

Diagnostic initial – Projet SoLife

Exploitation SCA ARDA – Parcelle RT1-6

D'après L'étude des sols de la Nouvelle-Calédonie (Latham & al, 1978), les sols sont classés « Vertisols ». Ces sols sont naturellement à pH basique ou neutre, une forte teneur en calcium et magnésium échangeables, tandis que la potasse y est faible. Ils sont caractérisés par une dominance d'argiles 2 :1 (type smectite ferrifère) dont les feuillettes sont désordonnées et retiennent facilement les molécules comme l'eau. Ils sont souvent hydromorphe en zone de plaine.

Cependant les parcelles se trouvent sur une zone de transition avec des sols fersiallitiques lessivés. Leur texture est généralement sableuse jusqu'à 40 cm puis très argileuse. La CEC est moyenne et assez élevée en dessous de 40 cm, le taux de saturation est faible et le pH est acide (~5,5). Les réserves en calcium et potassium sont élevées, mais également le magnésium. Celle en phosphore est faible. Les argiles dominantes sont kaolinites (1 :1) et des argiles 2 :1. Les argiles 1 :1 retiennent moins fortement les éléments nutritifs mais aussi l'eau (peu de phénomène de retrait-gonflement).

D'après les analyses et les observations de terrain décrite ensuite, nous sommes plutôt sur un sol fersiallitique mais les argiles ont été remontées probablement par le travail du sol.

Le sol est de texture limon argileux (26%A ; 56%L ; 19%S) avec 6,4% de matière organique (analyses Celesta Lab novembre 2023).



La parcelle est couverte par un couvert végétal semé en ? et fauché 2 fois (présence de mulch).

Les observations et prélèvements ont été fait le 23 novembre 2023.

Observations in-situ

D'après le « Guide d'observations et pistes d'actions pour des sols vivants en maraichage » et le « Guide d'utilisation du Test bêche » de l'ISARA de Lyon.

3 répétitions ont été effectuées sur la parcelle.

Le sol est sec, l'humidité pondérale mesurée est en moyenne de 10,6% sur la profondeur 0-8cm et de 16% sur l'horizon 8-16 cm. L'humidité pondérale moyenne le jour du prélèvement était de 13,2% soit

10% d'humidité volumique. Si on se réfère au graphique ci-dessous, la réserve utile pour cette texture de sol (Loam limoneux) est entre 13% et 30% d'humidité dans le sol. La réserve utile du sol sur les 16 premiers centimètres était vide lors du prélèvement.

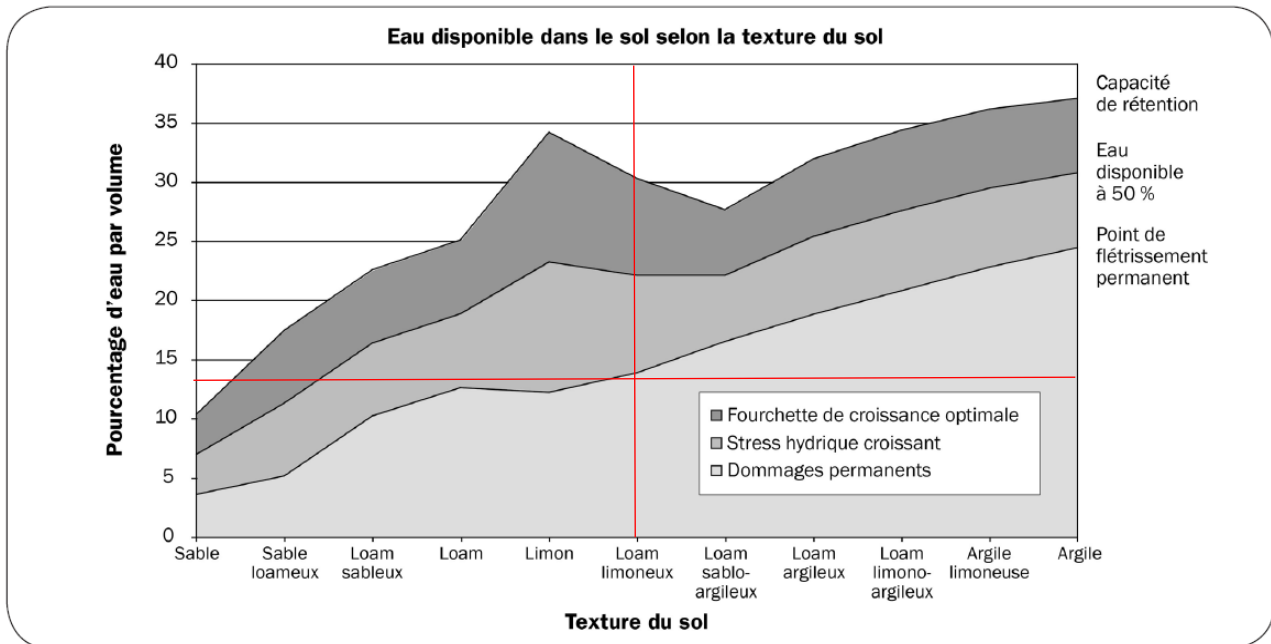


Figure 3. Eau disponible dans le sol selon la texture du sol. D'après des données tirées de Ratliff, L.F., Ritchie, J.T. et Cassel, D.K. *Soil Science Society of America Journal* 47, 770(5), 1983.

Eau disponible dans le sol selon la texture (triangle USDA)

Les 3 répétitions du test bêche étaient quasiment identiques.

La bêche a pu être enfoncée jusqu'à 25 cm sauf dans la dernière répétition, où elle n'a pas pu être enfoncée en dessous de 20 cm. On distingue 2 horizons : HZ1 de 0 à 20 cm puis HZ2 de 20 à 25 cm. HZ2 est plus tassé.

Sur les 2 horizons, on retrouve une **majorité de mottes Δb** et de la terre fine et des mottes Δ en proportions égales.

La structure du sol est de type C2R sur tout le profil (notation ISARA) ou **SQ3** (notation VESS). L'horizon 20-25cm compte plus de mottes fermées et la compaction y est plus forte.

La densité apparente (méthode du cylindre) mesurée est 0,76. La densité apparente mesure une masse de terre dans un volume connu. C'est une mesure du niveau de tassement du sol, plus la valeur est élevée, plus le sol est tassé. De plus, la densité apparente nous permet de calculer masse de terre fine sur la parcelle et calculer les apports (amendements et engrais).



Motte Δb avec galerie de ver de terre bien visible à l'intérieur.

La classe de tassement est **CLASSE 2**. Le sol est légèrement tassé (échelle de 1 à 5).

Bloc extrait après drop test : on retrouve de la terre fine, de petites mottes friables et de plus grosses mottes moins ouvertes. Les mottes sont tenues en partie grâce aux racines du sorgho.



Importance des plantes vivantes pour le maintien de la structure et la lutte contre l'érosion



HZ1

Galeries horizontales de vers de terre. Très peu de galeries verticales ont été observées.

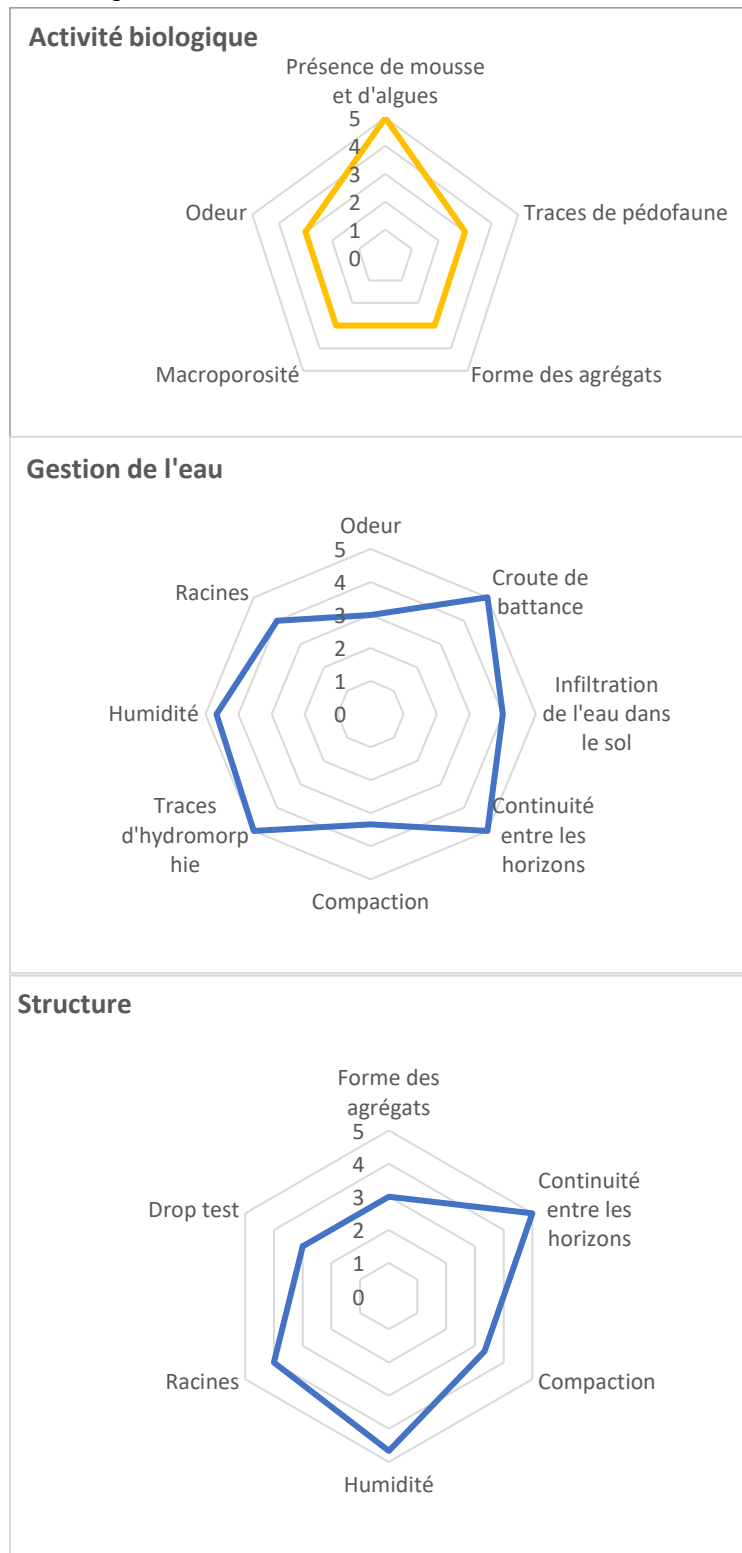
A partir de 20 cm, le sol est plus compact (couteau plus difficile à enfoncer).

HZ2

Les racines du sorgho descendent jusqu'au fond du profil (25 cm).

Les 3 graphiques radar ci-dessous réunissent différents indicateurs qui traduisent l'état de santé du sol vis-à-vis de ses caractéristiques structurales, l'activité biologique et le comportement hydrique de la parcelle.

Le détail des indicateurs est disponible dans le « Guide d'observation et pistes d'action pour des sols vivants en maraichage ».



Les indicateurs pour l'activité biologique sont moyens. On n'observe pas de mousse et d'algue en surface (signe de manque d'oxygène dans le sol) et on observe quelques turricules ou galeries en surface (et autre faune du sol). La forme des agrégats est de type structure intermédiaire (grumeleuse à polyédrique). La macroporosité à l'intérieur des mottes est moyenne.

Les indicateurs pour la gestion de l'eau sont moyens à bons. On n'observe pas de croute de battance et l'infiltration de l'eau dans le sol est bonne car on n'observe pas de traces de ruissellement et le drainage après les pluies est correct. On observe une bonne continuité entre les horizons. La compaction est moyenne, en général dans l'horizon 1, un léger effort suffisait à enfoncer le couteau jusqu'à la garde alors que dans l'horizon 2, un effort intermédiaire à difficile était nécessaire. On n'observe pas traces d'hydromorphie dans le profil. L'humidité dans le sol était plutôt uniforme (temps sec, humidité des goutteurs). L'odeur du sol est minérale.

Les indicateurs de structure sont moyens à bons. Les racines observées allaient jusqu'au fond du profil sauf sur 1 répétition. Le drop test correspond à la répartition de la taille des mottes après 3 lancers du bloc à 1m de hauteur. Le sol est

dominé par des grandes mottes à structure intermédiaire et peu de mottes friables. Il n’y a quasiment pas de terre fine.

Analyses de sol

Les analyses sont faites par le laboratoire Celesta-Lab en France et les résultats reçus le 5/03/2024.

Fertilité chimique

Le rapport d’analyses du laboratoire est disponible en annexe. Les oligo-éléments n’ont pas été analysés.

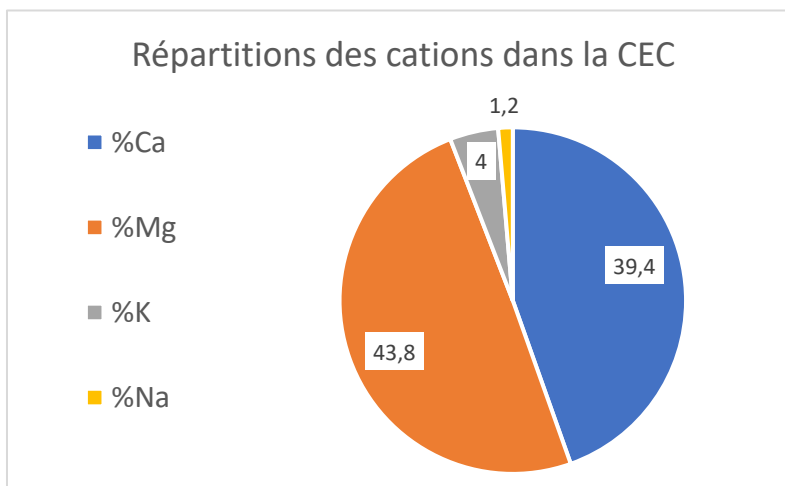
Tableau 1 : pH, CEC et éléments minéraux disponibles

pH	CEC (meq/kg)	P2O5 (ppm)	K2O (ppm)	MgO (ppm)	CaO (ppm)	NaO (ppm)
5,6	250,9	54	472	2208	2780	96

Le pH est acide et nécessite une correction pour assurer la bonne assimilation des nutriments par les plantes. La CEC n’est pas saturée, il reste encore de la place pour y stocker du calcium.

Les réserves de potasse disponible (472 ppm) sont satisfaisantes mais ne permettent pas de faire l’impasse sur la fertilisation potassique au regard des réserves en magnésium disponibles (éléments antagonistes).

Les réserves de phosphore disponible (54 ppm) sont correctes mais peuvent encore être renforcées.



Il y a un gros déséquilibre entre la représentation du magnésium et du calcium sur la CEC. Le magnésium représente 43,8% de la CEC et le calcium 39,4%. On obtient un rapport Ca/Mg égal à 0,9 alors que l’idéal se situe à 5 (rare en Nouvelle-Calédonie).

La potasse est bien représentée sur la CEC mais la sur-représentation du magnésium peut bloquer son assimilation. d’apporter

Fertilité biologique

Les analyses consistent en un fractionnement de la matière organique, une mesure de la biomasse microbienne et de son activité (minéralisation).

On distingue 2 types de matière organique : la MO libre (particules > 50µm) et la MO liée (particules < 50µm). La MO libre est la MO se dégradant le plus rapidement (<12 ans) et facilement minéralisable. Ce sont les réserves énergétiques du sol (nourriture pour les microorganismes et la microfaune). La MO stable se dégrade lentement (> 50 ans), joue un rôle structurant et d’échanges (CEC).



Schématisme des différents compartiments de la matière organique du sol analysés par Celesta-Lab

Quantité de matière organique

La quantité totale de MO est 6,4%. Le taux de MO idéal est connu grâce au rapport $MO/A=0,24$, en prenant le taux de MO liée. Ici ce rapport est de 0,19. **Il y a un déficit de 15,5 tonnes de MO liée, ce qui représente un apport de 70t/ha de compost.**

De plus, chaque année, les microorganismes du sol consomment (minéralisent) la matière organique. Ici ces pertes sont estimées à **320 kg/ha** (avec une densité apparente de 0,76 et un indice de minéralisation ou k_2 de 0,5%). Ce qui correspond à un apport de **1,5 t/ha/an de compost.**

La répartition entre les MO libre et stable est satisfaisante.

Qualité des matières organiques

Le C/N de la MO totale nous indique une matière plutôt évoluée et stable. Le C/N des MO liées et libres sont quasiment équivalents. Idéalement le C/N des MO est inférieur à celui des MO libres. En effet, plus

les MO évoluent (sont dégradées/humifiées), plus le C/N baisse. Pour les MO liées, l'idéal se situe autour de 10.

Ici le C/N (13,5) de la MO liée caractérise un humus bien évolué, fonctionnel et libérant assez facilement l'azote. Le C/N (14,1) de la MO libre caractérise une MO correctement évoluée, encore jeune, énergétique pour la faune et la microflore du sol. Cependant, si on ne rajoute pas de MO dans le sol, ce C/N va continuer de diminuer. **Il faut entretenir la MO libre par des apports réguliers.**

Biomasse microbienne

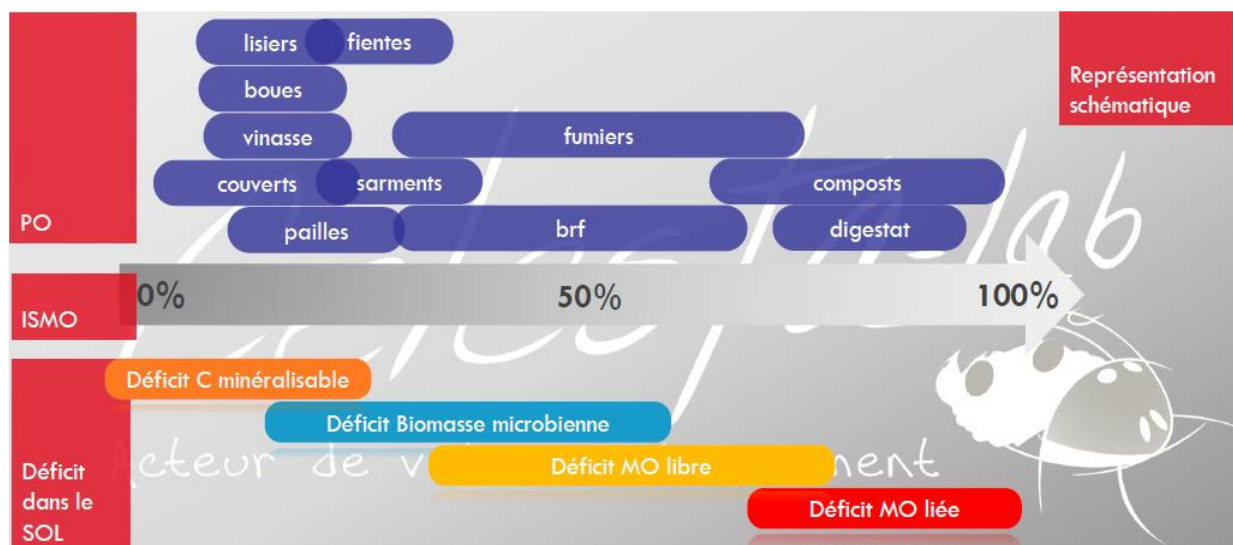
Le compartiment microbien est développé, ce qui traduit un sol vivant. La biomasse microbienne est constituée de nombreux éléments (N,P,S...). Cette biomasse se renouvelle rapidement dans le sol rendant ainsi les éléments qu'elle contient potentiellement disponible pour les plantes. Le maintien de cette masse vivante dans le sol assure, de plus, de nombreuses propriétés agronomiques indispensables aux cultures : porosité (drainage, enracinement), stabilité structurale(anti-érosion).

Cependant la proportion de cette biomasse dans la matière organique totale est un peu faible (1,6%). Cela peut être dû à un environnement défavorable (structure fermée, toxicité aluminium) et/ou à la qualité des matières organiques apportées (trop stables, pas assez énergétique). Aux vues des observations in-situ, qui traduisent une structure plutôt ouverte du sol, **il semblerait que les apports de MO ne soient pas assez énergétiques (pauvres en carbone minéralisable).**

Activités microbiennes

La MO potentiellement minéralisable (carbone minéralisé) est la MO qui sera rapidement dégradée par les microorganismes si les conditions pédoclimatiques sont réunies (humidité, température et oxygène). Ici la quantité minéralisée est très faible (0,5%), insuffisante pour assurer une activité microbienne correcte. L'activité de la matière organique est très faible. **L'apport énergétique à la biomasse est donc limité par un manque de carbone organique facilement minéralisable (par exemple des fientes de volailles fraîches ou un engrais vert de légumineuse fauché avant la floraison).**

L'azote minéralisé en 28 jours en laboratoire modélise la quantité d'azote minéralisée au champ en 4 mois. Ici cette quantité est faible (14,9 mg) et rapportée à l'azote total, cet azote rapidement disponible pour les plantes est également très faible. **La mise à disposition de l'azote du sol pour les plantes est limitée par la trop forte stabilité de la matière organique et donc par le manque de substrat facilement dégradable.**



Représentation schématique des produits organiques à apporter en fonction du type de déficit dans le sol (source : celesta Lab)

Par extrapolation, l'activité biologique du sol peut générer 60 kg/ha d'azote dans les 6 mois. Au moment du prélèvement, le reliquat azoté (azote minéral présent) était de 54 kg/ha. A titre d'exemple cela correspond environ la moitié de la quantité d'azote nécessaire au concombre pour effectuer son cycle.

Biodiversité du sol

La microbiologie du sol a été analysé par le laboratoire par Aura Pacifica en Nouvelle-Calédonie.

Vers de terre

Sur les 3 tests bêche réalisés, **aucun ver de terre n'a été trouvé**. Cependant nous étions dans un épisode de sécheresse (10% d'humidité volumique), ce qui explique en partie que nous n'ayons trouvé aucun individu. Nous avons d'ailleurs observé des traces d'activité de vers de terre (cf. observations du sol).

Microbiologie

La biomasse des bactéries et des champignons est satisfaisante mais **manque de diversité**. On compte 5 espèces de bactéries et 6 espèces de champignons. L'idéal serait de 10 espèces (source : Aurapacifica). La présence moyenne des actinomycètes nous indique que le sol a une capacité **moyenne à humifier la matière organique**.

L'activité phosphatasique nous indique la capacité des microbes à minéraliser le phosphore organique. Elle est faible.

Le nombre et la diversité des mycorhizes n'est pas satisfaisant. Les genres identifiés (*Acaulospora* et *Glomus*) sont assez communs mais peu « performant » pour la production agricole.

Pour augmenter la diversité des microorganismes, il faut **varier les sources de matières organiques**. On peut aussi inoculer des espèces connues et produites pour l'agriculture : mycorhizes autochtones commercialisées par Aurapacifica, *Azotobacter vinelandii*, *Bacillus sp.*, *Trichoderma sp.* ou encore *Beauveria bassiana* par exemple.

Conclusion – Synthèse

Le sol est légèrement tassé. La porosité du sol est meilleure sur l'horizon travaillé (0-20cm), elle est maintenue grâce au couvert végétal.

Les analyses biologiques ont montré qu'il y a un manque de matière organique au regard de la quantité d'argile. Le déficit en MO stable est de **15,5 tonnes de MO liée**, ce qui représente un apport de **70 t/ha de compost**. De plus, l'activité biologique est limitée, il faut apporter de la matière organique fermentescible (fraîches, avec un faible ISMO) comme du fumier, des fientes ou encore des engrais verts avec une légumineuse fauché avant floraison.

Aucun ver de terre n'a été trouvé. Le travail du sol perturbe fortement leur activité et le sol était sec. Les vers de terre étaient peut-être en quiescence (arrêt de développement des insectes en cas de conditions extérieures défavorables) plus en profondeur.

La biomasse microbienne est bien développée mais manque de diversité. L'apport de différents types de MO (végétale de différentes espèces, animales de différentes espèces, fraîches, évoluées...), permettra d'augmenter cette diversité. Des produits à base d'inoculum peuvent aussi être apportés pour augmenter les populations microbiennes (mycorhizes, lombrithé, Tricho-shield...).

L'analyse chimique nous indique un ratio Ca/Mg déséquilibré (0,9) où le magnésium est plus représenté que le calcium sur la CEC. La CEC n'étant pas saturée, des apports de rééquilibrage sont envisageables.

Pour tenter d'atteindre 45% de CaO et 39% de MgO, il faut apporter **520 kg/ha de calcium soit 700 kg/ha de gypse (pour lessiver le magnésium) et 600 kg/ha de lithotamne (pour remonter un peu le pH)**. Cet apport doit être fractionné en 2 car la CEC est quand même saturée à plus de 85%.

Les réserves en phosphore peuvent être augmentées, bien que 50 ppm soit correcte dans ce type de sol. Un apport de 150 kg/ha de rockphosphate (roche naturelle de phosphate) chaque année peut être envisagé. N'oublions pas que 90% du phosphore dans le sol est bloqué par les oxydes de fer et d'aluminium et que seul l'activité biologique et notamment les mycorhizes sont capables de les rendre disponibles pour les plantes.