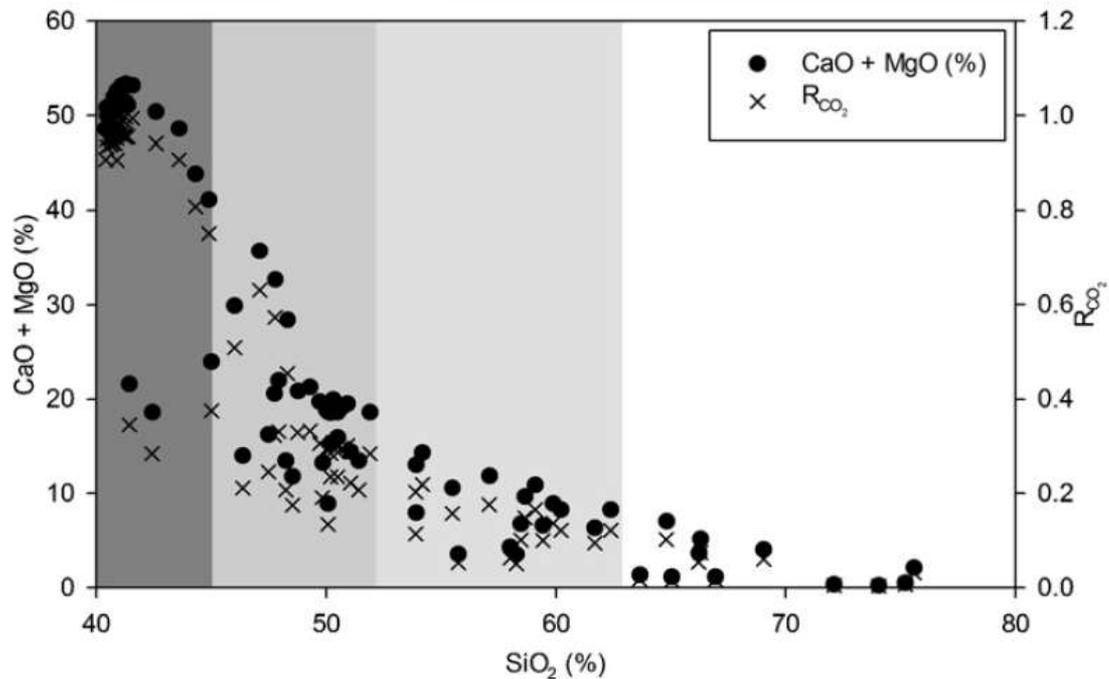


Amendements silicatés :
quels potentiels pour le chaulage,
la séquestration du CO₂,
la nutrition des plantes et leurs
résistances aux stress biotiques et abiotiques ?

Lionel JORDAN-MEILLE

Amendements silicatés : de quoi parle t'on ?

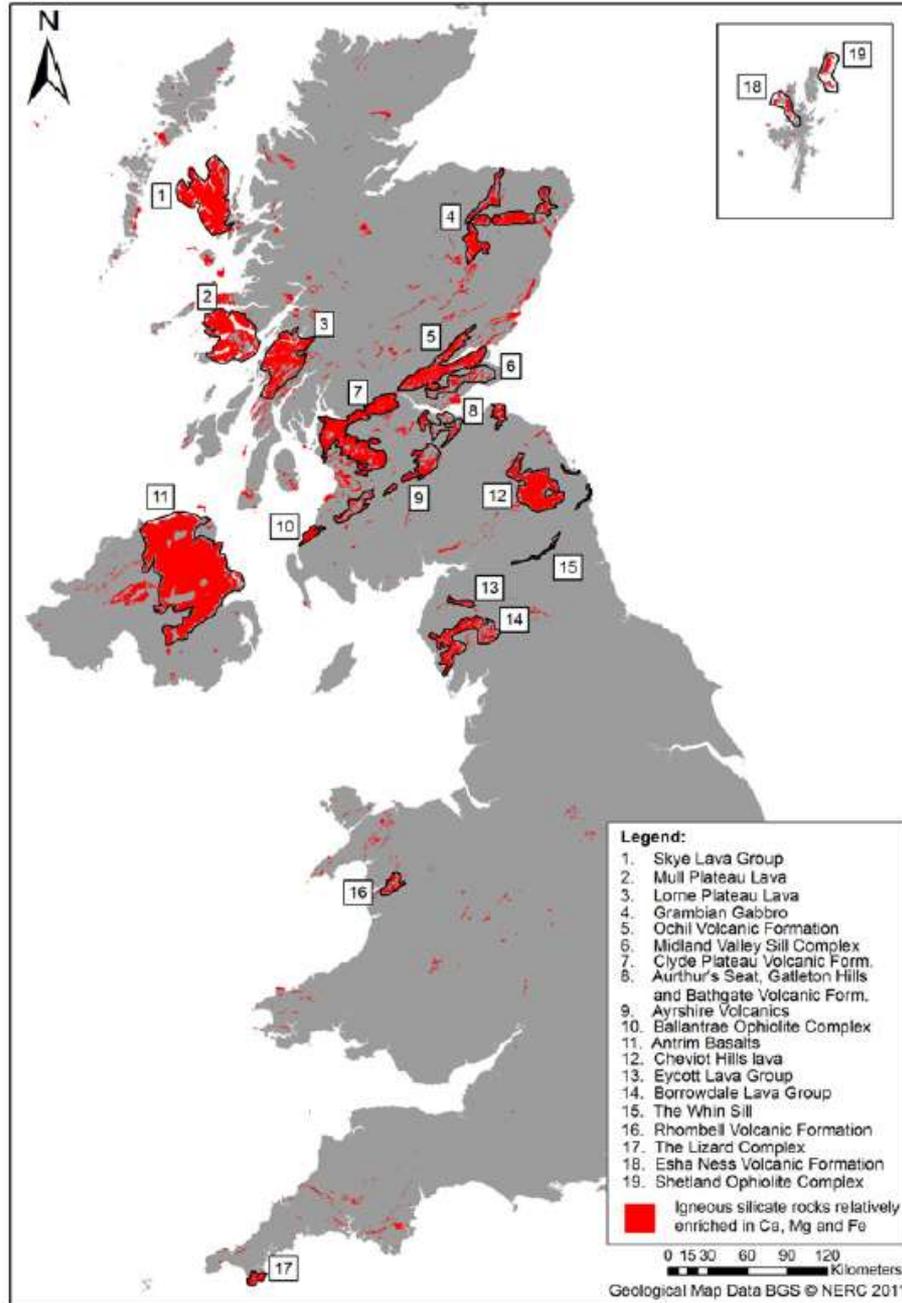
	Ultrabasic	Basic	Intermediate	Acidic	
Rocks	Dunite Lherzolite Harzburgite Wehrlite	Basalts Gabbro Dolerite	Andesite Adakite	Dacite Rhyolite Diorite Granite	A
Essential Minerals	Olivine Orthopyroxene Clinopyroxene	Ca- Plagioclase Augite	Plagioclase	Alkali fedspars Quartz	
Type Minerals	Pyroxene Chromite	Low Ca- pyroxene Olivine Nepheline	Augite Enstatite Olivine Hornblende	Horblende Biotite Garnet Pyroxene	



Total Alkaline Earth metals (CaO + MgO %) and maximum CO₂ capture potential (R_{CO₂}) plotted against SiO₂%. Some of the common rocks and their associated essential and type minerals are presented above.

Amendements silicatés : de quoi parle t'on ?

Basic and ultrabasic rock distribution in the UK



Amendements silicatés : de quoi parle t'on ?



Amendements silicatés : de quoi parle t'on ?



Amendements silicatés : de quoi parle t'on ?

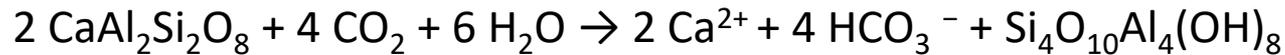
Contrairement au CaCO_3 , l'altération des minéraux silicatés ne répondent pas qu'à des processus de dissolution.

La question des vitesses d'altération reste primordiale

Altération géologique vs pédologique

Durée de vie moyenne d'un cristal de 1 mm de diamètre à 25 °C et pH = 5⁻

Minéral	Formule chimique	Durée de vie (en années)
<u>Anorthite</u> (Ca)	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	112
<u>Néphéline</u>	$\text{Na}_3\text{KAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$	211
<u>Diopside</u>	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	6 800
<u>Enstatite</u>	$\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$	8 800
<u>Albite</u> (Na)	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	80 000
<u>Feldspath potassique</u>	KAlSi_3O_8	520 000
<u>Forstérite</u>	Mg_2SiO_4	600 000
<u>Muscovite</u>	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH},\text{F})_2$	2 700 000
<u>Quartz</u>	SiO_2	34 000 000



Anorthite (Feldspath)

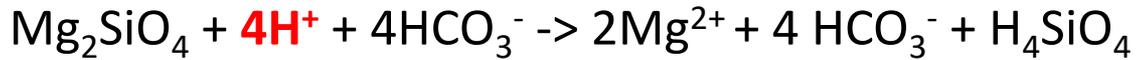


kaolinite



Amendements silicatés : propriétés revendiquées

Ecriture « neutralisation »



Olivine

V.N. : 1,25

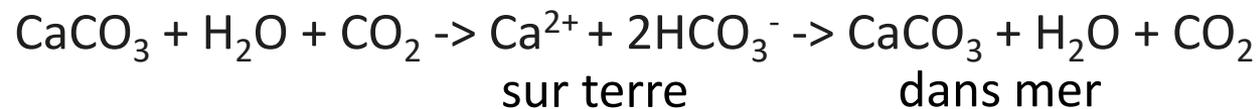


V.N. : 1,78

Ecriture « séquestration » (H₂O + CO₂ → H₂CO₃ → H⁺ + HCO₃⁻)



→ Bilan : -2 CO₂

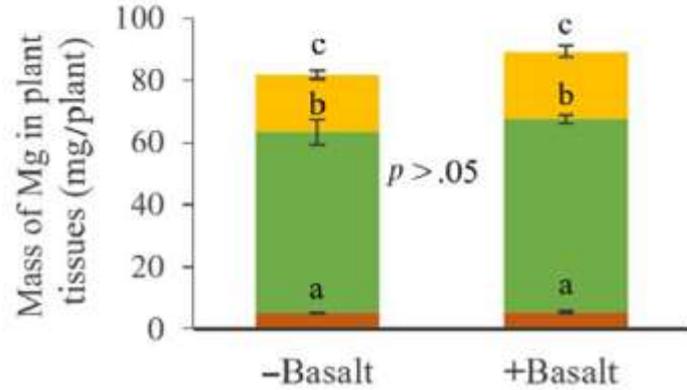
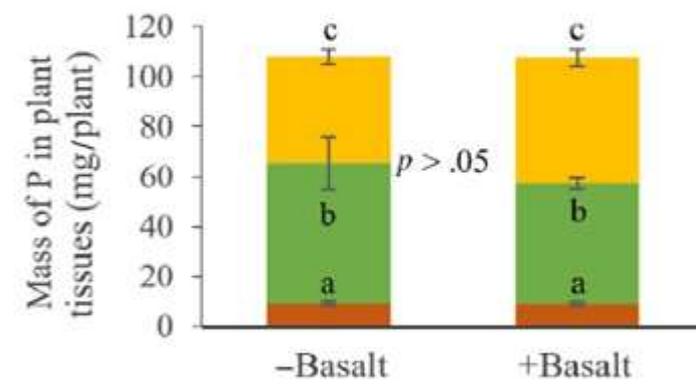
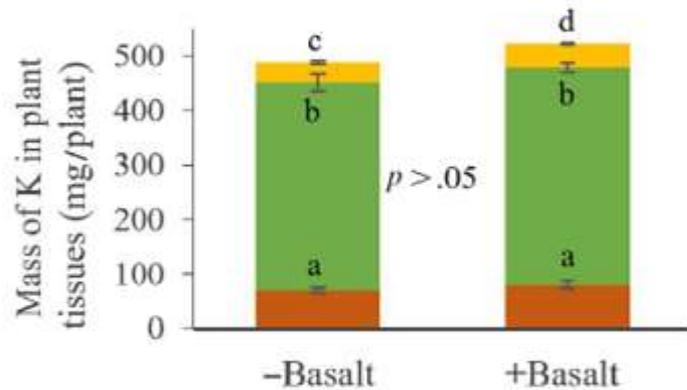
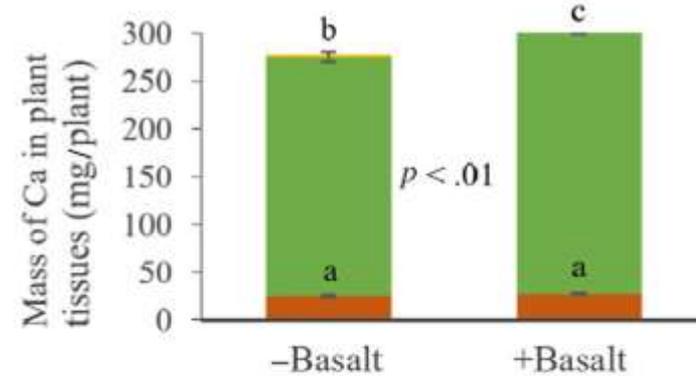
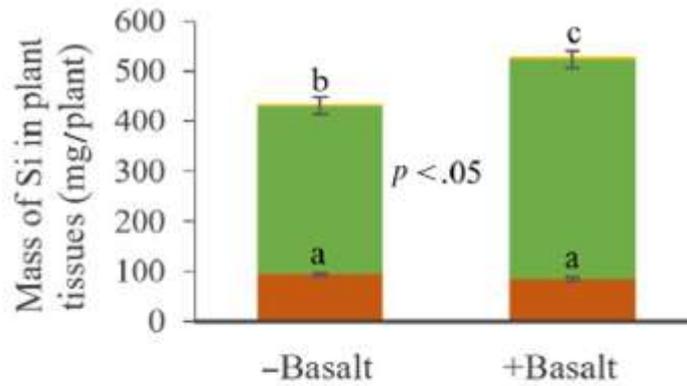


→ Bilan : 0 CO₂

Amendements silicatés : résultats expérimentaux - Nutrition

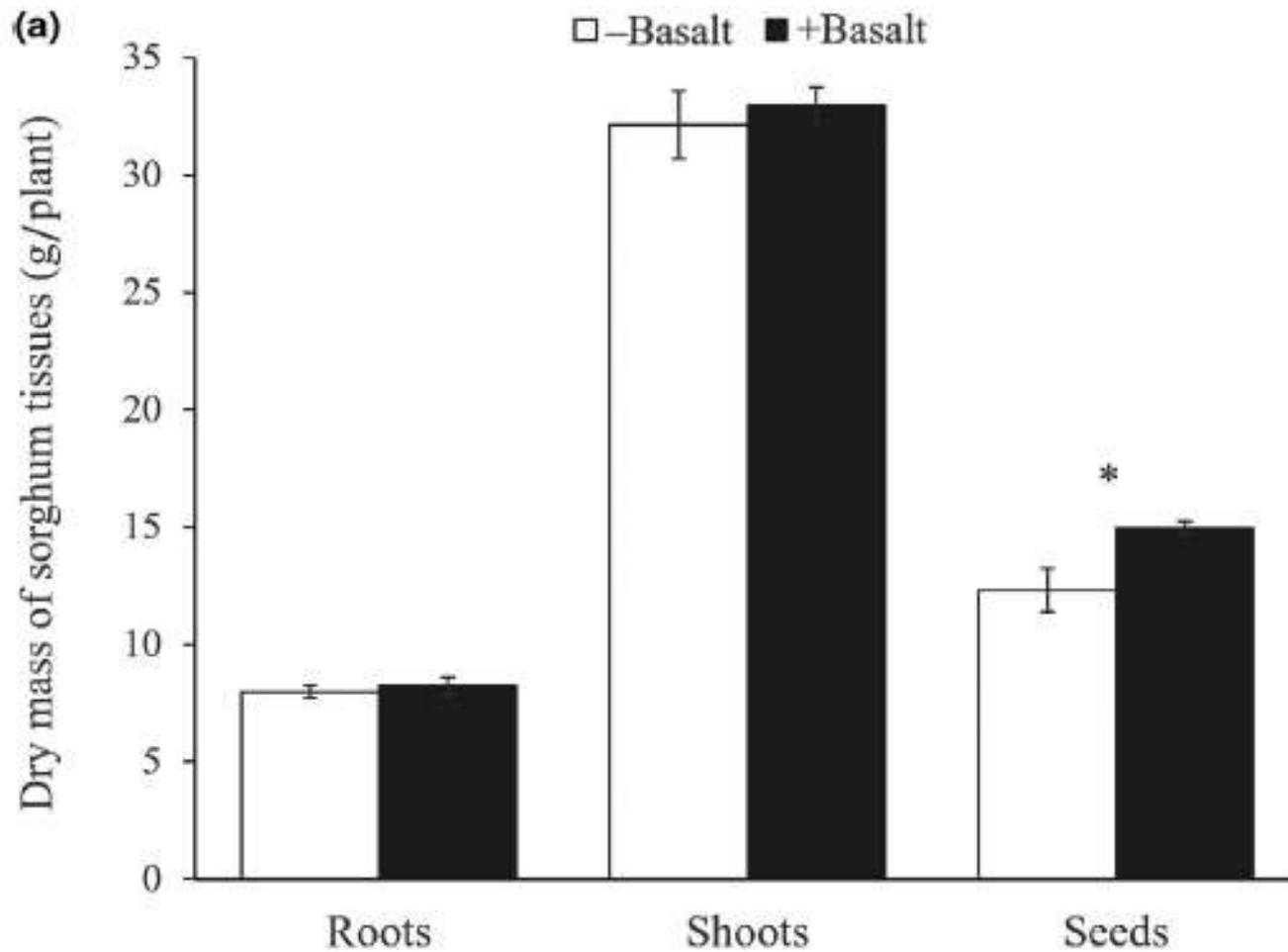


120 jours
 10 kg basalte m⁻²
 Mycorhizes
 180 kg N ha⁻¹ (urée)
 OP - OK

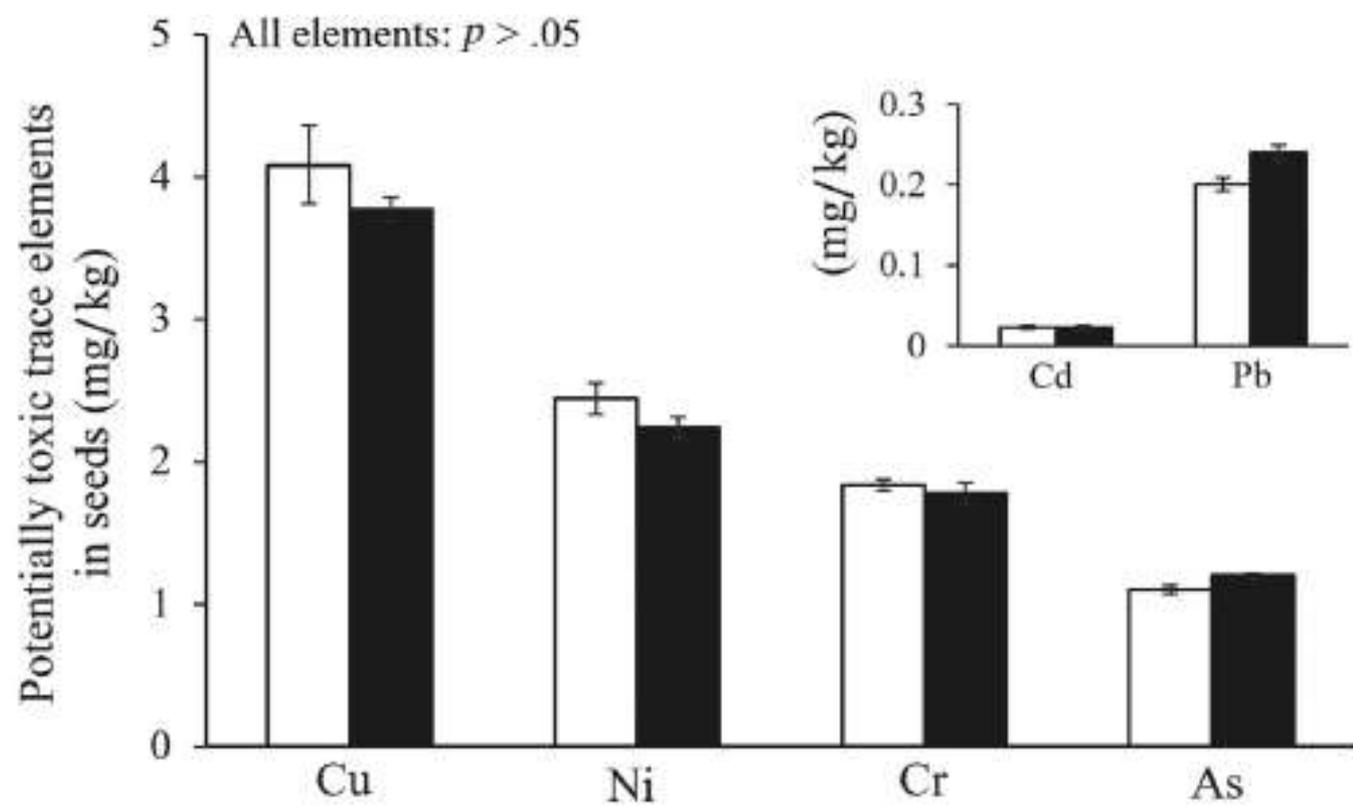


■ Roots ■ Shoots ■ Seeds

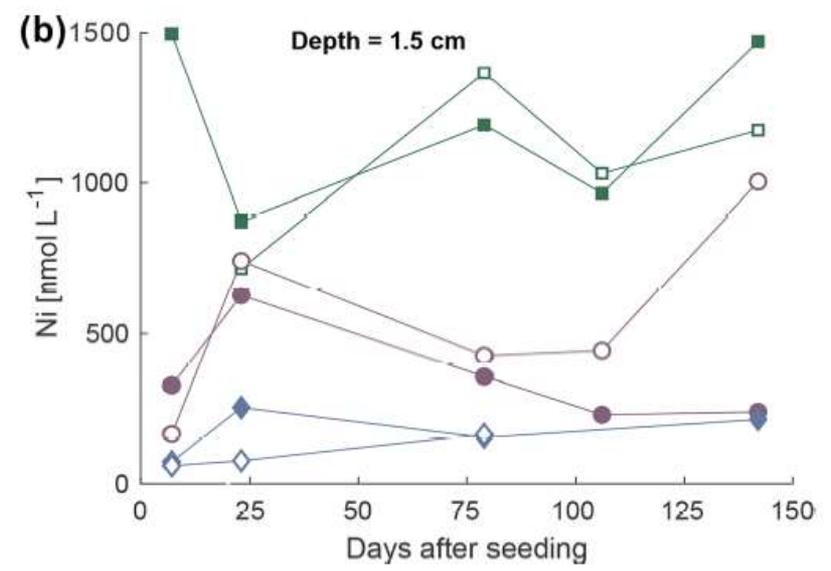
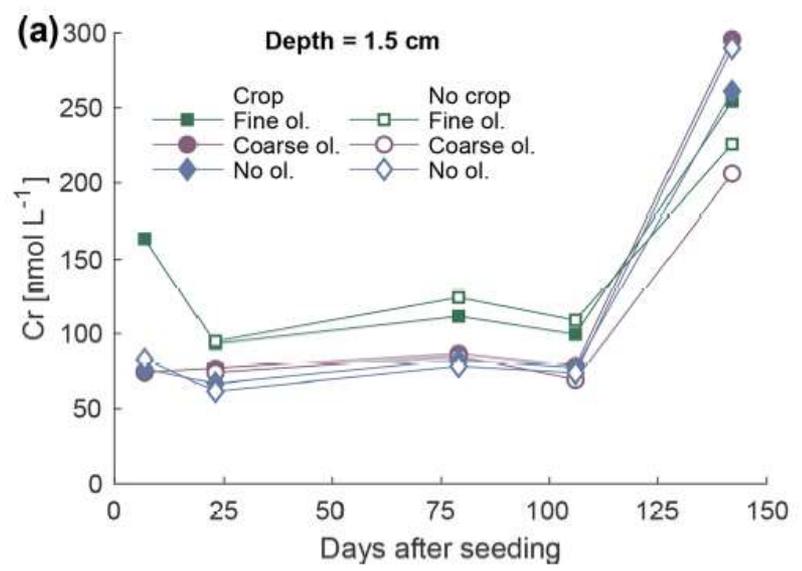
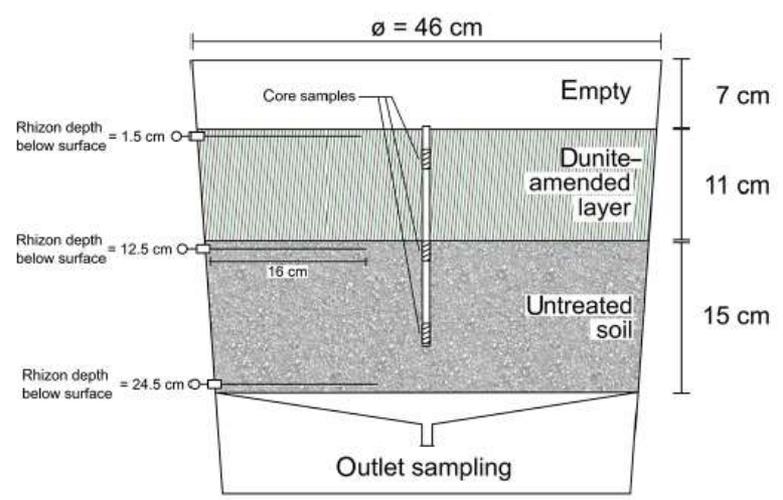
Amendements silicatés : résultats expérimentaux - Nutrition



Amendements silicatés : résultats expérimentaux – Innocuité



Amendements silicatés : résultats expérimentaux – Innocuité



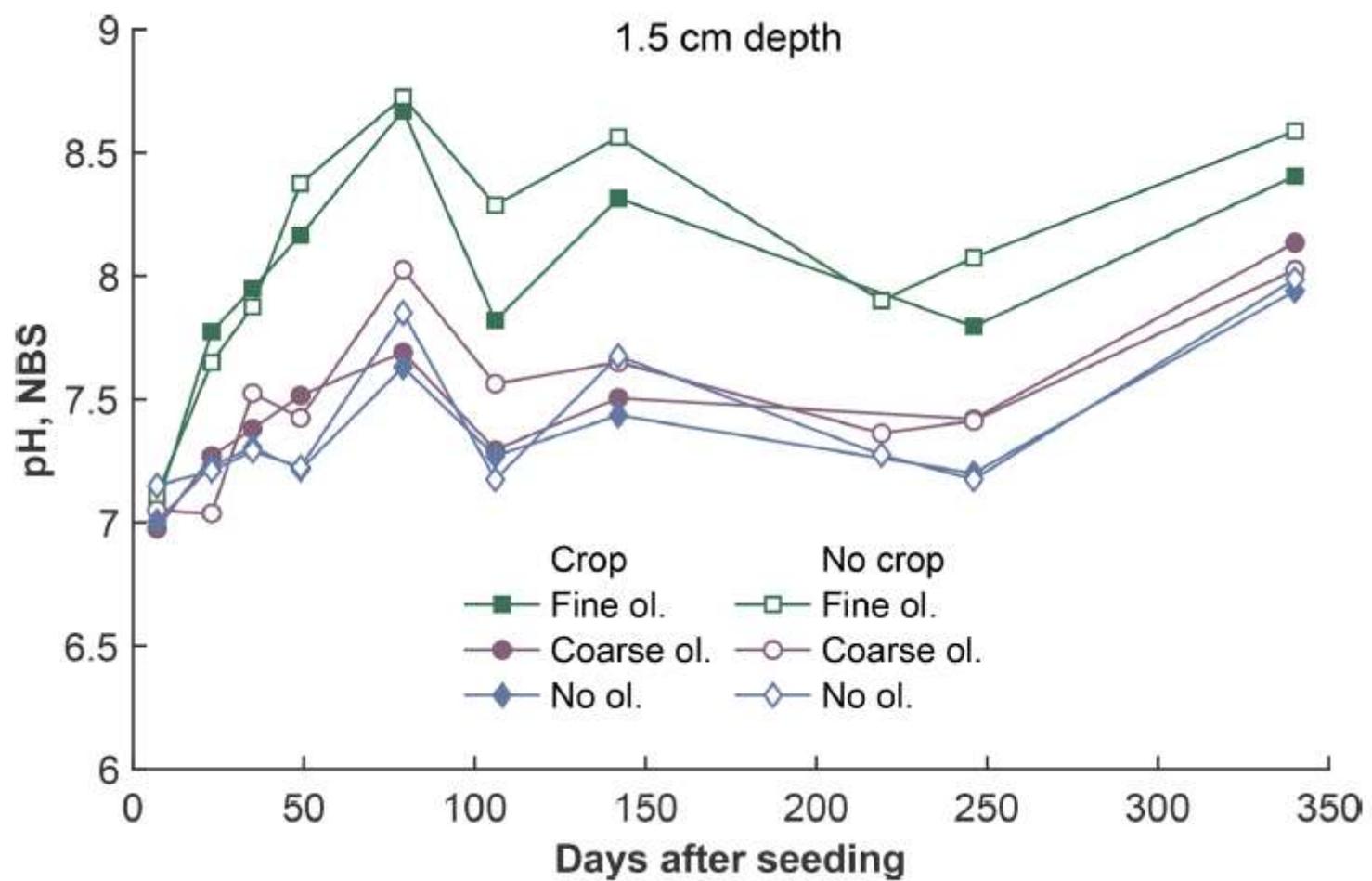
... amiante

Amendements silicatés : résultats expérimentaux – Atténuation stress

Abiotic Stress	Work on ameliorative effects of Si	Understanding of mechanism(s) of Si effect
Temperature		
(a) High	+	+
(b) Chilling	-	-
(c) Freezing	+	+
Physical stress		
(a) Wind	++	++
Light intensity		
(a) High light	-	-
(b) Low light	+	+
Radiation	-	-
Drought	-	-
Waterlogging (anaerobiosis)	-	-
Mineral deficiency		
(a) Of Si itself	+++	++
(b) Of other elements	+	+
Mineral toxicity		
(a) Salinity	++	+
(b) Heavy metals	++	+
(c) Manganese	++	++
(d) Aluminium	+++	+++

Key: +++, considerable; ++ moderate; +, some; -, little/none.

Amendements silicatés : résultats expérimentaux – Effet pH



Amendements silicatés : résultats expérimentaux – Stockage CO₂

Quantités estimées de CO₂ "séquestrées" dans des expérimentations en mésocosme

	Rock material	Rock loading (t rock/ha)	Sequestration period (years)	CO ₂ sequestered (t CO ₂ /ha)	CO ₂ efficiency (t CO ₂ /t rock)	RCO ₂ theoretical maximum ^a
ten Berge et al. (2012)	Olivine	1.63	0.62	0.29 ^b	17.8%	0.91 (19.5%)
	Olivine	204	0.62	2.69 ^b	1.3%	0.91 (1.5%)
Amann et al. (2018)	Dunite	220	1	0.023 ^c	0.01%	0.84 (0.01%)
	Dunite	220	1	0.049 ^c	0.02%	0.84 (0.03%)
Dietzen et al. (2018)	Olivine	10	0.25	3.13 ^d	31.3%	0.69 (45.2%)
	Olivine	50	0.25	4.16 ^d	8.3%	0.69 (12.0%)
Haque et al. (2019)	Wollas-tonite	221	0.15	39.3 ^e	17.8%	0.51 (34.6%)
This study	Basalt	100	1	2.36 ^f	2.4%	0.14 (17.0%)
This study	Basalt	100	1	3.01 ^f	3.0%	0.14 (21.7%)

^a RCO₂ is the ratio of CO₂ removed per mass of rock weathered, calculated from reported MgO and CaO values and RCO₂ equation in Renforth (2012), and the percentage value in parentheses is the fraction of the RCO₂ value attained by the mesocosm trials.

Amendements silicatés : potentiels de stockage CO₂

Bio-energy with carbon capture and storage :
0.5–5 Gt CO₂ yr⁻¹

Direct air capture and storage :
0.5–5 Gt CO₂ yr⁻¹

Biochar :
0.5–2 Gt CO₂ yr⁻¹

Soil organic carbon sequestration :
0.5–5 Gt CO₂ yr⁻¹

Afforestation/reforestation :
0.5–3.6 Gt CO₂ yr⁻¹

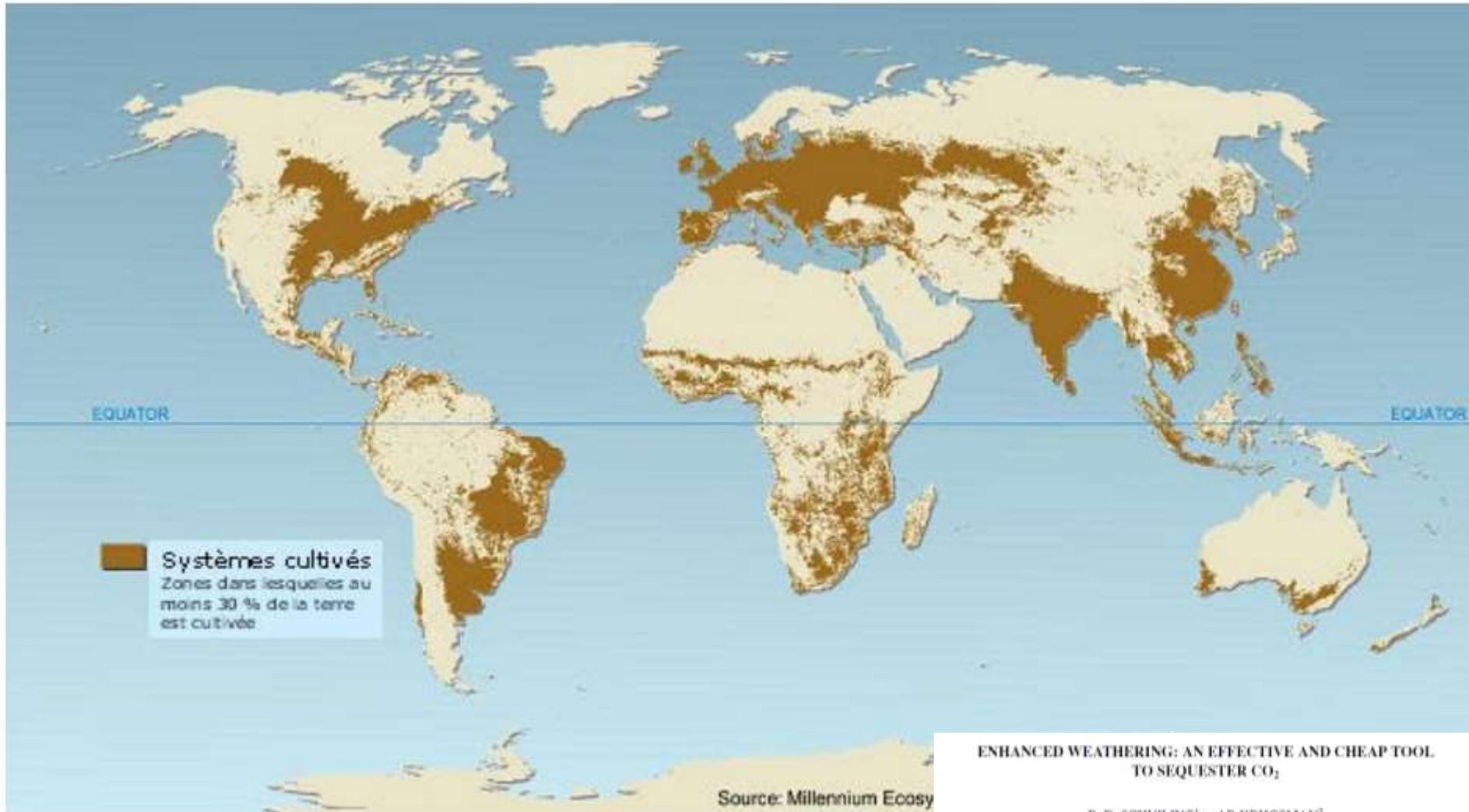
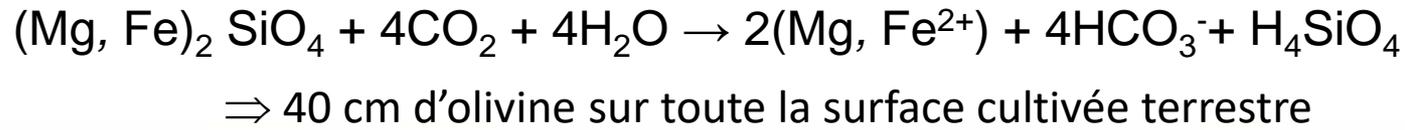
~

Epandage de poudres
d'amendements silicatés



2.5 Gt CO₂ yr⁻¹ (→2020)

Amendements silicatés : quelles quantités (théoriques) pour séquestrer tout le CO₂ ?



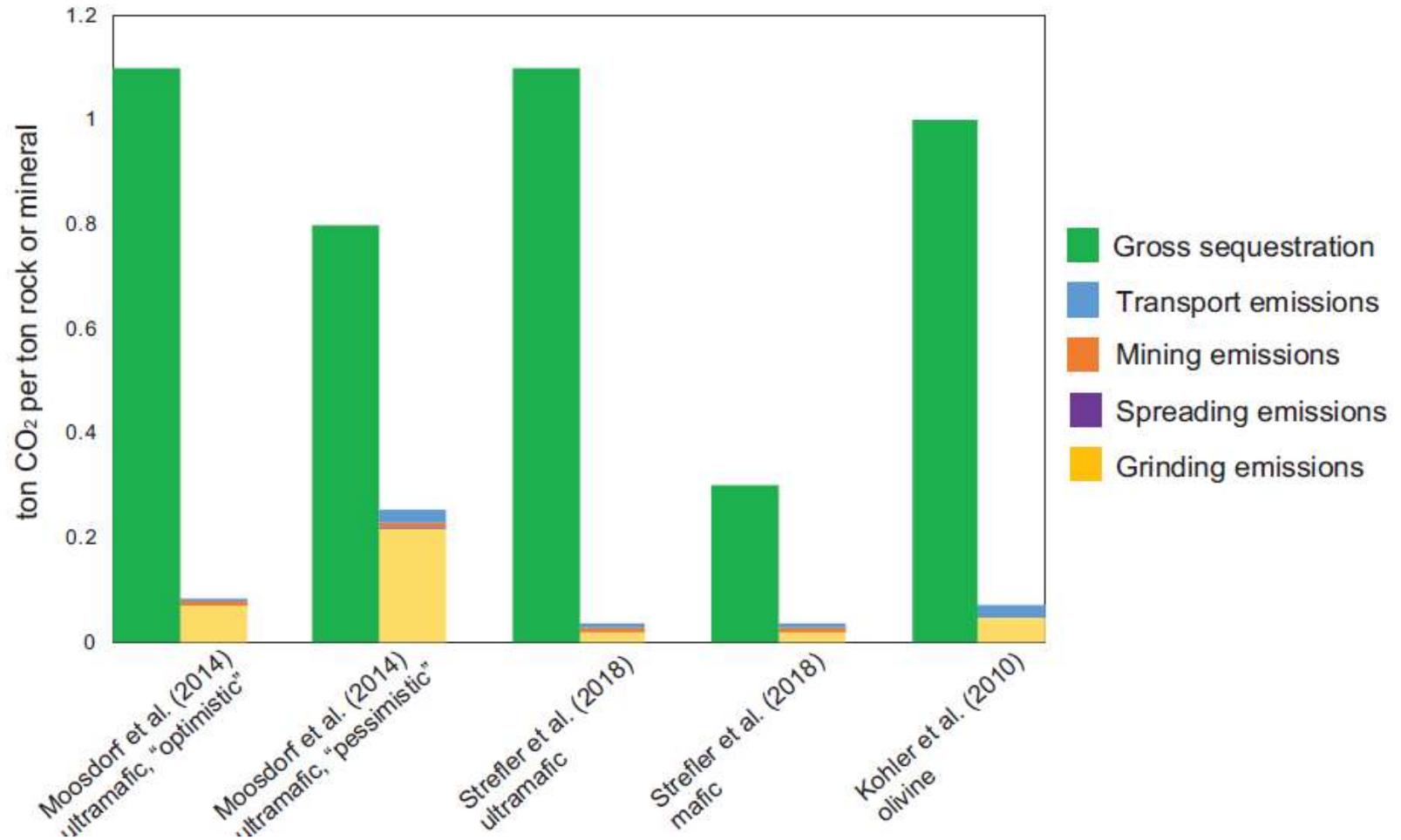
Source : humandee.org

ENHANCED WEATHERING: AN EFFECTIVE AND CHEAP TOOL TO SEQUESTER CO₂

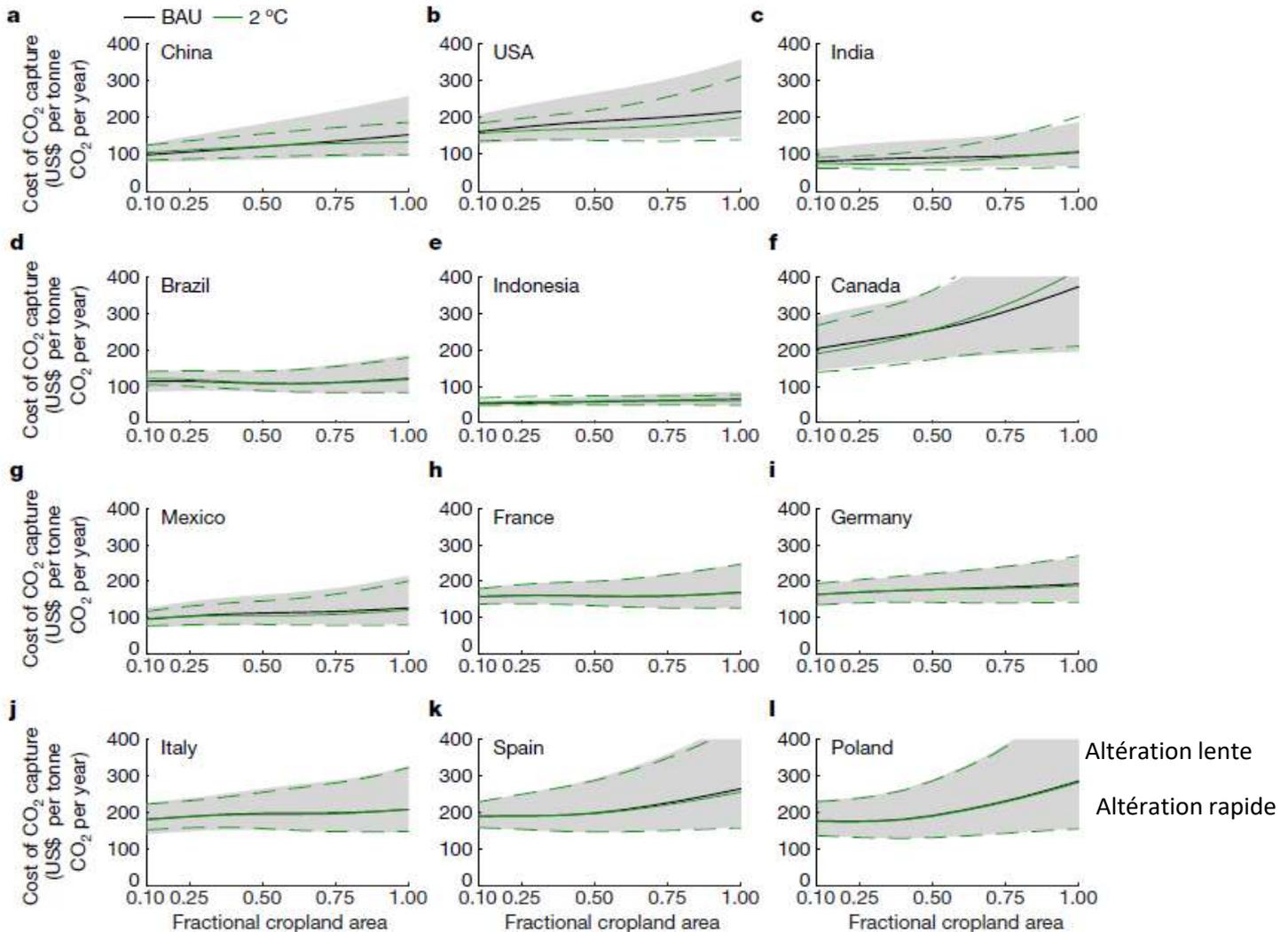
R. D. SCHULING¹ and P. KRIGSMAN²

¹Institute of Earth Sciences, 3508 TA Utrecht, The Netherlands

Amendements silicatés : bilan GES



Amendements silicatés : aspects économiques



→ A carbon price of US\$100–150 / tonne of CO₂ would cover most of the ERW costs for the key nations. It would make ERW an economically attractive option for fast-growing nations (India, China, Indonesia, Brazil, Mexico), given their estimated CO₂ extraction costs of around US\$75–100 per tonne of CO₂

Amendements silicatés : quelles questions soulevées ?

Réelles vitesse d'altération ?

Menaces pour la filière des AMB ?

Opportunité économique pour la filière ?

Quel gisement en Europe de l'Ouest ? En France ?

Quels prix planchers de rentabilité ?

Quel poids du coût de transport ?

Nécessité de réaliser des A.C.V. comparées

