

**TD 1 et 2 : Caractéristiques physiques, chimiques et
biologiques de sols. Conséquences sur leur
fonctionnement biogéochimique**

*Enseignants : S. Boulanger-Joimel, J. Faburé, CS Haudin, D. Montagne, A. Niboyet,
O. Scammacca, L. Vieublé
Département SIAFEE*

Ces deux séances de TD portent sur les données analytiques et les expérimentations effectuées sur des échantillons de sol provenant de trois profils de sol contrastés: un brunisol vertique, un luvisol rédoxique et un podzosol. Les caractéristiques sont données ci-après et les profils seront présentés en séance.

Chaque trinôme travaille sur 1 profil de sol. Les résultats seront présentés oralement en cours de TD par un groupe par chacun des sols et chaque exercice.

On abordera :

- la rétention de l'eau,
- l'activité microbienne et la biodégradation des matières organiques,
- la rétention d'éléments nutritifs et/ou potentiellement polluants.

DESCRIPTION ET CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DES SOLS ETUDIES**BRUNISOL VERTIQUE**

Végétation: Chênaie calcicole

Matériau originel: marnes vertes

Description

A1 0-10 cm

Légèrement humide - Argilo-limono-sableux - Gris (olive) sombre - Faible effervescence - Gravier et cailloux, calcaires à arêtes émoussées - Structure polyédrique, fine - Agrégats à pores peu nombreux - Poreux - Nombreuses racines, fines, avec chevelu - Turrucules de vers de terre.

Transition sur 4 cm.

A2 10-20 cm

Humide - Argilo-limoneux - Olive - Faible effervescence - Gravier et cailloux, calcaires, à arêtes émoussées - Structure polyédrique, moyenne - Agrégats à pores peu nombreux - Poreux - Nombreuses racines, fines et moyennes, avec chevelu - Transition sur 10 cm.

S1 20-30 cm

Humide - Argilo-limoneux - Olive clair - Faible effervescence - Gravier et cailloux, calcaires, à arêtes émoussées - Structure polyédrique, moyenne - Agrégats à pores peu nombreux - Poreux - Racines - Transition sur 5 cm.

S2 30-40 cm

Légèrement humide - Argileux - Olive clair - Effervescence - Eléments carbonatés, en nodules friables - Cailloux peu abondants, calcaires, à arêtes émoussées - Structure polyédrique, grossière, à faces lissées obliques - Agrégats à pores peu nombreux - Poreux - Quelques racines - Transition sur 2 cm.

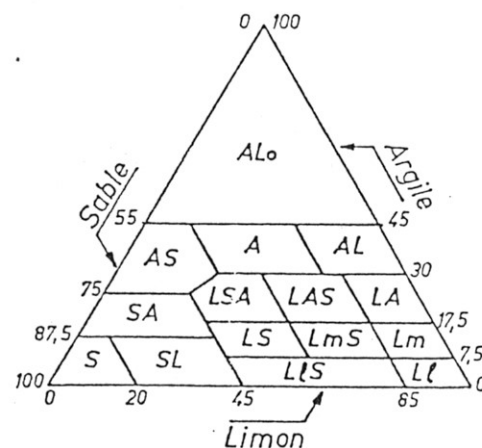
M 40 cm et plus

Sec - Argile lourde - Jaune pâle - Vive effervescence - Eléments carbonatés, en amas - Structure massive - Peu poreux.

Analyses courantes

Horizon	granulométrie (%) [*]					Dapp g cm ⁻³
	A	Lf	Lg	Sf	Sg	
A1	43,7	21	20,2	5,8	1,6	1,25
A2	45,5	18,7	19,1	6,3	2	1,35
S1	44,9	18,8	21,6	5,3	1,6	1,42
S2	55,5	18,7	16,6	4	1,4	1,48
M	42,1	9,1	8	1,4	0,3	1,45

Horizon	Corg (%)	CaCO ₃ (%)	pH	CEC	Ca _{ech} Mg _{ech} K _{ech} (cmole kg ⁻¹)		
					Ca _{ech}	Mg _{ech}	K _{ech}
A1	4,9	7,7	7,5	31,8	27,1	2,3	2,2
A2	2,0	8,4	7,7	25,6	22,8	1,6	1,1
S1	1,0	7,8	7,9	24,1	21,1	1,5	0,9
S2	0,8	3,8	7,9	27,2	24,3	1,5	0,9
M	0,3	39	8,2	21	19,2	1,2	0,6



^{*}elle est mesurée après décarbonatation et les résultats sont exprimés en g/100g de sol non décarbonaté.

Corg= carbone organique

Variante sous culture :

A 0-25 cm

Légèrement humide – Argilo-limoneux – Gris (olive) – Faible effervescence – Gravier et cailloux calcaires, à arêtes émoussées – structure polyédrique moyenne, à sous structure polyédrique très fine – Agrégats à pores peu nombreux – Racines – Transition sur 1cm. Teneur en C = 1,5%

LUVISOL REDOXIQUE

Végétation: chênaie charmaie acidiphile

Matériau originel: limon éolien

Description

A1 0-5 cm

Humide - Limon moyen - Gris - Structure polyédrique subanguleuse fine - Quelques débris organiques en surface - Racines nombreuses, fines et moyennes. Transition sur 2 cm.

A2 5-25 cm

Légèrement humide - Limon moyen - Gris clair à blanc - Structure polyédrique subanguleuse fine, peu nette - Racines nombreuses, fines et moyennes - Nombreux chenaux. Transition sur 5 cm.

E 25-45 cm

Humide - Limon argileux - Brun très clair - Traînées gris clair - Structure polyédrique subanguleuse fine, peu nette - Racines peu nombreuses, fines et moyennes - Chenaux. Transition sur 10 cm.

E+BT 45-60 cm

Humide - Limon argileux - Gris clair - Taches brun vif - Structure polyédrique subanguleuse fine, peu nette - Amas ferro-manganiques noirs plus ou moins concrétionnés - Racines très peu nombreuse, fines et moyennes. Transition sur 5 cm.

BT1 60-80 cm

Humide - Argile limoneuse - Brun (jaunâtre) clair - Taches brun vif - Structure polyédrique subanguleuse grossière, nette - Revêtements argileux gris à la surface des agrégats - Taches, revêtements et amas ferro-manganiques noirs - Racines peu nombreuses, fines et moyennes. Transition sur 10 cm.

BT2 80-105 cm

Humide - Argile limoneuse - Brun vif - Bariolé, gris le long des fissures - Structure prismatique moyenne, nette - Revêtements argileux gris à la surface des agrégats - Taches ferro-manganiques noires - Racines très peu nombreuses. Transition sur 2 cm.

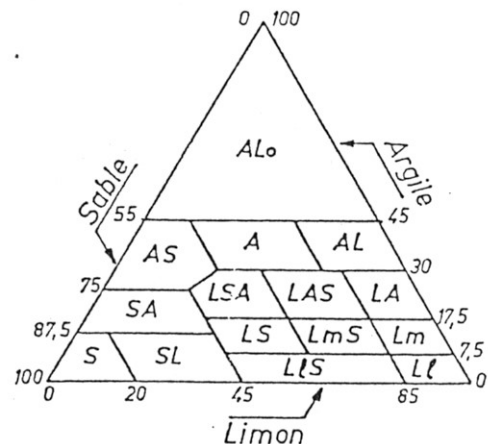
M 105 cm et plus

Humide - Argile - Brun vif - Taches grises verticales - Cailloux de meulière assez abondants - Structure massive, avec quelques fentes verticales.

Analyses

Horizon	granulométrie (%)					Dapp
	A	Lf	Lg	Sf	Sg	g cm ⁻³
A1	17	29	45	7	2	1,25
A2	17	27	47	7	2	1,35
E	19	28	44	7	2	1,42
E+BT	20	27	40	7	6	1,48
BT1	33	24	33	7	3	1,45
BT2	35	22	29	9	5	1,45
M	39	22	27	10	2	1,45

Horizon	Corg (%)	CaCO ₃ (%)	pH	CE	Ca _{ech}	Mg _{ech}	K _{ech}
				C			
				(cmole kg ⁻¹)			
A1	3,4	0	5,6	15,1	6,6	4,5	0,5
A2	1,2	0	4,9	9,8	1,7	2,7	0,1
E	0,7	0	5	10,7	2,9	2,1	0,2
E+BT	0,3	0	5,25	15,6	3,8	4,6	0,2
BT1	-	0	5,75	22,9	9,6	5,7	0,4
BT2	-	0	5,95	25,6	12,3	5,9	0,4
M	-	0	6,6	27,5	15,1	7,2	0,4



Variante sous culture

A 0-25 cm Humide- Limon moyen – Brun claire – Structure massive - Quelques racines – Gainages rouilles autour de chenaux. Teneur en carbone organique : 1,1%

PODZOSOL

Végétation: chênaie acidiphile + pins

Matériau originel: sable stampien

Description

A1 0-10 cm

Sec - Sableux à sable fin - Gris - Débris de feuilles et d'aiguilles juxtaposés aux éléments minéraux - Structure particulaire - Meuble - Racines fines, nombreuses - Chenaux peu nombreux - Très poreux.

A2 10-20 cm

Sec - Sableux à sable fin - Gris - Structure particulaire - Meuble - Racines moyennes, nombreuses, horizontales et racines fines - Chenaux peu nombreux - Très poreux.

E 20- 60 cm

Sec - Sableux à sable fin - Gris rosâtre - Structure particulaire - Peu compact - Racines moyennes, peu nombreuses, horizontales et racines fines - Très poreux.

BPh 60-70 cm

Sec - Sableux à sable fin - Gris rougeâtre sombre - Matière organique revêtant les constituants minéraux - Structure massive - Compact - Racines fines, horizontales, très peu nombreuses - Poreux, nombreux pores très fins (1mm).

BPs 70- 80 cm

Sec - Sableux à sable fin - Brun jaunâtre clair - Matière organique et oxydes de fer complexés revêtant les constituants minéraux - Structure massive - Compact - Racines fines, horizontales, très peu nombreuses - Poreux, nombreux pores très fins (1mm).

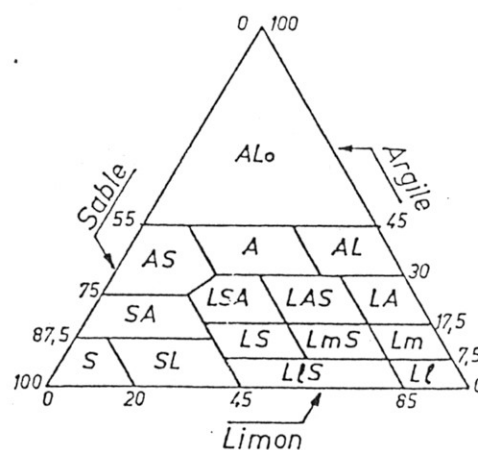
M 80- 200 cm et plus

Sec - Sableux à sable fin - Blanc - Structure massive peu nette à particulaire - Meuble - Racines moyennes, très peu nombreuses - Poreux.

Analyses

Horizon	granulométrie (%)					Dapp g cm ⁻³
	A	Lf	Lg	Sf	Sg	
A1	2,0	3,1	4,7	84,3	6,0	1,3
A2	2,4	3,4	4,0	84,6	5,5	1,35
E	1,6	4,7	4,1	80,9	8,7	1,4
Bph	2,2	3,0	0,9	88,4	5,5	1,6
Bps	1,7	3,0	0,7	88,5	6,1	1,55
M	0,3	1,6	0,0	95,0	3,1	1,45

Horizon	Corg (%)	CaCO ₃ (%)	pH	CEC	Ca _{ech}	Mg _{ech}	K _{ech}
				(cmole kg ⁻¹)			
A1	4,5	0	4,6	12,1	3,8	0,46	0,14
A2	1,2	0	4,6	5	0,9	0,1	0,03
E	0,4	0	5,7	3,6	1,2	0,09	0,03
Bph	0,8	0	5,2	4,8	1,4	0,1	0,03
Bps	0,8	0	5,1	4,3	0,5	0,03	0,02
M	0,1	0	6,1	2,4	0,6	0,05	0,02



Pas de variante sous culture dans la zone de prélèvement

1- Rétention de l'eau par les sols

1.1 Introduction

La quantité d'eau stockable par le sol et pouvant être mobilisée par les racines des plantes est la réserve utile :

$$RU_{(\text{horizon})} = e \times \rho_a / \rho_{\text{eau}} \times (\omega_{\text{CR}} - \omega_{\text{PFP}}) \times (100 - EG) / 100$$

avec:

$RU_{(\text{horizon})}$ en mm

e = épaisseur de l'horizon en mm

ρ_a , masse volumique apparente de l'horizon (ou densité apparente de l'horizon) et ρ_e masse volumique de l'eau en g cm^{-3}

ω_{CR} , teneur en eau à la capacité au champ (g d'eau g^{-1} de sol sec)

ω_{PFP} , teneur en eau au point de flétrissement permanent (g d'eau g^{-1} de sol sec)

EG = éléments grossiers (en % volume)

Pour un sol, on calcule la somme des réserves utiles des horizons sur toute la profondeur explorée par les racines.

Le potentiel de l'eau à la capacité de rétention est égal à pF 2,5 ; celui au point de flétrissement permanent est de pF4,2.

Les sols étudiés ici ne contiennent pas d'éléments grossiers (> 2mm).

1.2. Matériel et méthodes

On a établi la courbe potentiel matriciel-teneur en eau pour des échantillons de certains horizons des sols étudiés. Pour cela, on soumet les échantillons de sol à différents potentiels matriciels (en utilisant des « plaques de succion »), puis on mesure leur teneur en eau par référence à la masse de l'échantillon séché à 105°C.

1.3 Résultats

cf courbes et tableau suivant

1.4 Questions

- Déterminez graphiquement la quantité d'eau utile en g/g de sol pour les deux horizons du sol que vous étudiez (Figure 1) (cf tableau 1)

- Quelles caractéristiques des horizons vous permettent d'expliquer les courbes de rétention de l'eau obtenues?

- Calculez à l'aide de ces données et des valeurs indiquées dans le tableau 1, les réserves utiles par horizon (en g/cm³) et pour la profondeur explorée par les racines (en mm).

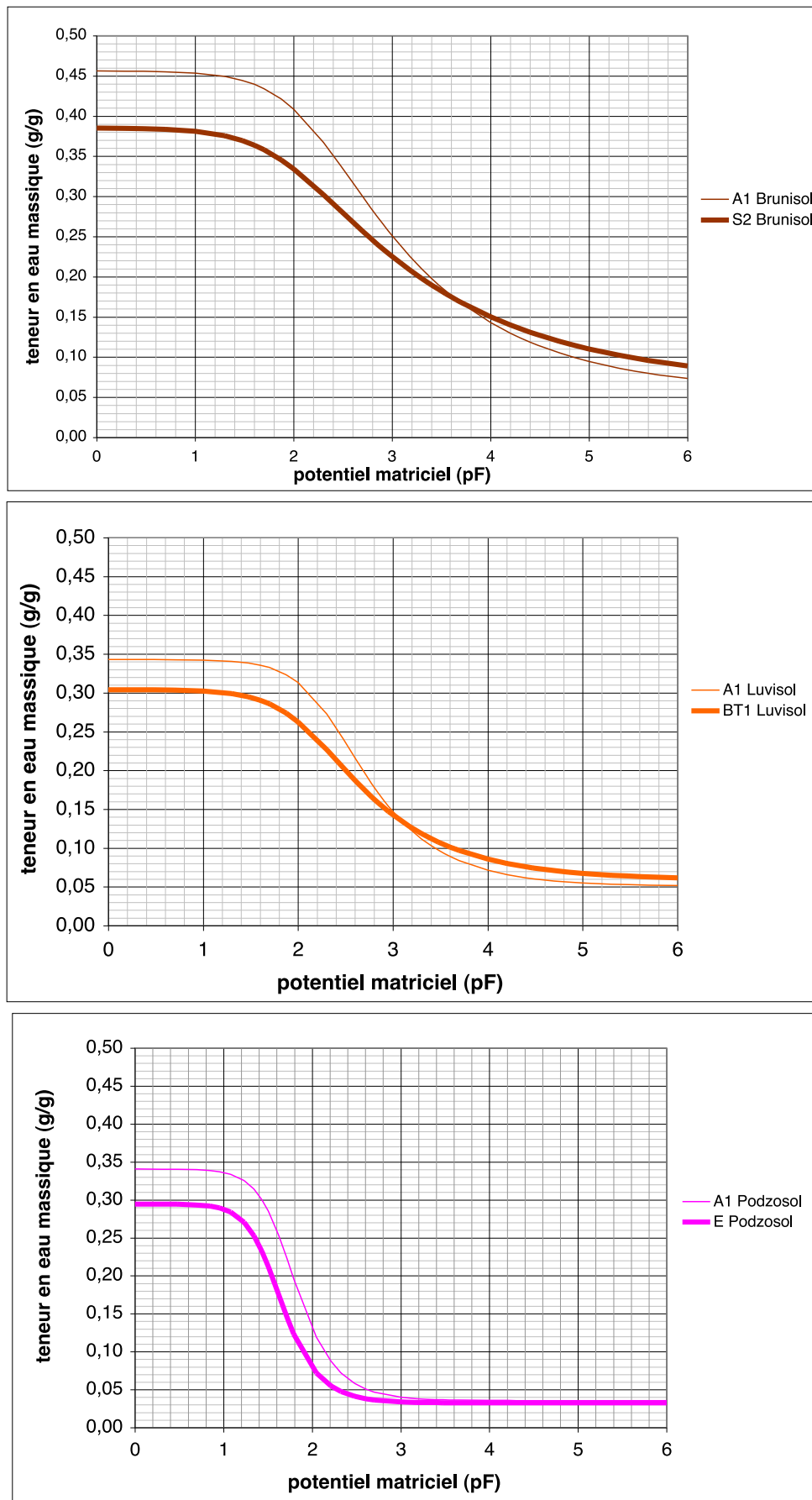


Figure 1. Courbes de rétention d'eau pour deux horizons par profil étudié.

Tableau 1. Réserve utile des sols

Brunisol				Luvisol				Podzosol			
horizon	RU (g/g)	RU (g/cm3)	RU (mm)	horizon	RU (g/g)	RU (g/cm3)	RU (mm)	horizon	RU (g/g)	RU (g/cm3)	RU (mm)
A1				A1				A1			
A2		0,23	22,6	A2		0,22	43,9	A2		0,01	1,4
S1		0,21	21,3	E		0,20	41,0	E			
S2				E+BT		0,19	28,7	Bph		0,00	0,2
M		0,19	37,4	BT1				Bps		0,00	0,2
				BT2		0,17	35,2	M		0,00	1,7
				M		0,17	33,7				
profondeur racines :				profondeur racines :				profondeur racines :			
RU totale (mm) :				RU totale (mm) :				RU totale (mm) :			

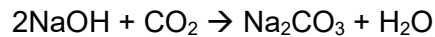
2- Activité biologique et transformation de la matière organique

2.1 Introduction

On abordera ici le fonctionnement biologique des sols en comparant l'abondance des microorganismes, la minéralisation du carbone du sol dans différents horizons des trois sols étudiés

2.2 Matériel et méthodes

Les échantillons de sols provenant des différents horizons ont été tamisés à 5 mm et ajustés $pF = 2.5$ avant d'être incubés pendant 91 jours à l'obscurité et à $20^{\circ}C$ dans des bocaux hermétiques en présence d'eau pour maintenir une humidité constante et de soude pour piéger le CO_2 dégagé selon la réaction :



La soude a été changée régulièrement au cours du temps pour éviter tout phénomène de saturation. Trois répétitions par traitement ont été réalisées. On mesure ainsi la minéralisation des matières organiques du sol ou minéralisation "basale".



Piégeage statique du CO_2 (NaOH 1N)

Bocal hermétique

Maintien de l'humidité constante (H_2O)

Sol tamisé

Le CO_2 total piégé dans la soude a été analysé par dosage colorimétrique en flux continu sur un Auto analyseur Skalar selon le principe suivant : le CO_2 dissous est volatilisé par addition d'acide sulfurique 1N et injecté dans une solution tamponnée de Na_2CO_3 et $NaHCO_3$ contenant de la phénolphthaléine (indicateur coloré). Le CO_2 provoque une diminution du pH du tampon donc une décoloration de la phénolphthaléine proportionnelle à cette diminution. La décoloration est mesurée à 550 nm au spectrophotomètre.

La biomasse microbienne initiale a été estimée par la méthode de fumigation-extraction (Vance et al, 1987) sur chacun des horizons étudiés. Trois répétitions de 24 g de sol frais ont été fumigées pendant 16h dans des vapeurs de chloroforme (dont le principe actif est la lyse cellulaire). Les échantillons ont été agités pendant 30 mn à 17 tr/mn en présence de 100 ml de K_2SO_4 0.05N, puis centrifugés pendant 10 mn à 5000g. La même extraction a été faite sur 3 échantillons de sol non fumigés. Le carbone organique total a été analysé dans tous les surnageants par combustion et analyse du CO_2 par détection infrarouge (Shimatzu-TOC-5050A). L'extractible microbien (Ec en mg/kg MS) a été calculé par différence entre le carbone organique extrait dans les échantillons fumigés et non fumigés. La biomasse microbienne a été estimée par la relation suivante : $BM = 2.64 Ec$ (Vance et al., 1987).

2.3. Résultats

Tableau 2.

Sol	horizons	Profondeur (cm)	Caractéristiques analytiques				Mesures biologiques	
			teneur en C (g C.kg ⁻¹)	C/N	teneur en argiles (g.kg ⁻¹)	pH	Biomasse microbienne au jour 0 (g C kg ⁻¹ sol)	Minéralisation du C après 91 jours (% du C total du sol)
Brunisol	A1	0-10	49.1 ±9.5	16.0 ±0.4	437 ±15	7.5 ±0.0	1,89 ±0,29	6.91 ±0.39
	A2	10-20	19.8 ±8.0	10.5 ±0.4	455 ±20	7.7 ±0.1	0,71 ±0,32	5.47 ±0.17
	S	20-40	10.5 ±0.57	10.2 ±7.0	454 ±35	7.9 ±0.2	0,31 ±0,12	5.13 ±2.03
Podzosol	A	0-20	159.7 ±24.5	26.3 ±0.9	23 ±10	4.8 ±0.1	3,64 ±0,13	3.33 ±0.37
	E	20-60	14.2 ±1.4	23.7 ±1.0	15 ±3	5.2 ±0.1	0,069 ±0,015	2.61 ±0.53
	Bp	60-80	28.8 ±1.3	25.8 ±0.6	21 ±4	5.1 ±0.0	0,056 ±0,020	1.32 ±0.05
Luvisol	A	0-25	26.9 ±1.1	14.7 ±0.7	160 ±2	5.8 ±0.2	1,08 ±0.04	4.78 ±0.31
	E	25-45	6.1 ±0.4	13.8 ±0.6	146 ±5	4.9 ±0.0	0,24 ±0.01	1.46 ±0.19
	E+Bt	45-60	2.1 ±0.3	8.6 ±1.2	275 ±32	4.9 ±0.1	0,03 ±0.01	1.48 ±1.63
	BT1	60-80	1.6 ±0.0	7.1 ±0.1	365 ±7	5.2 ±0.0	0.02 ±0.00	1.32 ±0.13
	BT2	80-105	1.6 ±0.0	7.2 ±0.2	381 ±22	5.3 ±0.0	0.02 ±0.00	1.36 ±0.24

NB : ce sont les sols décrits en introduction, mais ils ont été prélevés ultérieurement et les nouveaux échantillons analysés également

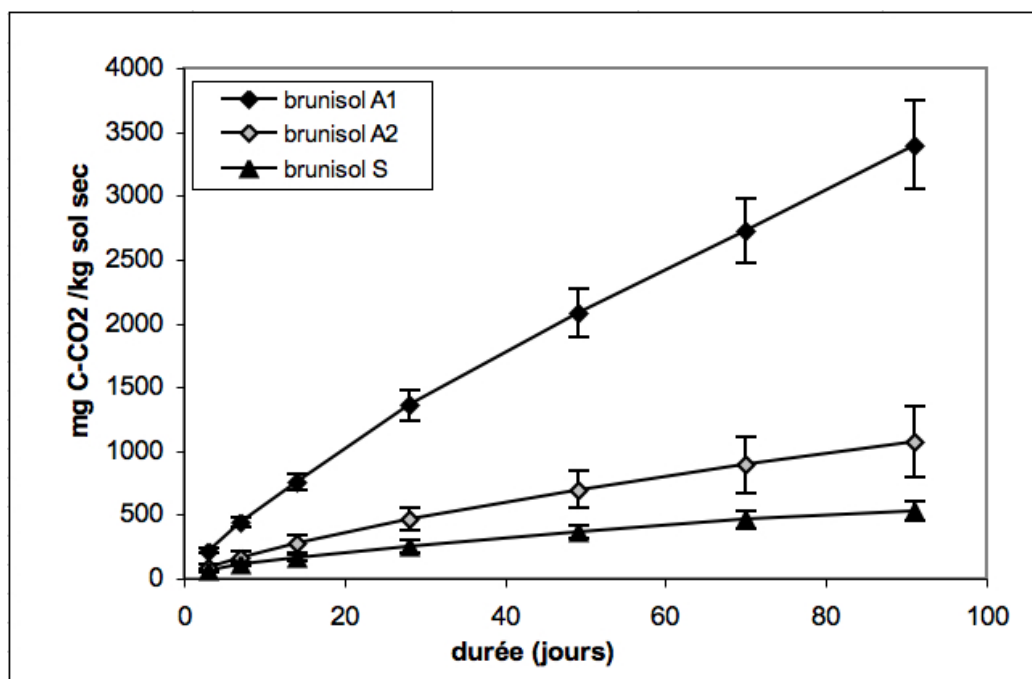


Figure 2. Cinétiques de minéralisation basale dans les différents horizons du brunisol

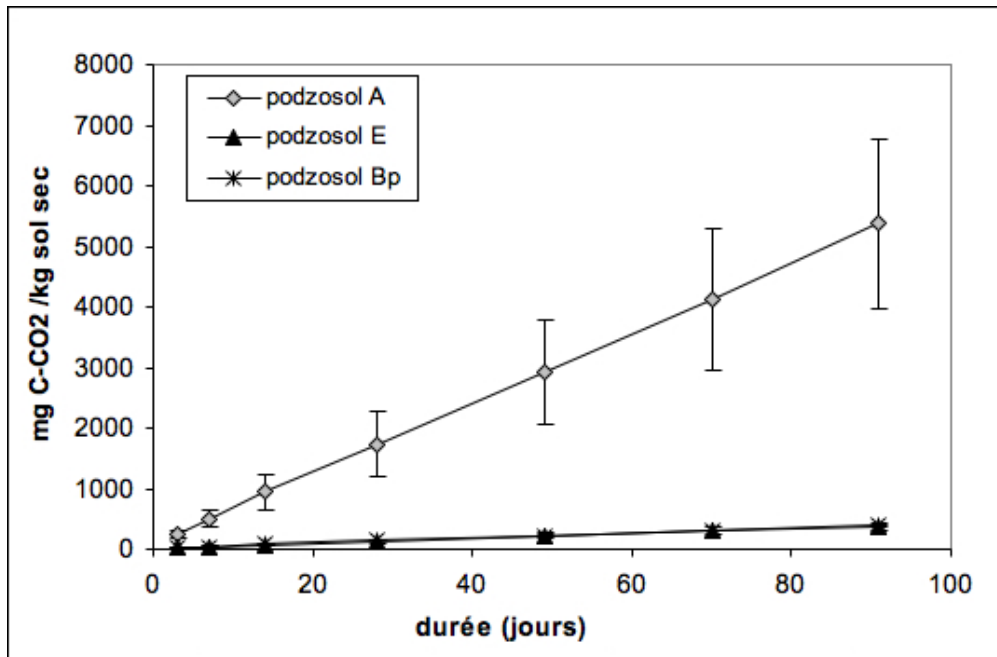


Figure 3. Cinétiques de minéralisation basale dans les différents horizons du podzsol

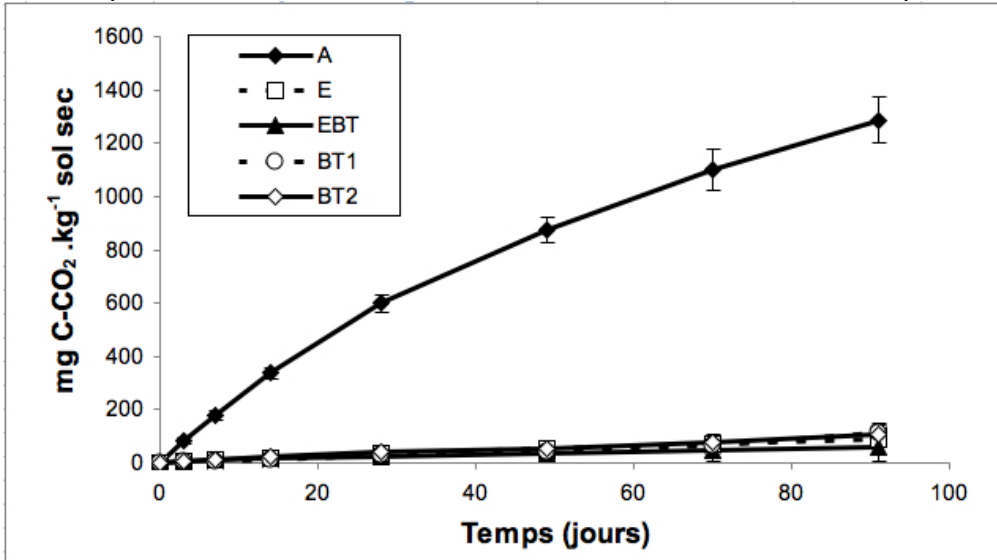


Figure 4. Cinétiques de minéralisation basale dans les différents horizons du luvisol

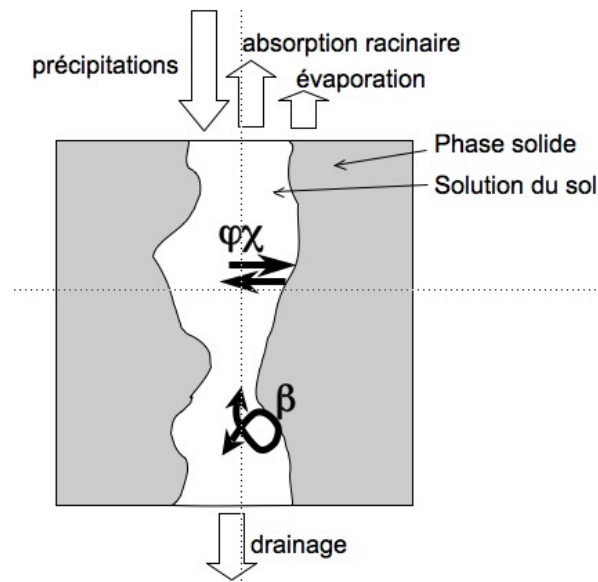
2.4. Questions

- Qu'est ce qui peut expliquer variation de la biomasse microbienne entre les différents horizons du sol ?
- Comparer et expliquer les vitesses de minéralisation basale du carbone des différents horizons du sol

3- Rétention d'ions par les sols

3.1 Introduction

La phase liquide du sol (solution du sol) a un rôle central dans l'alimentation hydrique et minérale des plantes mais aussi dans la qualité des eaux souterraines.



La composition de la solution du sol est largement contrôlée par les échanges entre la solution et la phase solide du sol (constituants minéraux et organiques, organismes vivants). Ces échanges mettent en jeu des processus physicochimiques ($\chi\phi$) comme précipitation- dissolution ou adsorption – désorption et des processus biologiques (β) comme assimilation et minéralisation (Figure 1). Ces équilibres peuvent être déplacés par les exportations en solution (prélèvement par les plantes, drainage), par dilution (précipitations) ou concentration (évaporation)

<- Figure 5. Déterminisme de la composition de la solution du sol

3.2 Matériel et méthodes

Pour étudier la rétention de deux ions : K^+ et NO_3^- , on réalise des expériences de percolation sur de la terre provenant de différents horizons des sols. Chaque horizon fait l'objet d'une expérience de percolation séparée.

Une colonne de terre est humectée jusqu'à saturation en eau par une solution saline contenant différents cations et anions en concentrations connues. La solution à l'équilibre avec la terre est ensuite éluee par de l'eau déminéralisée ; les cations et les anions contenus dans les différents percolats sont dosés.

Pour les différents ions apportés, la quantité retenue par le sol est déterminée en faisant la différence entre la quantité ajoutée, et celle retrouvée dans les différents percolats.

Mise en place de la colonne

Dans un premier temps, on ne place que le sable dans la colonne. Puis on humecte celui-ci avec une solution saline : KNO_3 à 10,36 g/l (ions K^+ + ions NO_3^-)

L'humectation est effectuée lentement à l'aide de la burette

- on introduit la solution saline dans la burette, raccordée au bas de la colonne
- on humecte le sable avec la solution. Lorsque l'eau affleure le niveau supérieur du sable, on note le volume de solution versé = V1
- puis on introduit régulièrement 15 g de terre dans la colonne et on mesure la hauteur de terre ajoutée.
- à l'aide de la burette on humecte la terre jusqu'à saturation (de l'eau libre doit apparaître à la surface de la terre); noter le volume total de solution versée = V2 (ce volume correspond au volume V1 + le volume de saturation de la terre), cf. figure 6.
- on laisse en contact environ 20h.

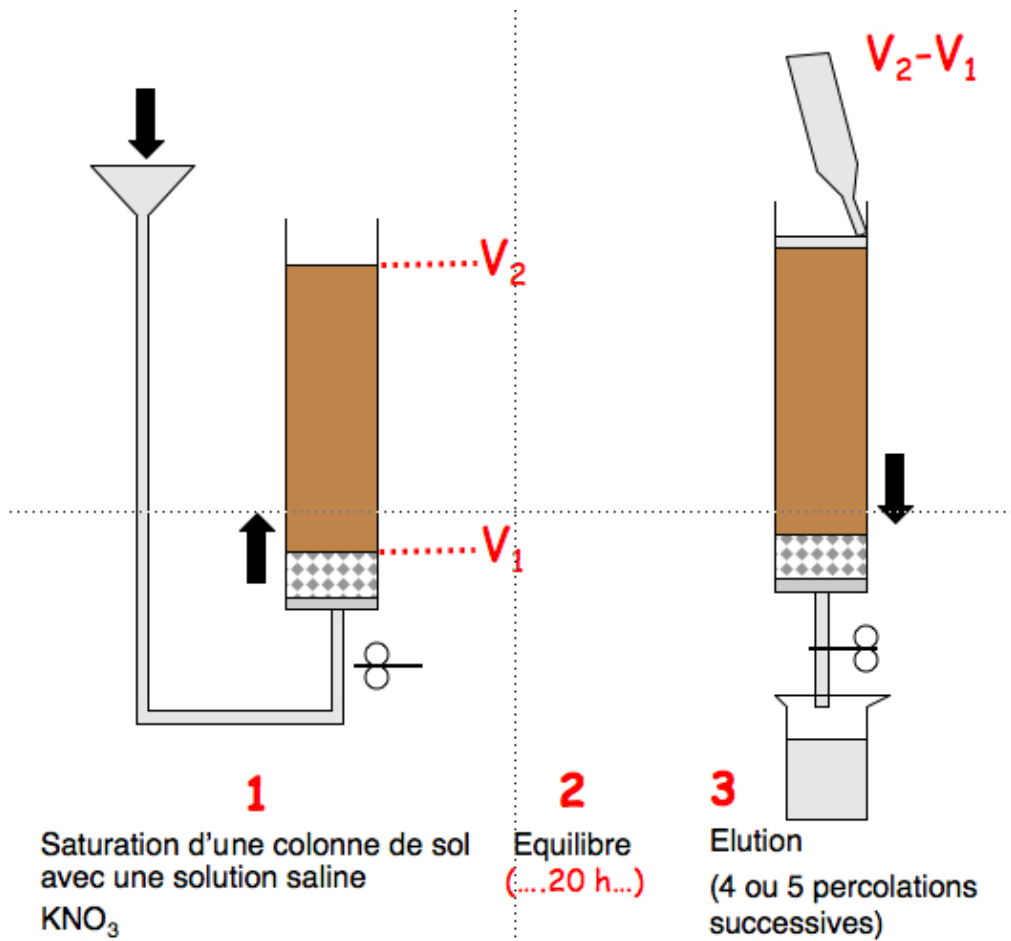


Figure 6. Schéma général de l'expérimentation

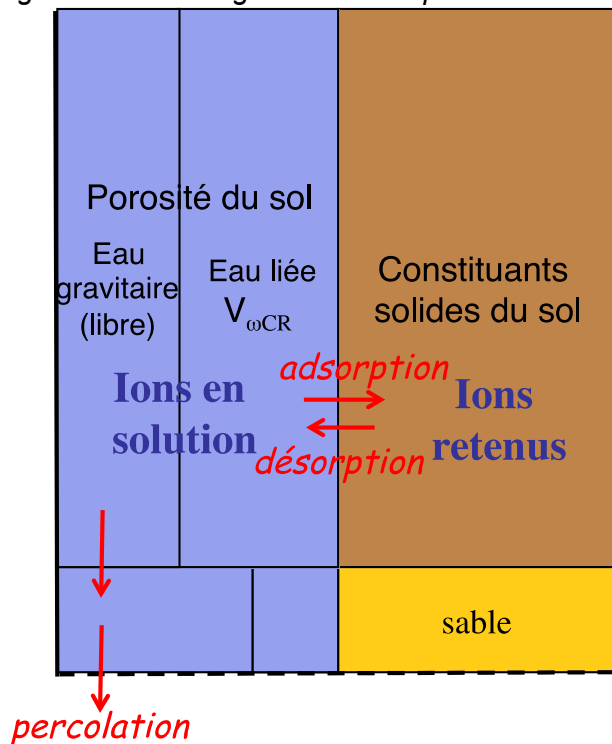


Figure 7. Schéma de répartition de la solution du sol dans les différents compartiments de la colonne

Elution des ions présents dans la colonne :

- La colonne est soumise à différentes percolations avec de l'eau déminéralisée.
- A l'aide d'une pipette, on ajoute au-dessus de la terre un volume d'eau déminéralisé égal à V2-V1.
- On fait percoler lentement dans un pilulier. La percolation est arrêtée lorsque l'eau affleure le niveau supérieur de la colonne de terre.
- On mesure le volume de solution percolé par pesée.
- On laisse le système s'équilibrer pendant 1/2h et on renouvelle la percolation comme précédemment.

Suivant les terres étudiées, 4 ou 5 percolations sont effectuées

Dosage des ions contenus dans les percolats

Les ions nitrates sont dosés par spectrophotométrie d'absorption de la lumière dans le visible et les ions potassium par spectrophotométrie d'émission.

3.3 Résultats

	Podzosol				Luvisol				Brunisol			
Horizons étudiés (profondeurs en cm)	A1	E	Bps	M	A1	E	E+BT	BT2	A1	A2	S2	M
Volume de terre ajoutée (mL)	14,8	11,6	11,4	10,7	14,8	14,1	12,6	13,9	15,6	14,5	14,3	13,4
Masse volumique apparente de la terre (g cm ⁻³)												
Volume d'eau pour saturer le sable : V1 (mL)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Volume d'eau pour saturer le sable+la terre: V2 (mL)	13,3	10,1	9,9	9,2	13,3	12,6	11,1	12,4	14,1	13,0	12,8	11,9
Volume d'eau pour saturer la terre : Vsat (mL)												
Volume d'eau à la capacité de rétention : Vcr (mL)												
Volume d'eau gravitaire : Vlib (mL)												

NB : On utilise les valeurs de teneur en eau à la capacité de rétention déterminées précédemment (TD 6)

	Podzosol				Luvisol				Brunisol			
horizon	A1	E	Bps	M	A1	E	E+BT	BT2	A1	A2	S2	M
ωCR (g eau/g sol)	0,07	0,07	0,04	0,03	0,24	0,22	0,28	0,20	0,34	0,32	0,30	0,28

Tableau 4 : Résultat des percolations. Les quantités percolées sont reportées **en mg d'élément** par colonne

Podzosol	Potassium				Azote				
n°	A1	E	BPs	M	n°	A1	E	BPs	M
1	35,2	23,6	23,0	22,0	1	14,4	9,2	9,1	6,7
2	8,1	9,7	8,6	8,2	2	3,3	4,9	4,7	4,4
3	1,6	1,3	1,8	3,7	3	1,3	0,3	0,4	1,3
4	0,9	0,4	1,0	1,4	4	0,3	0,1	0,2	0,2
5	0,5	0,3	0,7	1,0	5	0,2	0,1	0,2	0,2
Total	46,3	35,3	35,1	36,3	Total	19,7	14,6	14,6	12,8

Luvisol	Potassium				Azote				
n°	A1	E	E+BT	BT2	n°	A1	E	E+BT	BT2
1	22,4	25,4	22,3	17,9	1	11,0	12,5	9,5	11,6
2	7,1	6,3	6,8	5,1	2	4,5	3,6	3,1	4,4
3	4,2	2,2	2,4	2,0	3	3,0	1,8	1,0	1,3
4	3,0	1,4	1,7	1,5	4	1,4	1,0	0,6	0,9
5	2,2	0,9	0,7	0,8	5	0,6	0,5	0,3	0,4
Total	38,9	36,2	33,9	27,3	Total	20,4	19,4	14,6	18,7

Brunisol	Potassium				Azote				
n°	A1	A2	S2	M	n°	A1	A2	S2	M
1	16,9	15,8	20,1	18,3	1	9,8	10,4	10,0	9,5
2	7,6	6,1	4,4	4,6	2	6,4	3,7	5,7	5,1
3	2,8	2,9	1,5	2,2	3	1,5	2,1	1,4	1,7
4	3,5	2,2	1,4	1,0	4	2,0	1,4	1,4	0,4
5	1,6	1,5	0,7	0,9	5	1,7	0,7	0,5	0,4
Total	32,3	28,5	28,1	27,0	Total	21,3	18,2	19,1	17,0

3.4 Questions

a) Remplir le tableau 3.

b) Etablir le bilan : Entrées (Qi) - Sorties (Qp) pour chaque **élément**.

Qi : quantité initiale ajoutée = $C_i \times V_2$

Qp : quantité totale d'éléments percolée

En déduire le % retenu = $Q_r / Q_i \times 100$ pour chaque élément.

(M molaire M(K) = 39 ; M(N) = 14 ; M(O) = 16)

Représenter pour chaque sol et chaque horizon, les quantités d'éléments (K, N) retenus pour chacun des ions, exprimées en pourcentage, sous la forme d'histogramme (Figure 8).

c) représenter la quantité de K⁺ retenue par rapport à la CEC et à la teneur en argiles de l'horizon (Figure 9).

d) Discuter les différents résultats obtenus, pour chaque horizon par rapport aux caractéristiques physiques et chimiques des sols : nature, proportion, propriétés des constituants.

Figure 8. Rétention des éléments

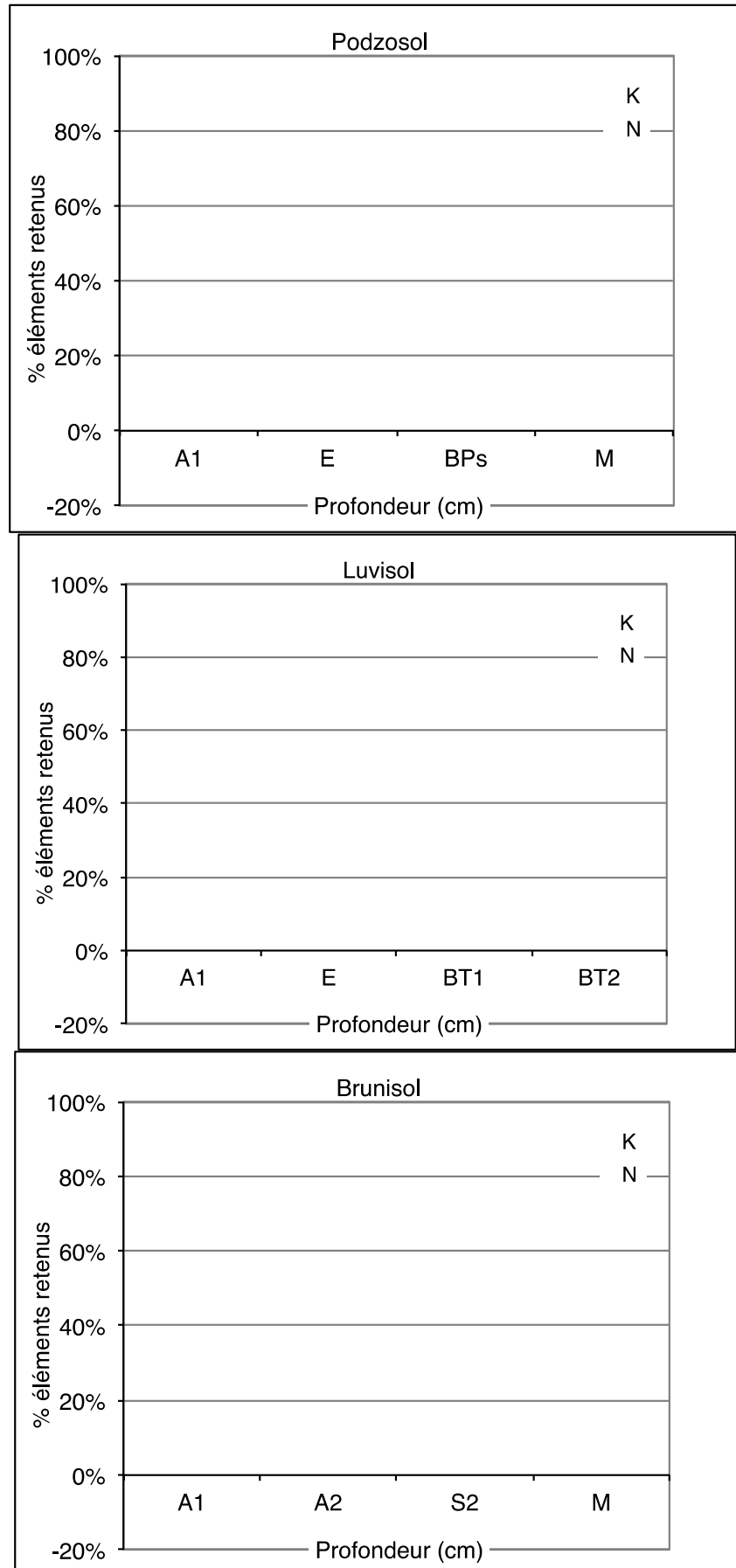
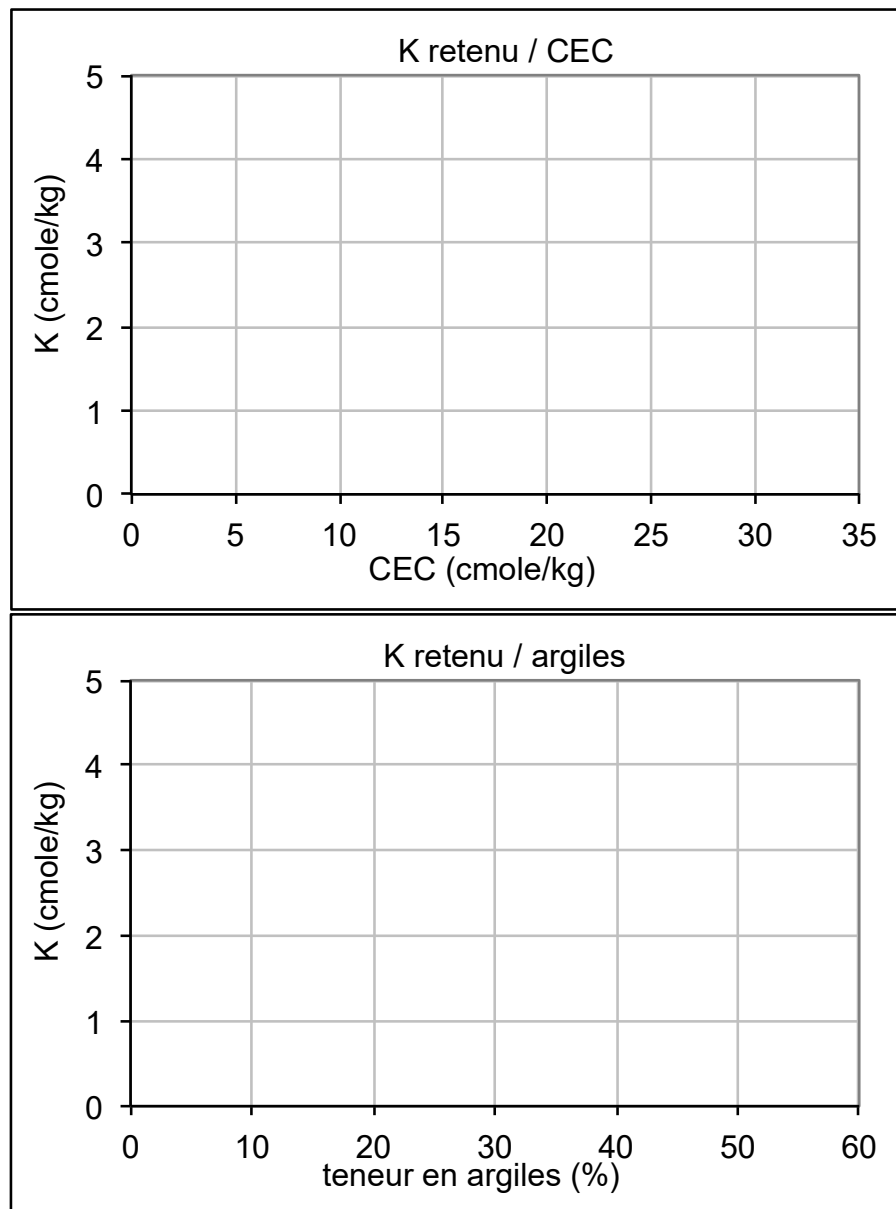


Figure 9 Relations entre la rétention du potassium et les caractéristiques de l'horizon



Rétention d'eau : représentez graphiquement les volumes d'eau retenue et gravitaire

