH<6) au fer (tous pH)	10 000 kg soit 95%	Lentement disponible		□	■
					Bloqué			■

Figure 2 : les différentes formes du phosphore dans le sol (Source : GEMAS)

# Des teneurs qui varient en fonction de la texture



Appréciation de l'état organique du sol en fonction de la teneur en argile et calcaire

Source : Rémy et Marin-Laflèche, 1974

## Mo et stockage de l'eau

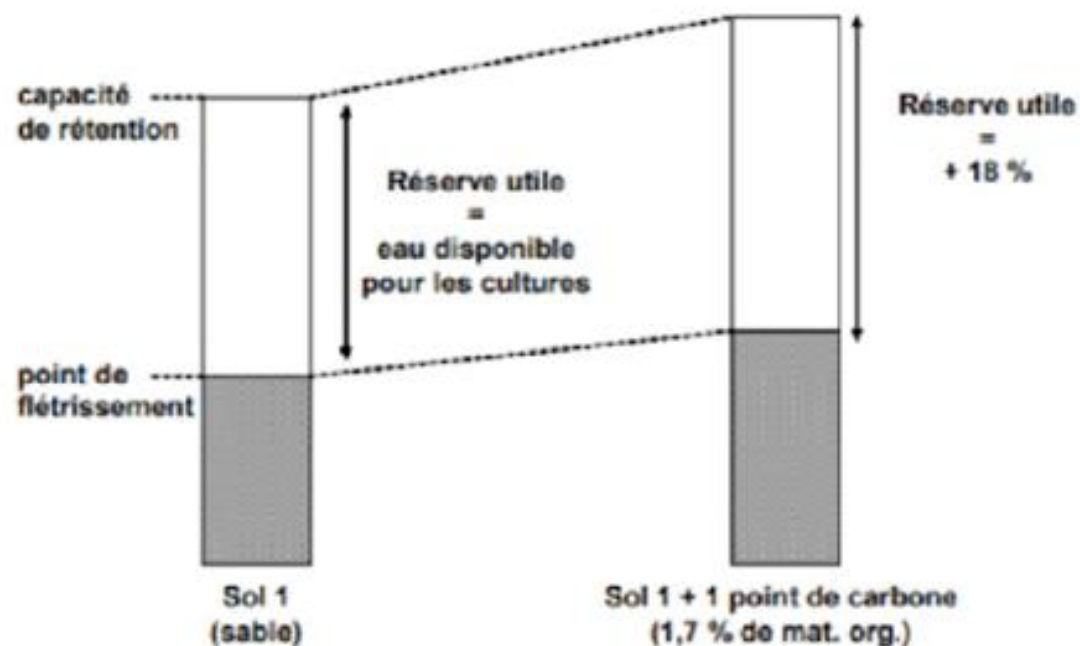


Figure 3: Les matières organiques humifiées améliorent la rétention en eau du sol

Source : Felix I, 2006