



AGRICULTURE
ET FORESTERIE



Synthèse technique – Le basalte en agriculture en Nouvelle Calédonie

Action PROTEGE Fertilité des sols

Groupe de travail Basalte

Contributeurs : Elissa AGUDO DEL POZO (REPAIR), Carmen ROYERES (REPAIR), Vaimoana FOGLIANI (province Nord), Méryle BLOC (Valorga), Nicolas HUGOT (CAP-NC)

Mai 2022



1. Contexte de la synthèse technique

La Chambre d'agriculture et de la pêche de Nouvelle Calédonie (CAP-NC) est chef de file du thème Agriculture et foresterie de PROTEGE. Dans le cadre de l'opération Gestion de la fertilité des sols et eau en agroécologie, la CAP-NC réalise un état des lieux des carrières de basalte de Nouvelle Calédonie en vue de leur potentielle utilisation en agriculture.

Les objectifs de ce travail sont de valider les types de basalte pouvant être utilisés en agriculture vis à vis de leur teneur en Eléments Traces Métalliques (ETM) et en éléments nutritifs, et de déterminer dans quels cas il est de procéder à une extraction des ressources naturelles.

A cet effet, Aura Pacifica a analysé des basaltes en provenance de quatre carrières calédoniennes en 2021 – Koné, exploitation agricole René Marlier à Kaala-Gomen, Katiramona, Creek Aimes – et d'une carrière de Wallis.

Cette synthèse est un document technique ayant vocation à fournir des éléments d'interprétation des analyses réalisées afin de pouvoir conseiller les agriculteurs sur l'utilisation de basalte.

2. Synthèse bibliographique

Les usages du basalte dans le monde et les intérêts agronomiques.

Une synthèse des recherches des 50 dernières années sur les roches silicatées a mis en évidence que, combiné à des apports de matières organiques, leur utilisation a montré des résultats positifs pour atténuer la dégradation des sols, accroître la séquestration et le stockage du carbone dans les sols et contribuer à l'adsorption des contaminants de l'eau et du sol. Bien que les éléments minéraux soient libérés plus lentement à partir de ces types d'apports, ils restent dans le sol plus longtemps, stimulant ainsi la vie du sol. Les auteurs concluent que l'utilisation du basalte peut, en remplacement de certains engrais chimiques, contribuer à la durabilité de l'agriculture, ainsi que contribuer à l'atténuation du réchauffement climatique.¹

Les principales caractéristiques du basalte

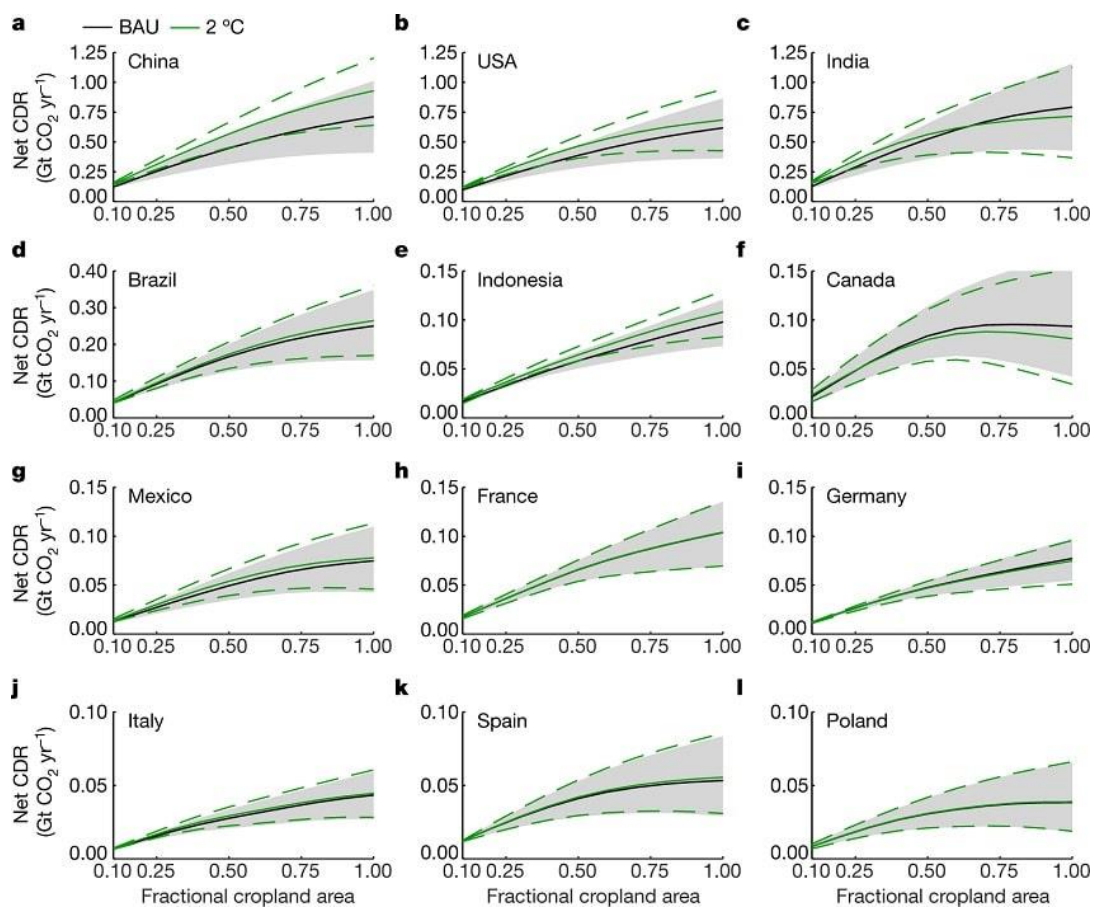
Le basalte est une roche volcanique issue du manteau terrestre :

- Riche en oligo-éléments molybdène (Mo), cobalt (Co), manganèse (Mn)
- Riche en silice (Si)
- Riche en calcium (Ca) et magnésium (Mg)
- Paramagnétique

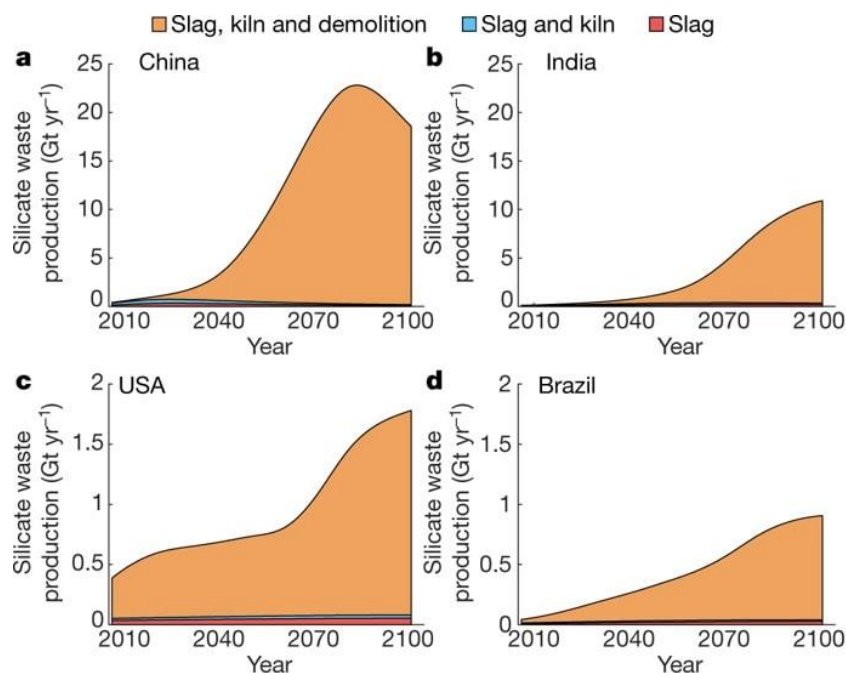
¹ Ramos et al., 2021. Possibilities of using silicate rock powder: An overview. Geoscience Frontiers 13 (2022) 101185



Figure 1 : Poussier de basalte de la carrière de Dumbéa en Nouvelle Calédonie (M.ORRIERE@CANC 2021)



Graphiques montrant le potentiel d'extraction du CO₂ pour plusieurs grands pays en fonction du pourcentage des terres agricoles couvertes. Crédits : David J. Beerling et al. 2020



Les sous-produits et déchets silicatés ne devraient qu'augmenter au cours des prochaines décennies, offrant un stock de poussière épandable virtuellement inépuisable. Crédits : David J. Beerling et al. 2020

Au Brésil, le basalte est utilisé comme amendement, les basaltes sont riches en Calcium (Ca), phosphore (P), Magnésium (Mg) et parfois selon l'origine en potassium (K) mais c'est plus rare. Au Brésil, les sols sont riches en argiles et en oxydes de fer et d'aluminium (comme en NC). Cette configuration rend le P indisponible et le K est facilement lessivé. Dans ces cas-là, l'utilisation de roches minérales riches en silice peut augmenter l'efficacité d'utilisation du phosphore et du potassium. Des essais réalisés par Embrapa Clima Temperado indiquent des doses d'apport de basaltes allant de 500 à 5000 kg/ha.²

En Australie, dans le Queensland, une étude a montré que l'application de poudre de basalte permettait de remonter le pH, d'augmenter la capacité d'échange cationique (CEC), d'augmenter la quantité de cations échangeables Ca, K et Mg et d'augmenter le stock à plus long terme de ces mêmes cations. Les conclusions de l'étude relèvent que le phosphore disponible a été augmenté (l'adsorption du P, donc son immobilisation, a été réduite). Cela semble être dû à la silice présente dans le basalte ainsi qu'à des petites quantités de P présents dans la roche. Les sols ont également été soumis artificiellement à des conditions de pluviométrie extrême et les propriétés chimiques ont été conservées.³

Une étude au Brésil a également démontré que l'apport de basalte, même sur une courte période (moins de 80 jours) et sur un sol basique (pH entre 6,7 et 7) avait permis une meilleure croissance des plants de soja en comparaison avec des apports de lime (calcaire) et une augmentation du pH plus significative sur deux types de sols (argileux et loams argilo-sableux)⁴.

En revanche, une étude de l'utilisation de poudre de basalte sur du soja a montré que la libération lente et mineure d'éléments minéraux, ne permet pas d'utiliser ce matériau comme seule source de nutriments pour les plantes.⁵

² Tecnologia da rochagem, uma alternativa sustentável para a agricultura brasileira. Revista bimestral do Conselho regional de engenharia e agronomia do Rio Grande do Sul. Mar/Abr 2012.

³ Gilman et al., 2002. Amending highly weathered soils with finely ground basalt rock. Applied Geochemistry 17(8):987-1001

⁴ Luchese et al., 2021. Agronomic feasibility of using basalt powder as soil nutrient remineralizer. African journal of agricultural research, Vol. 17(3), pp. 487-497.

⁵ Alovizi et al., 2021. Use of basalt rock powder as an alternative fertilizer culture of soybean. Research, Society and Development.

Préconisation d'utilisation d'après la vidéo Le basalte en agriculture, Eric Petiot ⁶

Dans l'idéal, il faut mesurer le paramagnétisme de son sol pour savoir la quantité de basalte à appliquer. Le paramagnétisme se mesure en CgS Centimètre gramme Seconde. Au bout de 7 ans d'application de basalte, le sol est anentropique, il s'autorégénère, avec que des couverts végétaux.

Faire des apports réguliers mais de moins en moins jusqu'à ce que la vie des sols soit suffisante pour maintenir le paramagnétisme du sol.

Les apports de basalte permettent de réduire les irrigations. Si la plante est bien nourrie au niveau des oligo-éléments, la vacuole cellulaire est bien remplie, la plante est plus résistante et a besoin de Mo, Mn et Co pour résister au stress hydrique.

Le paramagnétisme stimule la vie du sol, l'aide à se développer (cf. électroculture).

Doses à appliquer :

- 40-120 gr/m² ou entre 400-600 kg/ha et pulvériser un extrait de végétaux fermentés pour un sol à + 30 CgS, avec un basalte à + 60 CGgS.
- Pour enrichir les composts : 10-15 kg/m³ incorporer au fur et à mesure.

NB : Il a été décidé de ne pas considérer les effets paramagnétiques du basalte pour cette note car il s'agit d'un sujet controversé dans le monde scientifique et nous ne disposons pas de l'outil de mesure permettant de connaître le paramagnétisme des sols et des roches de basaltes. Pour plus d'informations, il existe de nombreux articles et sources bibliographiques à ce sujet notamment de Philip S. Callahan.

Les densités théoriques du basalte

Masse volumique du basalte 2,7 t/m³ soit 1t de basalte = 0,37 m³.

<https://dijon.apbg.org/ressources/fiche-verte-mesure-de-la-masse-volumique/fiche-verte-mesure-de-la-masse-volumique/>

Densité du basalte entre 2,6 et 3,3. <https://www.sordalab.com/RESSOURCES/documents/FR/BOLGRAD.pdf>

Les analyses des basaltes de NC

Normes françaises

Norme NF 44 001 – Amendements minéraux basiques.

La norme 44 001 fixe les dénominations, les exigences et les spécifications techniques pour 6 types d'amendements minéraux basiques. Le basalte ne correspond à aucune des 6 types d'amendements décrit dans la norme, il n'est donc pas possible de s'y référer pour interpréter les analyses des différents basaltes. En revanche, la norme fixe des flux limites en ETM destinés aux utilisateurs.

L'innocuité d'un produit en matière d'éléments traces ne peut être évalué qu'en fonction de la dose effectivement apportées à la parcelle.

⁶ Vidéo Le basalte en agriculture Eric Petiot et Loïc Etcheberry. <https://www.youtube.com/watch?v=benuuTaMU2I>

Flux d'éléments traces métalliques à la parcelle selon la réglementation en France métropolitaine.

Normes	Norme NF 44051 et NF 44 095		Arrêté du 25 juin 2018. Dispositions techniques en matière d'épandage (France)		
	Flux maximal par an et par apport (g/ha)	Flux maximal sur 10 ans (g/ha)	Flux cumulé en 10 ans (g/m ²)	Flux cumulé en 10 ans (g/ha)	Flux maximal annuel sur 10 ans (g/ha)
As	270	900			
Cd	45	150	0,015	150	15
Cr	1800	6000	1,5	15000	1500
Cu	3000	10 000	1,5	15000	1500
Hg	30	100	0,015	150	15
Ni	900	3000	0,3	3000	300
Pb	2700	9000	1,5	15000	1500
Se	180	600			0
Zn	6000	30 000	4,5	45000	4500

➔ Pour la suite, nous prendrons les flux fixés par les normes NF 44 051, 44 095 et 44 001 qui sont les plus restrictives. Synthèse des résultats d'analyses réalisées par Aura Pacifica (06/2021)

Les tableaux ci-dessous reprennent les résultats des analyses réalisées sur les basaltes issus de différentes carrières de la Grande terre. Pour chaque basalte, les quantités d'éléments minéraux apportées sont présentées pour une dose d'apport fixe de 1t/ha.

Pour chaque basalte, les quantités en ETM correspondants pour la dose d'apport sont également présentés. Afin de s'assurer de l'innocuité des produits utilisés, les flux à la parcelle seront utilisés pour déterminer les quantités maximales à épandre afin de rester sous les seuils des normes NF.

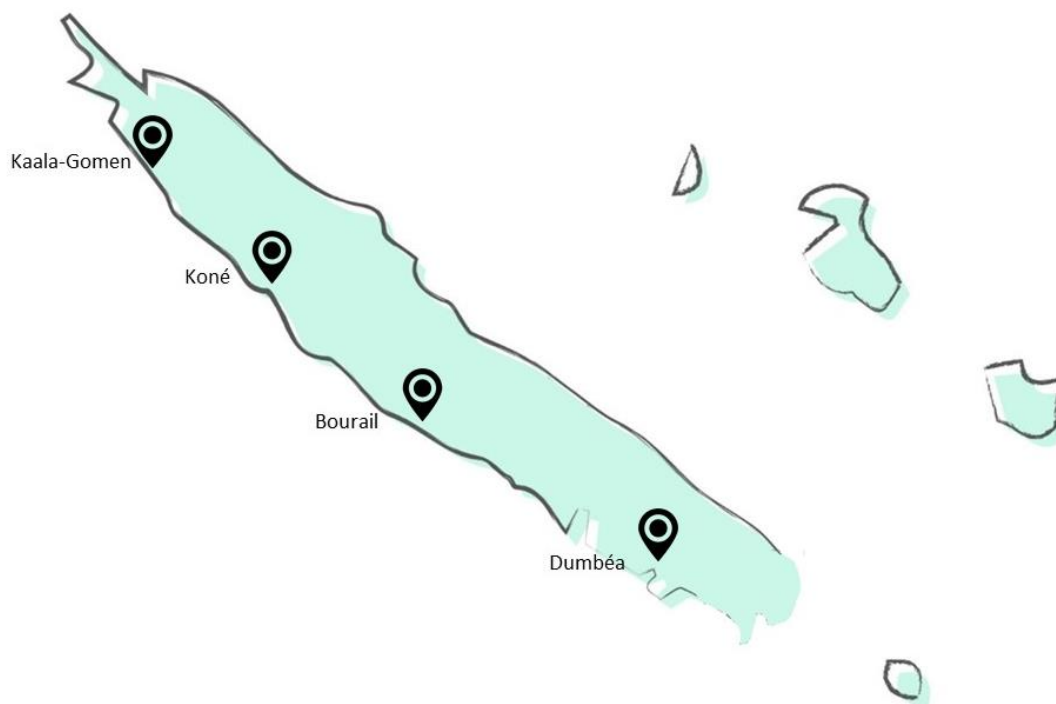


Figure 2 : Cartographie des basaltes analysés en Nouvelle Calédonie

TC1 et TC2 Koné-Poussier

Dose d'apport type : 1 t/ha

Dose d'apport maximale : 6,8 t/ha

Dose d'apport maximale cumulée sur 10 ans : 22,8 t/ha

	TC-1-Koné-poussier-0/4-VBleu1,5 (mg/kg)	TC-2-Koné-poussier-0/4-VBleu1,2 (mg/kg)	Moyenne Koné Poussier (mg/kg)	Flux total (g/ha) pour 1 t/ha d'apport	Flux total (g/ha) pour 6,8 t/ha d'apport	Flux maximal par an et par apport (g/ha)	Flux maximal sur 10 ans (g/ha)
Ni	117,3	100,2	108,8	108,75	739,5	900	3000
Cr	287,4	238,6	263,0	263	1788,4	1800	6000
Co	0	0	0,0	0	0		
Cu	157,8	147,9	152,9	152,85	1039,38	3000	10 000
Zn	62,7	86,6	74,7	74,65	507,62	6000	30 000
Mn	1798,3	1663,1	1 730,7	1730,7	11768,76		
Ti	8266,7	7316,9	7 791,8	7791,8	52984,24		
Fe	71 700	68 800	70 250,0	70250	477700		
Al	69 600	67 000	68 300,0	68300	464440		

	TC-1-Koné-poussier-0/4-VBleu1,5	TC-2-Koné-poussier-0/4-VBleu1,2	Moyenne Koné Poussier	Quantité (kg/ha) pour 1 t/ha d'apport	Quantité (kg/ha) pour 6,8 t/ha d'apport
P2O5 wt%	0,15	0,12	0,1	1,35	9,18
K2O wt%	0,22	0,18	0,2	2,00	13,60
NaO wt%	2,16	2,03	2,1	20,95	142,46
CaO wt%	9,21	9,13	9,2	91,70	623,56
MgO wt%	3,28	3,32	3,3	33,00	224,40
Si2O5 wt%	43,13	41,90	42,5	425,15	2891,02

➔ L'élément trace pour lequel le seuil d'innocuité est atteint en premier est le chrome (Cr) avec 6,8 t/ha d'apport.

TC4 René Marlier

Dose d'apport type : 1 t/ha

Dose d'apport maximale : 7,5 t/ha

Dose d'apport maximale cumulée sur 10 ans : 25 t/ha

	TC-4-René-Marlier (mg/kg)	Flux total (g/ha) pour 1 t/ha d'apport	Flux total (g/ha) pour 7,5 t/ha d'apport	Flux maximal par an et par apport (g/ha)	Flux maximal sur 10 ans (g/ha)
Ni	98,3	98,3	737,25	900	3000
Cr	237,4	237,4	1780,5	1800	6000
Co	0	0	0		
Cu	162	162	1215	3000	10 000
Zn	60,2	60,2	451,5	6000	30 000
Mn	1615	1615	12112,5		
Ti	7890,6	7890,6	59179,5		
Fe	70 000	70000	525000		
Al	67 900	67900	509250		
	TC-4-René-Marlier	Quantité (kg/ha) pour 1 t/ha d'apport	Quantité (kg/ha) pour 7,5 t/ha d'apport		
P2O5 wt%	0,13	1,30	9,75		
K2O wt%	0,22	2,20	16,50		
NaO wt%	1,86	18,60	139,50		
CaO wt%	7,33	73,30	549,75		
MgO wt%	3,06	30,60	229,50		
Si2O5 wt%	43,28	432,80	3246,00		

➔ L'élément trace pour lequel le seuil d'innocuité est atteint en premier est le chrome (Cr) avec un apport maximal de 7,5 t/ha

TC5 Katiramona

Dose d'apport type : 1 t/ha

Dose d'apport maximale : 23 t/ha

Dose d'apport maximale cumulée sur 10 ans : 78,5 t/ha

	TC-5-Katiramona (mg/kg)	Flux total (g/ha) pour 1 t/ha d'apport	Flux total (g/ha) pour 23 t/ha d'apport	Flux maximal par an et par apport (g/ha)	Flux maximal sur 10 ans (g/ha)
Ni	35,9	35,9	825,7	900	3000
Cr	76,3	76,3	1754,9	1800	6000
Co	0	0	0		
Cu	86,7	86,7	1994,1	3000	10 000
Zn	61,2	61,2	1407,6	6000	30 000
Mn	1148,7	1148,7	26420,1		
Ti	4548,9	4548,9	104624,7		
Fe	53 100	53100	1221300		
Al	76 400	76400	1757200		

	TC-5-Katiramona	Quantité (kg/ha) pour 1 t/ha d'apport	Quantité (kg/ha) pour 23 t/ha d'apport
P2O5 wt%	0,21	2,1	48,3
K2O wt%	0,89	8,9	204,7
NaO wt%	2,15	21,5	494,5
CaO wt%	6,37	63,7	1465,1
MgO wt%	2,61	26,1	600,3
Si2O5 wt%	45,68	456,8	10506,4

→ Les éléments traces pour lesquels les seuils d'innocuité sont atteints en premier sont le chrome (Cr) et le nickel (Ni) avec un apport de 23 t/ha.

TC6 Creek Aimes

Dose d'apport type : 1 t/ha

Dose d'apport maximale : 40,5 t/ha

Dose d'apport maximale cumulée sur 10 ans : 135 t/ha

	TC-6-Creek-Aimes (mg/kg)	Flux total (g/ha) pour 1 t/ha d'apport	Flux total (g/ha) pour 40,5 t/ha d'apport	Flux maximal par an et par apport (g/ha)	Flux maximal sur 10 ans (g/ha)
Ni	20,8	20,8	842,4	900	3000
Cr	44,4	44,4	1798,2	1800	6000
Co	2	2	81		
Cu	9,9	9,9	400,95	3000	10 000
Zn	22,2	22,2	899,1	6000	30 000
Mn	237,1	237,1	9602,55		
Ti	2585,7	2585,7	104720,85		
Fe	17 600	17600	712800		
Al	48 000	48000	1944000		
	TC-6-Creek-Aimes	Quantité (kg/ha) pour 1 t/ha d'apport	Quantité (kg/ha) pour 40,5 t/ha d'apport		
P2O5 wt%	0,11	1,1	44,55		
K2O wt%	1,30	13	526,5		
NaO wt%	1,96	19,6	793,8		
CaO wt%	17,69	176,9	7164,45		
MgO wt%	0,83	8,3	336,15		
Si2O5 wt%	38,43	384,3	15564,15		

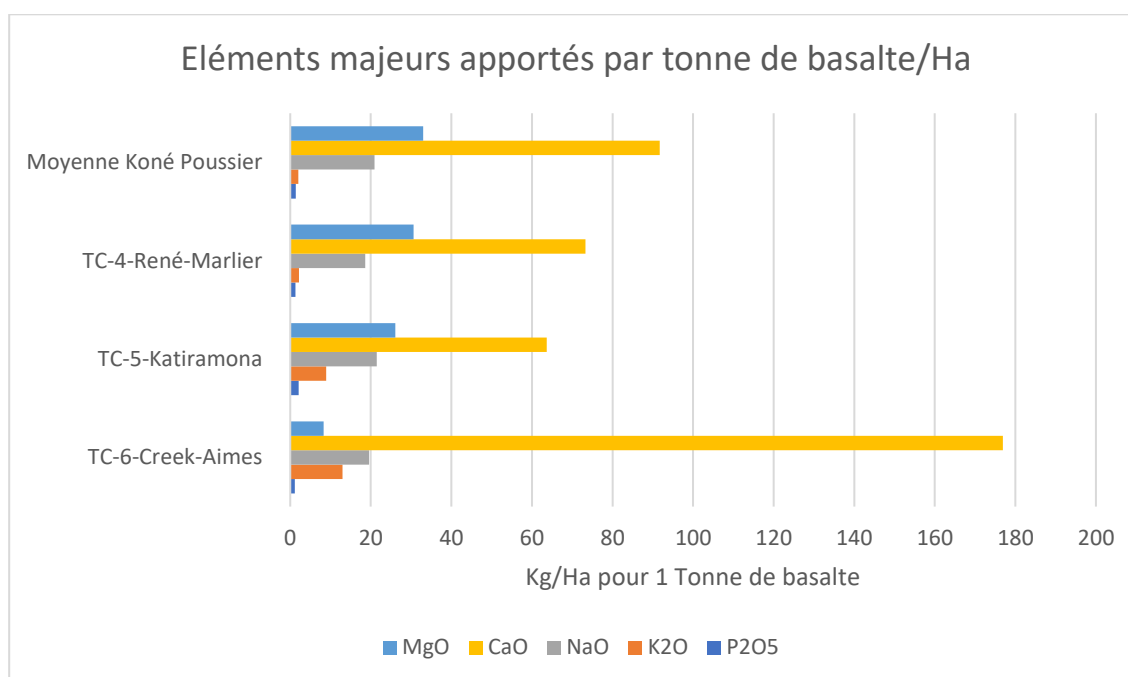
→ Les éléments traces pour lesquels les seuils d'innocuité sont atteints en premier sont le chrome (Cr) et le nickel (Ni) avec un apport de 40,5 t/ha.

3. Synthèse et conclusion

Pour un apport type de 1t/ha de basalte, aucun des basaltes analysés ne présentent de dépassement des seuils en ETM pour un épandage annuel pendant 10 ans.

Le basalte qui présente les plus faibles teneurs en ETM est celui de Creek Aimes, avec une dose maximale d'apport de 40,5 t/ha, limitée par le chrome et le nickel. Cette quantité ne sera jamais atteinte pour des raisons agronomiques (apports trop importants des autres éléments minéraux dont CaO), logistiques et économiques.

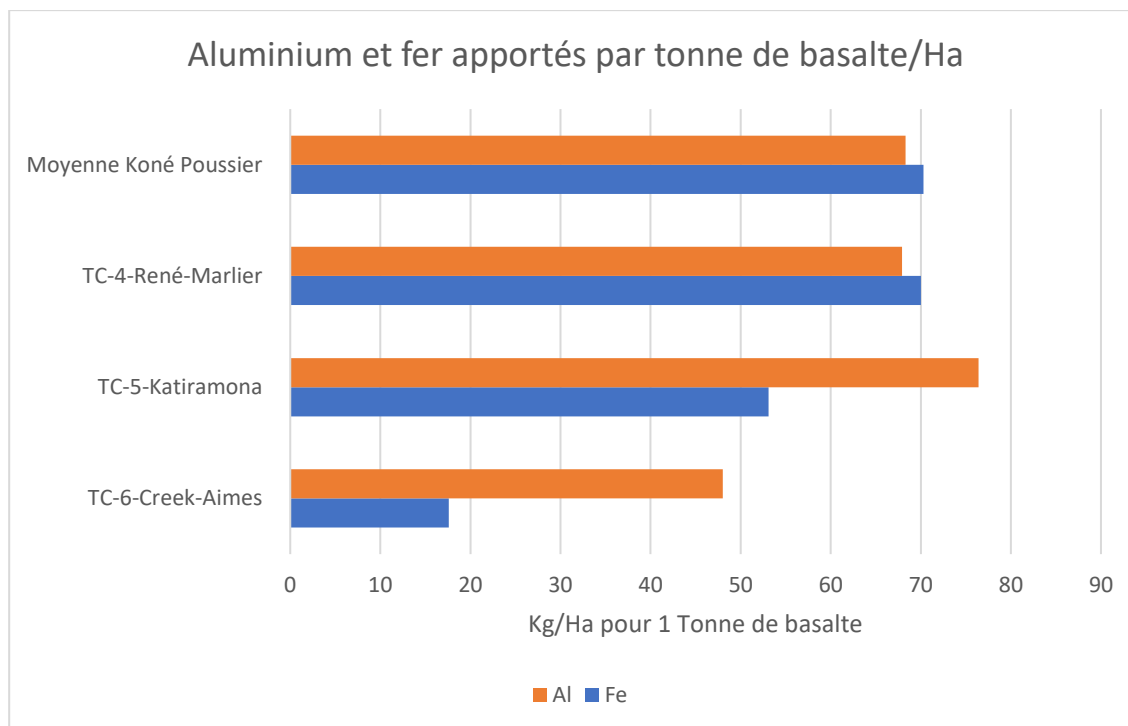
Les différents basaltes présentent un intérêt agronomique en tant que compléments voire substitués des amendements calcaires importés. Ils apportent également de la silice qui a la propriété de faire augmenter la CEC du sol.



Cependant la forme de calcium et magnésium n'étant pas connue, nous ne connaissons pas les valeurs neutralisantes de ces basaltes, ce qui est limitant dans le conseil sur le choix du produit.

Il est important de noter que les basaltes seuls ne suffisent pas à fournir tous les éléments minéraux nécessaire à la nutrition des cultures. Ils doivent être intégrés aux plans de fumure des producteurs en compléments d'autres amendements, fertilisants et matières organiques.

Bien que les normes ne cadrent pas ces éléments, nous émettons cependant un point de vigilance à l'utilisation de quantités supérieures à une tonne/ha de basalte au vu des quantités de fer et d'aluminium contenues dans les basaltes analysés. Le Basalte de Creek aimes est celui qui en contient le moins



Pour conclure, les intérêts de l'utilisation du basalte sont multiples :

- Réutilisation d'un déchet industriel locale ;
- Matière première locale, durable, utilisable en Agriculture Biologique ;
- Intérêts agronomiques avérés ;
- Intérêt pour le paramagnétisme (mais difficile à démontrer en NC), sujet à controverse.

4. Références

PUBLICATIONS

Alovisi et al., 2021. Use of basalt rock powder as an alternative fertilizer culture of soybean. Research, Society and Development, v. 10, n. 6, e33710615599, 2021 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15599>

Gilman et al., 2002. Amending highly weathered soils with finely ground basalt rock. Applied Geochemistry 17(8):987-1001 DOI:10.1016/S0883-2927(02)00078-1

G.P. Gillman, D.C. Burkett, R.J. Coventry, 2002. Amending highly weathered soils with finely ground basalt rock. Applied Geochemistry 17.

Luchese et al., 2021. Agronomic feasibility of using basalt powder as soil nutrient remineralizer. African journal of agricultural research, Vol. 17(3), pp. 487-497.

Nunes, J.M.G., et al., Evaluation of the natural fertilizing potential of basalt dust wastes from the mining district of Nova Prata (Brazil), Journal of Cleaner Production (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.032>

Ramos et al., 2021. Possibilities of using silicate rock powder: An overview. Geoscience Frontiers 13 (2022) 101185

Technologia da rochagem, uma alternativa sustentável para a agricultura brasileira. Revista bimestrial do Conselho regional de engenharia e agronomia do Rio Grande do Sul. Mar/Abr 2012. <http://www.crea-rs.org.br/site/arquivo/revistas/ed89.pdf>

[Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de Mimosa scabrella Benth e Prunus sellowii Koehne \(ufpr.br\)](#)

WEB

Vidéo Le basalte Eric Petiot et Loïc Etcheberry. <https://www.youtube.com/watch?v=M5hpMfAP4S4&t=716s>