

SESSION 2022

AGRÉGATION

CONCOURS EXTERNE SPÉCIAL

Section

**SCIENCES DE LA VIE,
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

ÉTUDE DE DOSSIER SCIENTIFIQUE

Durée : 4 heures

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout autre dictionnaire et de tout matériel électronique (y compris la calculatrice) est rigoureusement interdit.

- *Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence.*
- *De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.*

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

Le sol : un système dynamique et fragile en interaction avec les enveloppes terrestres

Vous montrerez comment le sol est à la fois le support dynamique des écosystèmes terrestres, siège de processus biologiques et géologiques ainsi que les modalités de son évolution au cours du temps en interaction avec les différentes enveloppes terrestres, tout en abordant la place et les conséquences des activités humaines dans l'ensemble de ces processus. Au cours de votre exposé, il est demandé d'explicitier clairement les flux qui existent au sein du sol ou entre le sol et les enveloppes qui l'entourent.

En vous basant sur le dossier scientifique proposé et vos connaissances, vous traiterez le sujet proposé ci-dessus dans une dissertation construite, raisonnée et argumentée. L'exposé comprendra obligatoirement :

- une version retravaillée en français et adaptée à un public de l'enseignement secondaire d'une des figures du dossier,
- un glossaire de 10 mots-clés, dont vous donnerez les définitions.

Le choix de la figure didactisée, des mots-clés du glossaire et la rigueur de leurs définitions seront évalués. Le dossier scientifique comporte 10 documents tirés de références scientifiques. Les termes ambigus, acronymes et termes anglais non usuels ont été définis ou traduits. Les légendes des documents ont été conservées telles que dans la figure originale à l'exception des éventuels renvois à d'autres figures ou tableaux.

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.
Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

Concours

EAD

Section/option

1600D

Epreuve

109

Matière

8085

Document 1 :

Altération de la roche-mère, exemple d'un granitoïde.

Source : Microbial chemolithotrophy mediates oxidative weathering of granitic bedrock, Napieralski et al. (2019), PNAS 116 (52) 26394-26401



Fig. 1A. Roadcut exposure of the Rio Blanco quartz diorite, used for illustrative purposes to conceptualize the subsurface weathering system (*système d'altération*) at Guaba Ridge within the Rio Icacos watershed (*bassin versant*) of the Luquillo critical Zone Observatory in Puerto Rico. The rindlet zone (*couronne d'altération*), approximately delineated between the solid line (bedrock-rindlet interface) and the dashed line (rindlet-saprolite interface), overlies the corestones of bedrock and is the zone of active weathering targeted in this study. (Scale bar, 10 cm).

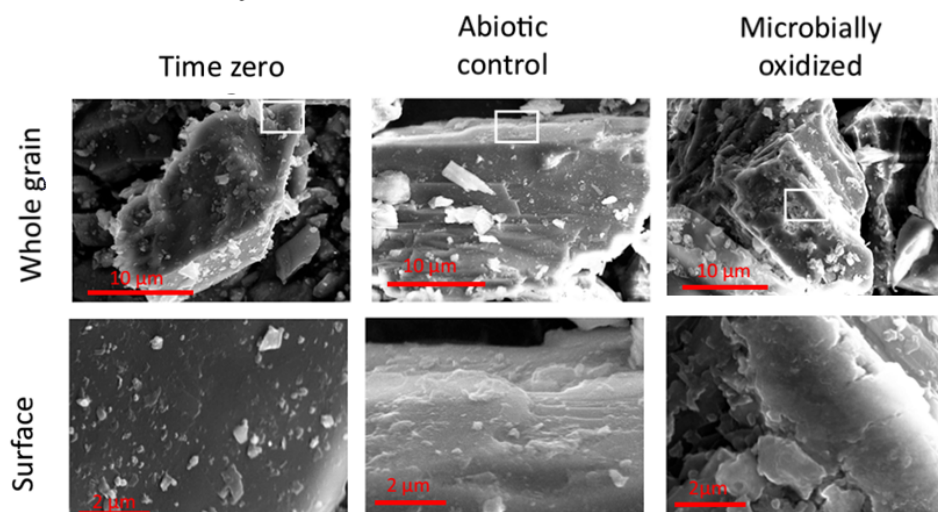
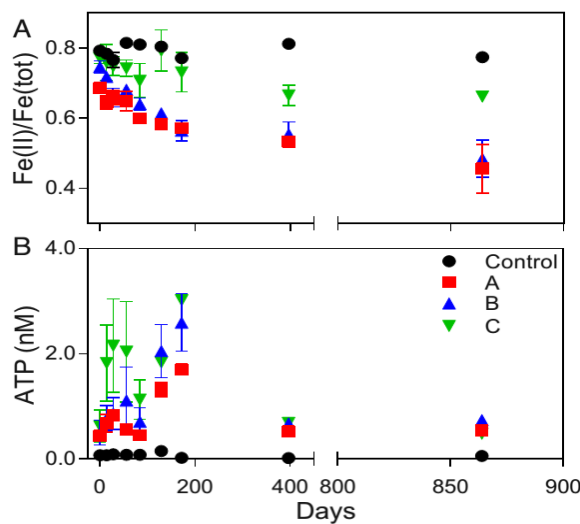


Fig. 1C. FE-SEM images of hornblende at the whole-grain scale (upper) and surface scale (lower). Note the differences in scale on whole-grain images, as individual grain sizes are variable. For consistency, surface images are at the same scale. The approximate area of the hornblende surfaces is outlined in white on the grain-scale image.

Document 2 :

Les transformations microbiennes de composés azotés.

Source : The microbial nitrogen-cycling network, Kuypers et al. (2018), Nature Reviews Microbiology, 16, 263–276

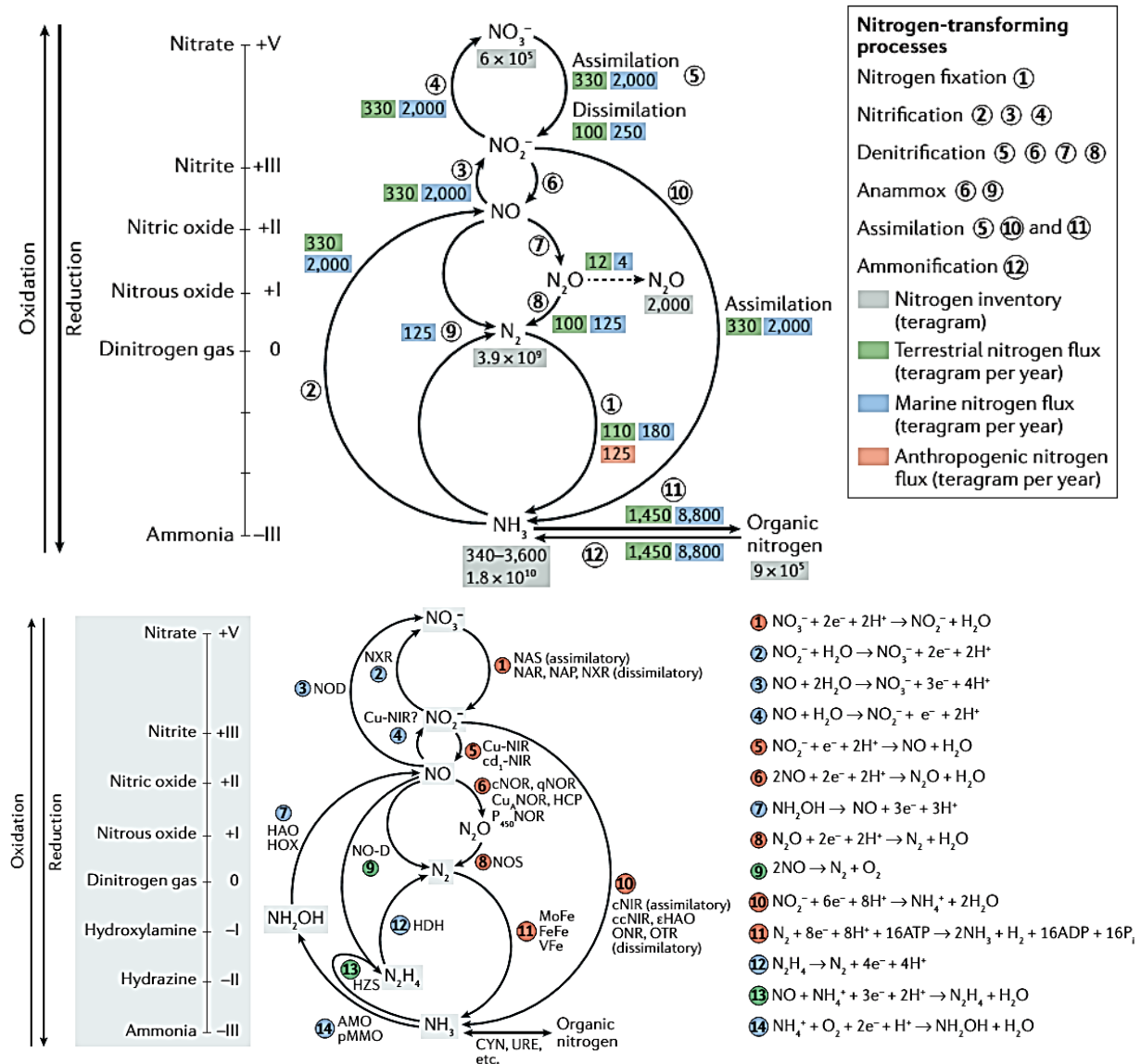


Fig.2 | Microbial transformations of nitrogen compounds. Microorganisms carry enzymes that perform 14 redox reactions involving 8 key inorganic nitrogen species of different oxidation states (enzyme-bound intermediates and their redox states are not shown). The interconversion of ammonia and organic nitrogen does not involve a change in the redox state of the nitrogen atom. The reactions involve reduction (red), oxidation (blue) and disproportionation and comproportionation (green). The following enzymes perform the nitrogen transformations: assimilatory nitrate reductase (NAS, *nasA* and *nirA*); membrane-bound (NAR, *narGH*) and periplasmic (NAP, *napA*) dissimilatory nitrate reductases; nitrite oxidoreductase (NXR, *nxrAB*); nitric oxide oxidase (NOD, *hmp*); haem-containing (*cd*₁-NIR, *nirS*) and copper-containing (Cu-NIR, *nirK*) nitrite reductases; cytochrome c-dependent (cNOR, *cnorB*), quinol-dependent (qNOR, *norZ*) and copper-containing quinol-dependent nitric oxide reductases (Cu_ANOR); NADH-dependent cytochrome P₄₅₀ nitric oxide reductase (P₄₅₀NOR, *p450nor*); flavo-diron nitric oxide reductase (NORvw, *norVW*); hybrid cluster protein (HCP, *hcp*); hydroxylamine oxidoreductase (HAO, *hao*); hydroxylamine oxidase (HOX; *hox*); nitrous oxide reductase (NOS, *nosZ*); nitric oxide dismutase (NO-D, *norZ*); assimilatory nitrite reductase (cNIR; *nasB* and *nirB*); dissimilatory periplasmic cytochrome c nitrite reductase (ccNIR, *nrfAH*); ε-hydroxylamine oxidoreductase (εHAO; *haoA*); octahaem nitrite reductase (ONR); octahaem tetrathionate reductase (OTR); molybdenum-iron (MoFe, *nifHDK*), iron-iron (FeFe, *anfHGDK*) and vanadium-iron (VFe, *vnfHGDK*) nitrogenases; hydrazine dehydrogenase (HDH, *hdh*); hydrazine synthase (HZS, *hzsCBA*); ammonia monooxygenase (AMO, *amoCAB*); particulate methane monooxygenase (pMMO, *pmoCAB*); cyanase (CYN, *cynS*); and urease (URE, *ureABC*).

Document 3 :

Propriétés et communautés microbiennes d'un sol selon différents traitements.

Source : Changes in soil microbial activity, bacterial community composition and function in a long-term continuous soybean cropping system after corn insertion and fertilization, Rao et al. (2021), Front. Microbiol., 12, 638326

Les expériences suivantes ont été conduites à la station expérimentale de Gongzhuling à l'Académie des Sciences Agricoles de Jilin, en Chine, de 2012 à 2017. Pendant les dix années qui ont précédé les expériences, les champs ont été utilisés pour la culture de soja. Le climat de la région est un climat continental tempéré avec régime de moussons. Les précipitations annuelles sont de 450 à 600 mm, 80 % des précipitations totales ont lieu durant la saison de croissance des plants entre Avril et Septembre. La température moyenne annuelle est de 5-6°C.

Un champ a été découpé en parcelles sur lesquelles il y a eu soit une culture de soja sur toute la durée de l'expérimentation, soit une culture de soja suivie d'un an de culture de maïs, soit une culture de soja suivie de deux ans de culture de maïs. La moitié des parcelles a reçu des engrais chimiques pendant l'expérimentation, l'autre moitié servant de contrôle. Les engrais ont été ajoutés chaque année après la récolte. L'ajout d'engrais contenant de l'azote N, du phosphore P ou du potassium K a été réalisé aux concentrations respectives de 150, 75 et 75 kg ha⁻¹ an⁻¹.

Abréviations utilisées dans le document 3 :

AVK, available potassium; AVN, available nitrogen; AVP, available phosphorus; CCS, soybean followed 2-year corn system; CCSb, soybean followed 2-year corn system with no fertilization; CCSF, soybean followed 2-year corn system with fertilization; CS, soybean followed 1-year corn system; CSb, soybean followed 1-year corn system with no fertilization; CSF, soybean followed 1-year corn system with fertilization; DOC, dissolved organic carbon; MBC, microbial biomass carbon; NH₄⁺-N, ammonium nitrogen; NO₃⁻-N, nitrate nitrogen; Smb, soybean continuous cropping with no fertilization; Sm, soybean continuous cropping; SmF, soybean continuous cropping with fertilization; SOC, soil organic carbon; TN, total nitrogen; WC, water content.

Fig. 3A. Production et propriétés de sols agricoles selon le traitement.

TABLE 1 | Soil properties and productivity among previous corn and fertilization treatment

	Treatment	Sm	CS	CCS	Fertilizer	Corn insertion	Fertilizer*corn insertion
NH ₄ ⁺ -N (mg/kg)	Fertilization	20.4(1.83)a	19.4(1.26)ab	19.3(2.34)ab	ns	ns	*
	No fertilization	16.5(1.18)b	21.3(1.74)a	19.5(1.92)ab			
AVP (mg/kg)	Fertilization	40.9	36.2	34.9	**	**	ns
	No fertilization	20.1	17.7	16.8			
	Mean	30.5(11.6)a	27.0(10.2)b	25.9(9.9)b			
AVK (mg/kg)	Fertilization	142.8	134.5	127.8	*	ns	ns
	No fertilization	123.6	126.2	120.9			
	Mean	133.2(12.6)a	130.4(6.7)ab	124.3(4.7)b			
NO ₃ ⁻ -N (mg/kg)	Fertilization	3.6	4.63	4.48	**	**	ns
	No fertilization	2.87	3.27	3.56			
	Mean	3.24(0.5)b	3.95(0.76)a	4.02(0.55)a			
DOC (mg/kg)	Fertilization	157.3	194.8	207.1	**	**	ns
	No fertilization	117.6	152.2	161			
	Mean	137.4(23.4)b	173.5(25.7)a	184(25.7)a			
SOC (g/kg)	Fertilization	13.5	15.5	15.8	**	**	ns
	No fertilization	11.3	12.7	12.8			
	Mean	12.4(1.25)b	14.1(1.59)a	14.3(1.69)a			
TN (g/kg)	Fertilization	1.58	1.65	1.63	**	ns	ns
	No fertilization	1.25	1.22	1.32			
	Mean	1.42(0.21)a	1.44(0.26)a	1.48(0.19)a			
C:N	Fertilization	8.56	9.43	9.7	ns	*	ns
	No fertilization	9.01	10.43	9.74			
	Mean	8.79(0.79)b	9.93(0.76)a	9.72(0.52)a			
pH	Fertilization	6.13	6.09	6.15	**	ns	ns
	No fertilization	6.48	6.39	6.42			
	Mean	6.3(0.2)a	6.24(0.18)a	6.29(0.16)a			
WC (%)	Fertilization	13.6	13.4	13.2	ns	ns	ns
	No fertilization	11.3	13.5	13.2			
	Mean	12.5(1.4)a	13.5(0.8)a	13.2(1)a			
Yield (kg/ha)	Fertilization	2509	2993	3264	**	**	ns
	No fertilization	2006	2733	3025			
	Mean	2258(294)c	2863(190)b	3144(179)a			
Biomass (kg/ha)	Fertilization	9396	10077	10516	**	**	ns
	No fertilization	7335	8966	9381			
	Mean	8365(1177)b	9522(697)a	9948(704)a			

Data are means (n=3), values in parentheses represent standard deviation of the mean (n=3). Different lowercase letters after values represent significant differences among all treatments based on Duncan's test (P< 0,05). * P<0,05; ** P<0,01.

Fig. 3B. Richesse spécifique bactérienne des sols selon les traitements opérés.

	Treatment	Sm	CS	CCS	Fertilizer	Corn insertion	Fertilizer*corn insertion
Chao1	Fertilization	3127	3048	3073	**	ns	ns
	No fertilization	3345	3315	3295			
Shannon	Fertilization	9.48(0.11)c	9.42(0.03)cd	9.36(0.02)d	**	**	**
	No fertilization	9.71(0.04)b	9.51(0.04)c	9.87(0.07)a			

Data are means (n=3), values in parentheses represent standard deviation of the mean (n=3). Different lowercase letters after values represent significant differences among all treatments based on Duncan's test (P< 0,05). * P<0,05; ** P<0,01.

Fig. 3C. Abondance relative des différents phylums et des différents groupes fonctionnels des sols selon les traitements.

Fig. 3C-1. Abondance relative des différents phylums selon les traitements.

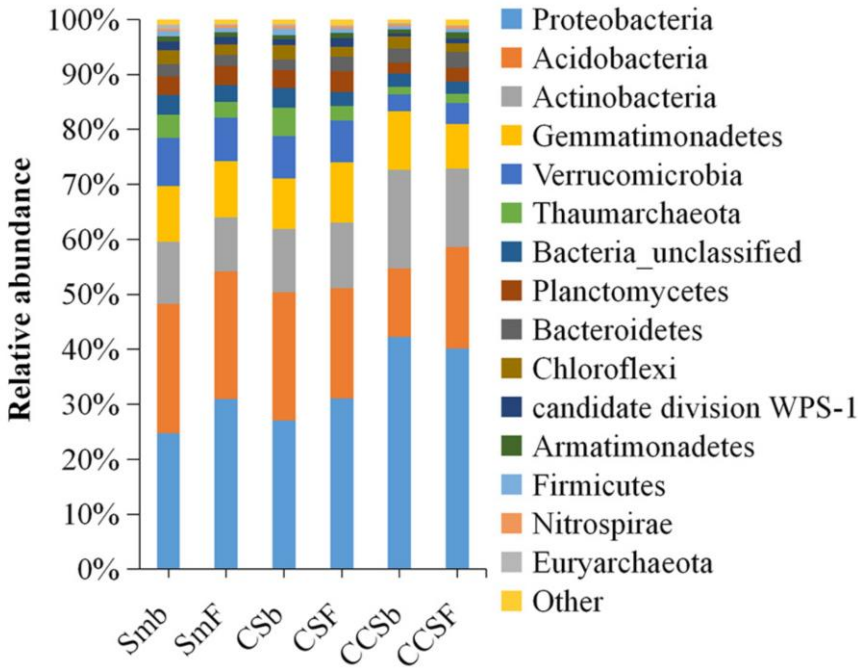
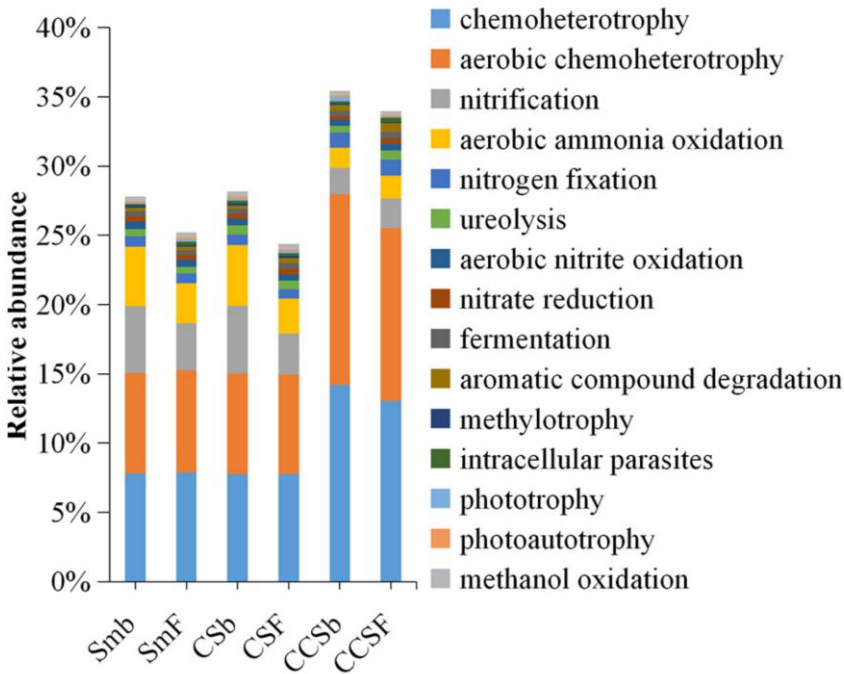


Fig. 3C-2. Abondance relative et diversité des groupes fonctionnels.



Document 4 :
Fosse pédologique de deux sols.

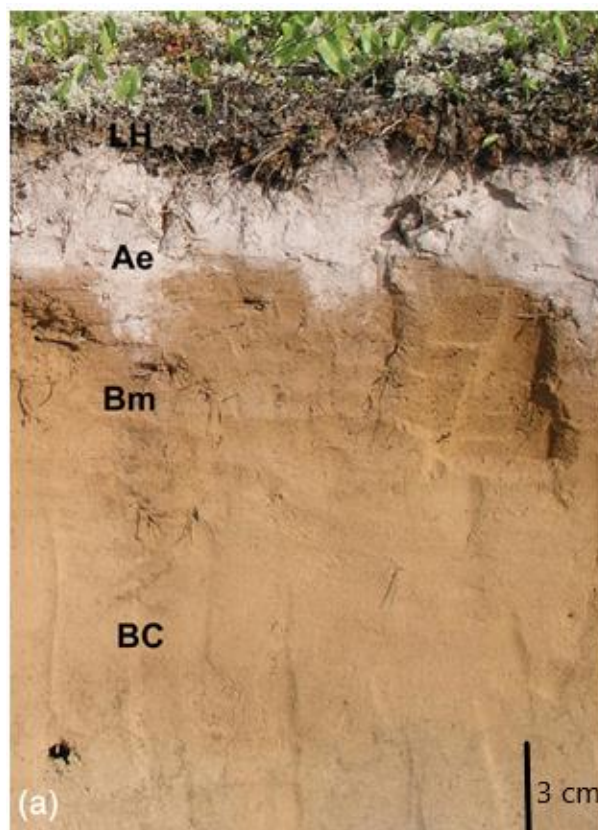
Fig. 4A. Sol calcaire moyennement différencié sur calcaire lacustre (du Rupélien, Oligocène inférieur) à Peyriac-de-Mer, département de l'Aude, France.

Source : Clément Mathieu, <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/sol-epiderme-vivant.xml>



Fig. 4B. Sol brun lessivé sous une forêt de pins au Sakatchewan (Canada).

Source : Brunisolic soils of Canada : Genesis, distribution, and classification, Smith et al. (2011) Canadian Journal of soil science, 91, 695–717



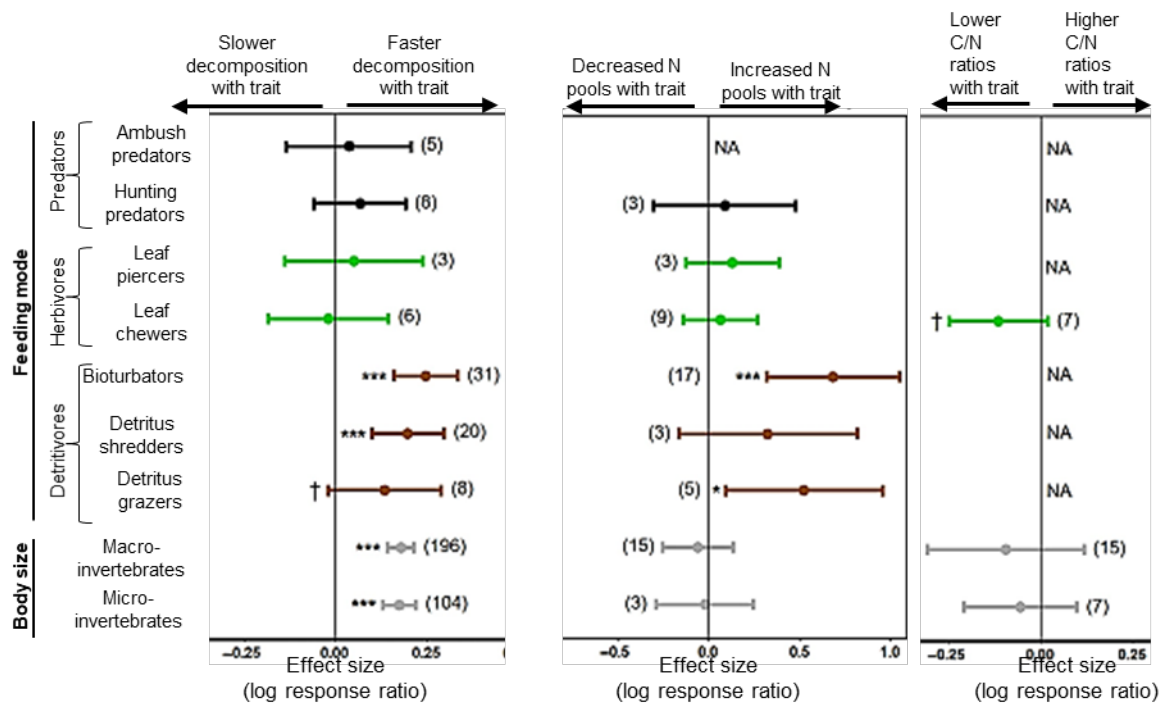
Document 5 :

Méta-analyse sur les relations entre les traits fonctionnels de quelques Métazoaires non-Vertébrés et les flux de matière dans le sol.

Source : Invertebrate functional traits and terrestrial nutrient cycling : insights from a global meta-analysis, McCary et al. (2021), J Anim Ecol 90 (7), 1714-1726

Les résultats présentés correspondent à une méta-analyse de 122 articles. Ils correspondent au logarithme népérien de la valeur moyenne mesurée dans l'article étudié en présence des Métazoaires non Vertébrés sur la valeur moyenne mesurée dans la situation contrôle, en absence de Métazoaires non Vertébrés.

Log response ratio = $\ln (X_{\text{invertébrés}}/X_{\text{contrôle}})$



Mean effect size (log response ratio) of invertebrate traits on litter decomposition (left), nitrogen pools (center) and C/N ratios (right). Means of LRR are shown with 95 % confidence intervals; the number of paired observations analyzed for each functional trait appears in parentheses. (***) indicates $p \leq 0,001$ for the null hypothesis that effect size = 0; (†) denotes $p \leq 0,1$.

Ambush predators : prédateurs embusqués, hunting predators : chasseurs ; leaf piercers : découpeurs de feuilles ; leaf chewers : mâcheurs de feuilles ; bioturbators : bioturbateurs ; detritus shredders : detritivores broyeurs ; detritus grazers : brouteurs détritivores.

Document 6 :

Flux thermiques et températures des sols selon le labour et le paillage.

Fig. 6A. Mean daily heat flux density (Js) averaged across the weekly data at 5-cm depth for different tillage management treatments during 1992 and 1993 growing seasons.

Source : Tillage effects on soil thermal properties in a semiarid cold region, Arshad et al. (1996), Soil Sci. Soc. Am. J. 60, 561-567

Week after planting	1992			1993		
	NT†	MNT	CT	NT	MNT	CT
	MJ m ⁻² d ⁻¹					
1	0.44b‡	0.63a	0.68a	0.35b	0.54a	0.69a
2	0.38b	0.58a	0.66a	0.33a	0.45a	0.51a
3	0.72b	1.11a	1.12a	0.30a	0.50a	0.62a
4	0.64b	0.78a	0.83a	0.22b	0.36a	0.45a
5	1.24b	1.60a	1.72a	-0.20a	0.11a	0.16a
6	1.15b	1.32b	1.63a	0.00b	0.12a	0.25a
7	0.80c	1.10b	1.23a	0.90c	1.30b	1.60a
8	1.12b	1.46a	1.59a	0.32b	0.54a	0.66a
9	0.68b	0.92a	0.99a	0.50c	0.85b	1.20a
10	0.69b	1.05a	1.06a	-0.10a	-0.30a	-0.40a
mean	0.77b	1.06a	1.15a	0.25b	0.45a	0.57a

† NT = no-tillage, MNT = modified no-tillage, and CT = conventional tillage.

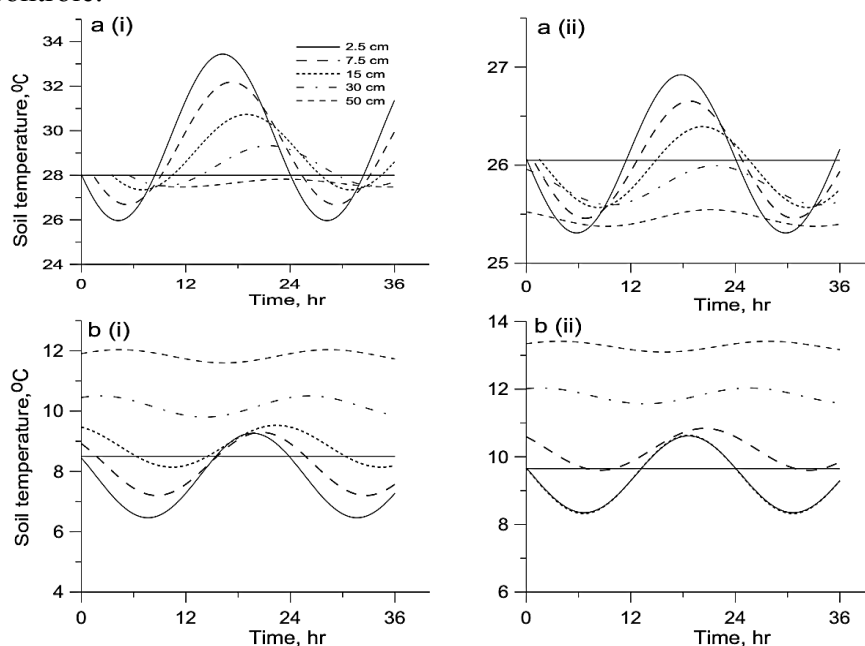
‡ Means for a given year followed by the same letter in the same row do not differ significantly at $P \leq 0.05$.

Les mesures ont été réalisées à Dawson Creek (Canada) lors de la 14^{ème} (1992) ou 15^{ème} (1993) année de culture d'orge (*Hordeum vulgare*) avec ou sans labour (tillage). En absence de labour, les résidus de culture sont laissés sur place (NT) après chaque récolte ou bien ont été regroupés en bandes de 7,5 cm entre les rangées de semis (MNT).

Fig. 6B. Variations de températures dans les sols selon la profondeur lors de la journée la plus chaude et la plus froide de l'année 2011-2012.

Source : Temporal variability and covariance structures of soil temperature in a sugarcane field under different management practices in southern Brazil, Awe et al. (2015), Soil and Till. Res., 150, 93-106

Les travaux ont été menés à la station expérimentale du Département des Sols de l'université fédérale de Santa-Maria, au Brésil. Le climat y est subtropical humide. La culture de canne à sucre étudiée a été découpée en parcelles de 5,6 x 5 m. Après récolte de la canne à sucre, un paillage à partir des résidus non utilisés des cultures est laissé sur le sol (residue mulch treatment) sur une moitié des parcelles, l'autre moitié (no residue mulch treatment) servant de contrôle.



Fitted diurnal soil thermal waves at different soil depths during one of the hottest and coldest days during the (a) summer and (b) winter periods. (i) No residue mulch treatment and (ii) residue mulch treatment.

Document 7 :

Données physico-chimiques issues de l'analyse de particules argilo-humiques d'un sol agricole de Webster, (Arizona, États-Unis).

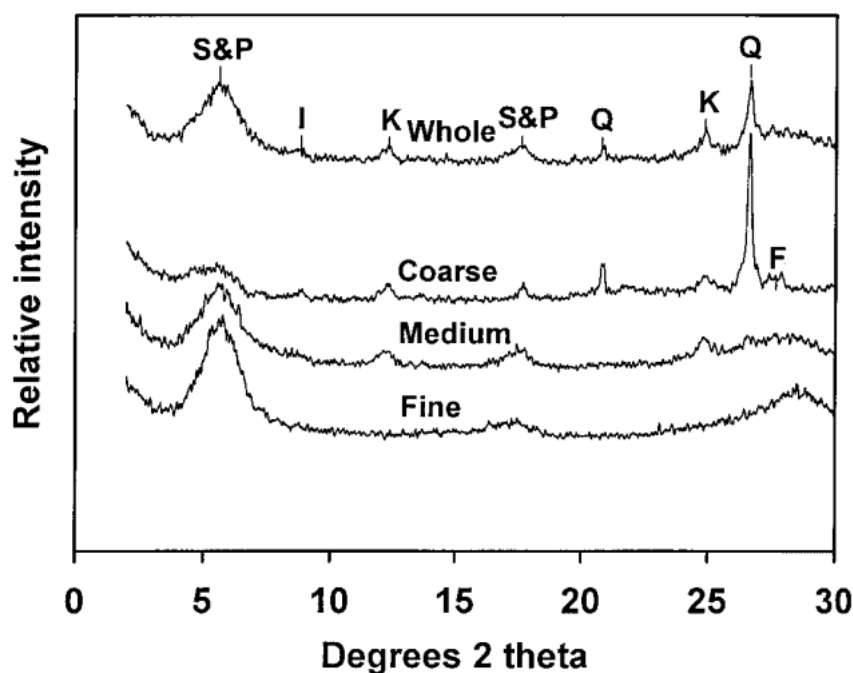
Source : Nature of clay-humic complexes in an agricultural soil, Laird et al. (2001), Sci. soc. Am. J.,65 (5), 1413-1418 & 1419-1425

Whole soil clay fraction (< 2 µm particle-size fraction) was separated by a relatively mild sedimentation technique. Coarse soil clay fraction (0,2-2 µm particle-size fraction), medium soil clay fraction (0,02 – 0,2 µm particle-size fraction) and fine soil clay fraction (< 0,02 µm particle-size fraction) were separated by aggressive sonication-centrifugation technique.

Fig. 7A. Chemical composition of the H₂O₂-treated whole-, coarse-, medium-, and fine-clay (*argile*) fractions isolated from the Webster soil.

Fraction	Al	Ca	Fe	K	Mg	Si	Mn	Zn	Ti
	g kg ⁻¹ oxides								
Whole	104	14.6	63.6	15.9	12.0	301	0.498	0.301	4.45
Coarse	79.8	7.27	27.7	25.7	7.51	347	0.569	0.190	8.23
Medium	122	14.9	68.0	16.8	14.0	280	0.496	0.340	4.39
Fine	105	20.1	93.5	4.27	13.6	284	0.403	0.394	1.35

Fig. 7B. X-ray diffraction (XRD) patterns of H₂O₂-treated clay fractions from the Webster soil. The samples were Ca-saturated, oriented on glass slides, air dried, and analyzed using Cu Kα radiation.



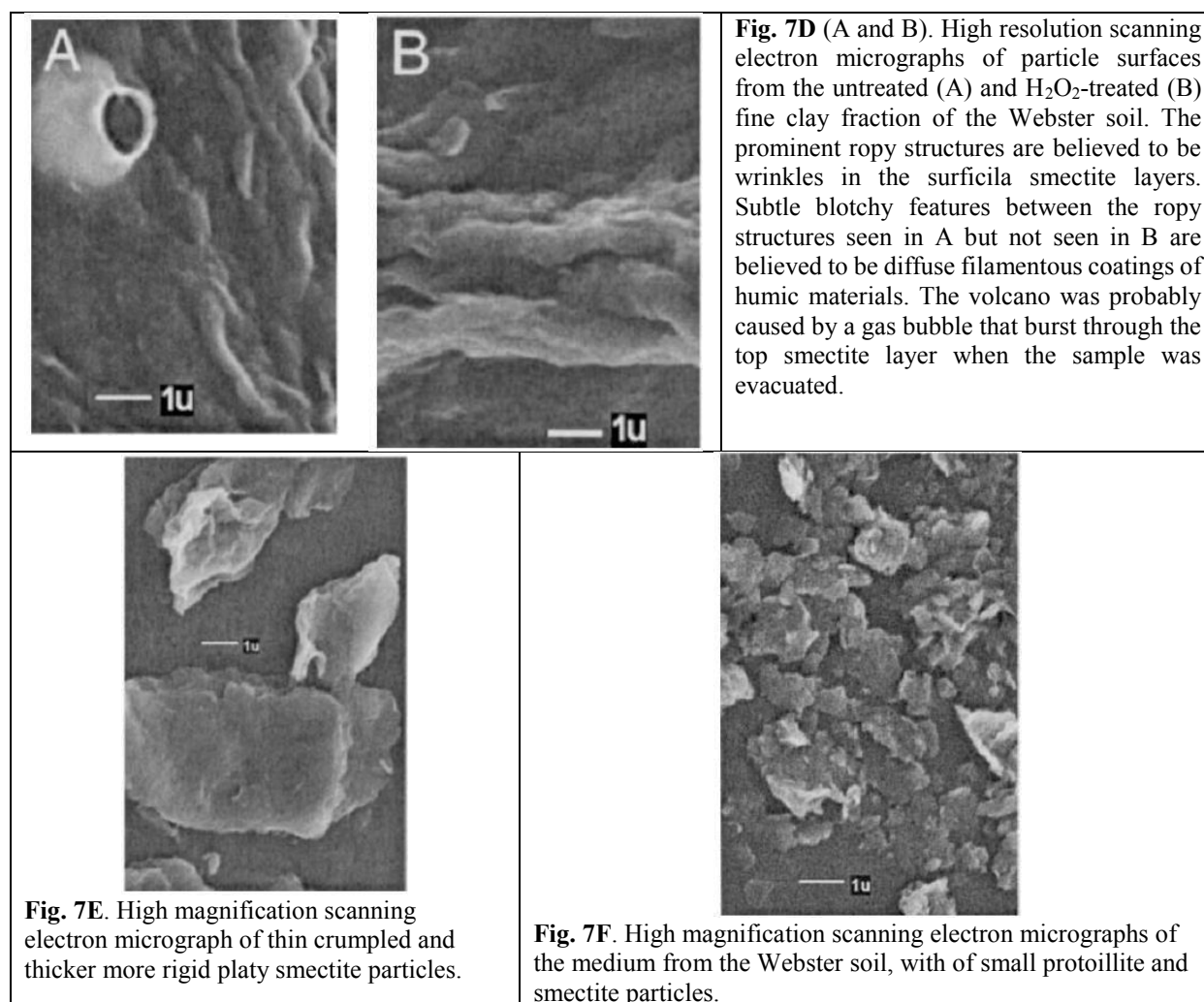
F : feldspath ; I : illite ; K : kaolinite ; P : others phyllosilicate ; Q : quartz ; S : smectite.

Fig. 7C. Biochemistry of organic compounds extracted from the Webster clay fractions.

Table 3. Biochemistry of organic compounds extracted from the Webster clay fractions.

Sample	SUM	Mono-saccharides	Amino sugars	Amino acids	Phenolic acids	Fatty acids
% C (w/w)						
Whole	31.5†	2.3	2.4	14.4	0.2	12.2
Coarse	29.9	1.0	1.1	9.3	0.3	18.3
Medium	33.1	2.2	2.5	13.7	0.2	14.5
Fine	52.0	3.0	3.1	17.1	0.3	28.3
% N (w/w)						
Whole	103.2	–	5.9	97.3	–	–
Coarse	92.9	–	3.6	89.4	–	–
Medium	81.5	–	5.1	76.4	–	–
Fine	97.9	–	6.0	91.9	–	–

† Data are expressed as weight percent C or N relative to the total C or N determined by thermal combustion (Table 2).



Document 8 : Diagramme de Goldschmidt et répartition de quelques éléments rares.

Source : The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks, Goldschmidt (1937), J. Chem. Soc., 655-673

Fig. 8A. Diagramme de Goldschmidt.

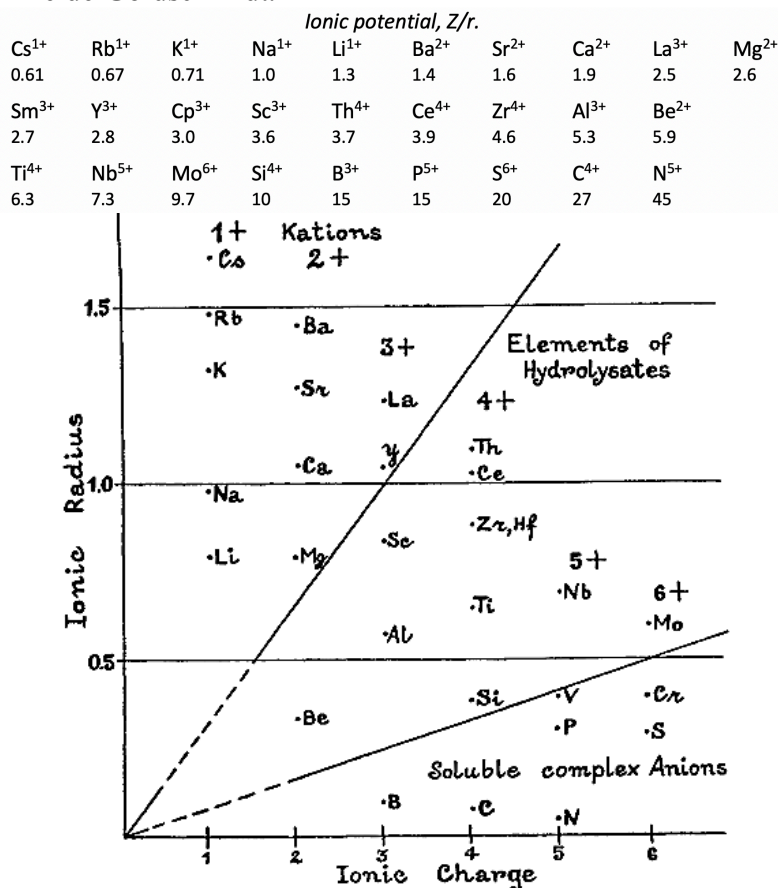


Fig. 8B. Teneur massique en éléments rares de cendres de charbon (ashes of coal) (en g.t⁻¹).

Rare Elements in Ashes of Coal (g. per ton).

Element.	Maximum.	Average of "rich" ashes.	Earth's crust.	Factor of enrichment.	
				Maximum.	Average.
B	3,000	600	3	1000	200
Ge	11,000	500	7	1600	70
As	8,000	500	5	1600	100
Bi	200	20	0.2	1000	100
Be	1,000	300	5	180	50
Co	1,500	300	40	35	8
Ni	8,000	700	100	80	7
Zn	10,000	200	40	250	5
Cd	50	5	0.5	100	10
Pb	1,000	100	16	60	6
Ag	5-10	2	0.1	50-100	20
Au	0.2-0.5	—	0.005	40-100	—
Pt	0.7	—	0.005	120	—
Li	500	—	65	8	—
Sc	400	60	5	80	3-12
Ga	400	100	15	27	7
Y	800	100	31	28	3
Zr	5,000	—	190	28	—
Mo	500	200	15	33	15
In	2	—	0.1	13	—
Sn	500	200	40	13	5
Tl	5	1	0.3	17	3

Fig. 8C. Teneur en oxydes d'humus issu du pourrissement d'un chêne (oak) ou d'un hêtre (beech). L'analyse est faite à partir des cendres issues de la combustion totale des échantillons.

	B ₂ O ₃ .	MnO.	NiO.	GeO ₂ .	As ₂ O ₅ .	Ag.	Au.
Mineral soil (sand)	7	400	20	5	—	—	—
Ash from fresh oak leaves	5,000-10,000	20,000*	50	5	—	—	—
Ash from oak humus	200	2,400	100	70	—	1	—
Ash from beech humus	30	1,400	100	70	500	5	0.5

* Ash from fresh beech leaves; in leaves from the previous year, MnO = 7700 g.

Document 9 :

Effet du couvert végétal et de la bioturbation sur la biodiversité et l'activité biologique d'un sol.

Source : Is the effect of trees on soil properties mediated by soil fauna ? A case study from post-mining sites, Frouz et al. (2013), For. Ecol. Manag., 309, 87-95

Une expérimentation a été menée sur des terrils en République Tchèque sur lesquels ont été plantés soit des aulnes (alder, *Alnus glutinosa* et *Alnus incana*), soit des tilleuls (lime, *Tilia cordata*), soit des chênes (oak, *Quercus robur*), soit des mélèzes (larch, *Larix decidua*), soit des épicéas (spruce, *Picea omorika* et *Picea pungens*), ou des pins (pines, *Pinus concerta* et *Pinus nigra*). Les terrains nommés succession sont des sites où il n'y a pas eu d'implantations et où les saules dominant (*Salix caprea*).

Fig. 9A. Soil and vegetation characteristics of forest stands under study.

Numbers behind \pm symbol are SD. Statistically homogeneous groups of forest stand properties are marked by the same letter (ANOVA, LSD post-hoc test, $p < 0,05$). If no letters are present, ANOVA showed no significant differences between stands.

Parameter	Alder	Lime	Oak	Succession	Larch	Spruce	Pine
Woody species ^a	<i>Alnus glutinosa</i> A <i>incana</i>	<i>Tilia cordata</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Salix caprea</i> (<i>Polulus tremula</i> <i>Betula pendula</i>)	<i>Larix decidua</i>	<i>Picea omorika</i> <i>P.pungens</i>	<i>Pinus concerta</i> <i>P. nigra</i>
Dominant herbs ^b	<i>Calamagrostis epigejos</i> <i>Elytrigia repens</i> <i>Urtica dioica</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i> <i>Fragaria vesca</i>	<i>Festuca ovina</i> <i>Calamagrostis epigejos</i> <i>Fragaria vesca</i>	<i>Deschampsia cespitosa</i> <i>Fragaria vesca</i> <i>Phleum pratense</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i>	<i>Calamagrostis epigejos</i> <i>Rubus idaeus</i>
Height of woods ^b (m)	9.7 \pm 1.2bc	11.3 \pm 1.2c	6.9 \pm 0.7ab	7.3 \pm 1.6ab	15.4 \pm 0.6c	8.9 \pm 1.4abc	5.2 \pm 0.5a
Wood biomass ^b (t/ha)	91.2 \pm 17.2b	90.0 \pm 15.2b	65.2 \pm 7.9ab	34.0 \pm 6.3a	135.2 \pm 11.9c	59.0 \pm 11.5ab	35.5 \pm 6.6a
Herb biomass ^b (g/m ²)	269.3 \pm 126.6	60.6 \pm 60.6	79.4 \pm 137.6	131.4 \pm 113.8	62.3 \pm 62.3	126.9 \pm 219.8	277.5 \pm 194.2
Woody litter ^b (g/m ²)	123.1 \pm 77.4	161.8 \pm 92.2	172.1 \pm 63.1	156.5 \pm 52.2	178.6 \pm 41.8	185.3 \pm 46.0	174.2 \pm 29.6
Fine roots (<2 mm g/m ²)	1064 \pm 296	1547 \pm 845	1735 \pm 859	855 \pm 374	846 \pm 141	1361 \pm 575	1356 \pm 535

Fig. 9B. Soil biota parameters of investigated forest stands described in fig. 9A.

Numbers behind \pm symbol are SD. Statistically homogeneous groups of forest stand properties are marked by the same letter (ANOVA, LSD post-hoc test, $p < 0,05$). Np abbreviation means that Oe layer was not present on these sites.

Parameter	Alder	Lime	Oak	Succession	Larch	Spruce	Pine
Microbial biomass ($\mu\text{g Cmic g}^{-1}$)	402 \pm 110a	562 \pm 260b	240 \pm 91c	175 \pm 51c	237 \pm 100c	187 \pm 64c	299 \pm 103bc
Microbial respiration ($\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	3.3 \pm 1.1c	3.2 \pm 1.8c	3.7 \pm 2.1bc	5.6 \pm 3.6ab	3.6 \pm 1.9bc	5.9 \pm 3.2a	5.5 \pm 2.1ab
Specific respiration ($\mu\text{g C-CO}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ Cmic h}^{-1}$)	8.9 \pm 4.2bc	6.6 \pm 4.3c	16.6 \pm 9.8bc	36.5 \pm 30.0a	15.1 \pm 7.8bc	34.2 \pm 22.6a	20.8 \pm 10.1b
Fungal/bacterial PLFA A horizon	0.02 \pm 0.01a	0.07 \pm 0.03a	0.10 \pm 0.07a	0.12 \pm 0.06a	0.09 \pm 0.10a	0.07 \pm 0.05a	0.53 \pm 0.32b
Fungal/bacterial PLFA Oe horizon	np	np	np	0.55 \pm 0.19ab	0.27 \pm 0.10a	0.91 \pm 0.21b	0.58 \pm 0.20ab
Nematoda abundance $10^4 \text{ ind. (m}^{-2}\text{)}$	162.8 \pm 57.4	86.8 \pm 45.4	113.5 \pm 81.3	99.1 \pm 41.1	104.9 \pm 98.6	153.9 \pm 110.6	112.0 \pm 128.3
Oribatida abundance $10^4 \text{ ind. (m}^{-2}\text{)}$	80.5 \pm 15.5a	66.5 \pm 12.2a	48.5 \pm 16.6b	28.9 \pm 9.6bc	35.9 \pm 6.5bc	15.5 \pm 5.6c	26.0 \pm 14.2bc
Collembola abundance $10^4 \text{ ind. (m}^{-2}\text{)}$	6.4 \pm 2.4b	5.0 \pm 1.9b	4.6 \pm 2.2b	5.1 \pm 1.6b	4.4 \pm 0.9b	8.8 \pm 4.3ab	12.7 \pm 5.9a

PFLA : Phospholipidic fatty acid. Fungal/bacterial PFLA correspond donc à la proportion de phospholipides d'origine fongique par rapport à ceux d'origine bactérienne.

Les oribatés (*Oribatida*) sont des Acariens.

Fig. 9C. Thickness (*épaisseur*) of the Oe and A horizons (upper plot) and density of earthworms (lower plot) in sites on a post-mining heap (*terril*).

Statistically homogeneous groups of sites are marked by the same letter (ANOVA, LSD post-hoc test, $p < 0,05$). T= lime, A= alder, Q= oak, L= larch, Pn= pine, Pc= spruce and S= unreclaimed or « succession » sites in which willow was dominant.

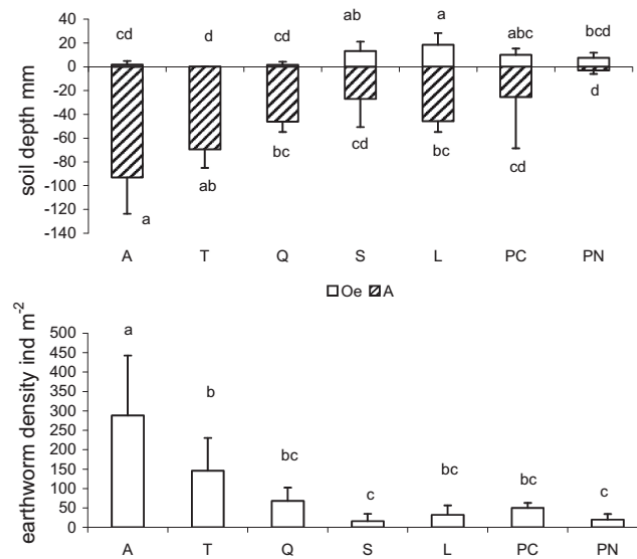
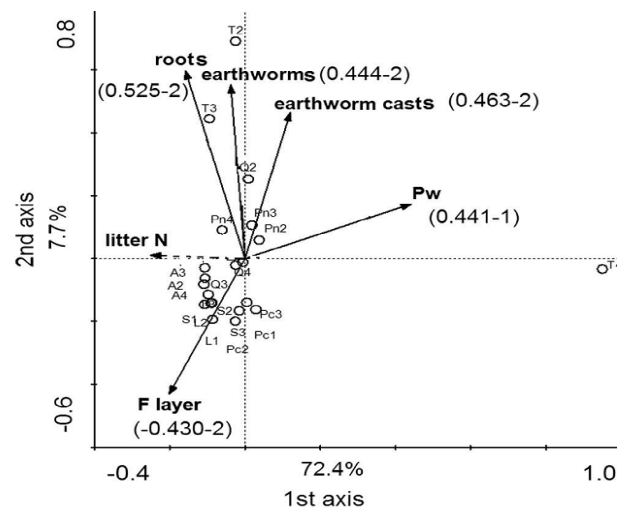


Fig 9D. Ordination diagram of principal component analysis (PCA) based on DGGE of the bacterial communities in sites on a post-mining heap.

Numbers by each axis represent the percentage of data variability explained by the axis. Arrows represent environmental variables. Variables that correlate significantly with the first or second ordination axis are marked by solid lines, and the correlation coefficient followed by the number of the axis is indicated in parentheses. T= lime, A= alder, Q= oak, L= larch, Pn = pine, Pc= spruce, and S = unreclaimed or « succession » sites in which willow was dominant.



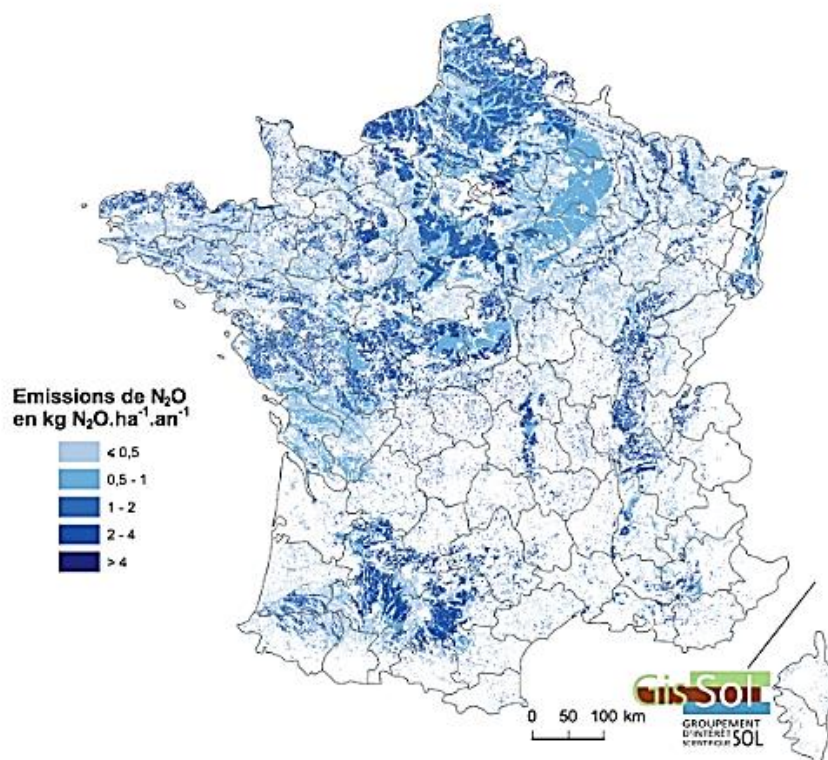
DGGE (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis) : technique de biologie moléculaire permettant d'analyser les populations bactériennes à partir de l'amplification et de la séparation des ARNr. F layer est l'autre nom donné à l'horizon riche en matière organique Oe. Pw est la teneur en bois (woody litter) dans les forêts d'épicéas et de pins. Earthworm cast : turricule de vers de terre.

Le second axe de cette analyse en composante principale correspond à l'effet de la bioturbation.

Document 10 : Les sols français et les flux de carbone et d'azote.

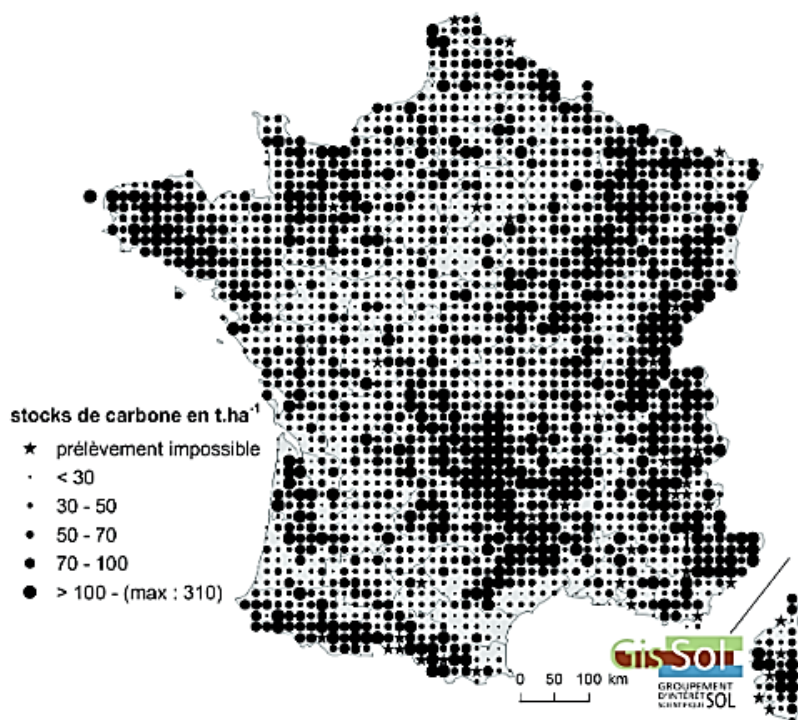
Source : GIS Sol, L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols. (2011), https://www.gissol.fr/rapports/Rapport_HD.pdf

L'estimation annuelle des émissions de N_2O par les grandes cultures en France métropolitaine



Source : Gabrielle et al., 2011 (projets N-TWO-O (ANR) et IMAGINE (Fondation ENERBIO/TUCK)); IGN, Geofla®, 2006

Le stock de carbone organique dans les 30 premiers centimètres des sols de France métropolitaine



Source : Gis Sol, RMQS, 2010 ; IGN, Geofla®, 2006.