

Compte rendu de la réunion collective DEPHY du 12 janvier 2023

Apprendre à interpréter une analyse de sol

5 membres du groupe DEPHY présents ce jour :

- Mélissa JUSTAMON (Les Jardins du Buréou)
- Théo LE DANTEC
- Alban RÉVEILLÉ
- Clément BRUNET
- Grégoire TALBOT (après-midi)

Également présentes Lucile CHAVANIEU, animatrice de la réunion, Célia AUBRY, apprentie animatrice et Lucie HORN, stagiaire en BPREA sur la ferme d'Alban.

Le programme de la journée avait été défini comme suit :

- Matinée : Réflexion en autonomie en binômes sur les analyses de sol.
- Après-midi : Interprétation des analyses par Karim RIMAN.

À l'origine, des binômes avaient été formés par les animatrices en amont de la réunion. Chaque binôme devait travailler sur une ou deux analyses au cours de la matinée, avant une restitution en plénière. L'objectif de ce travail en amont de l'intervention de Karim était de permettre aux maraîchers de gagner en compréhension des analyses et de faire émerger des questions qui seraient ensuite envoyées à Karim avant le début de son intervention, afin de gagner du temps et d'être plus efficace pour les interprétations, au vu du grand nombre d'analyses à passer (au nombre de 9).

Cependant, le nombre de membres présents le matin (4) a finalement permis un travail en petit collectif. Le travail sur les analyses suivait l'ordre de passage défini par les animatrices pour les interprétations de l'après-midi.

Document ressource : « Diapo réunion 12 janvier 2023 »

Table des matières

9h30 à 12h : Travail collectif en autonomie sur les analyses de sol.....	2
13h à 17h : Intervention et interprétations de Karim RIMAN.....	3
Partie 1 : Synthèse des analyses de sol	3
Texture – granulométrie (diapo n°2) :.....	3
État acido-base – capacité de fixation (diapo n°3) :.....	3
État de richesse en cations échangeables et phosphore assimilable (diapo n°3) :.....	4
Fertilité organique (diapo n°5) :.....	4
Équilibre MO liée et MO libre (diapos n°6 et 7) :.....	5
Biomasse microbienne (diapo n°8) :.....	5
Activité de minéralisation du carbone (diapo n°9) :.....	6
Activité de minéralisation de l’azote (diapo n°10) :.....	6
Partie 2 : Interprétation d’analyses.....	7
SCEA Le Champ des Grenouilles – Mathieu DOUCERE :.....	7
Clément BRUNET :.....	8
GAEC des Mille Pas – Théo LE DANTEC :.....	8
Les Jardins du Buréou – Mélissa JUSTAMON :.....	9
GAEC du Champ Boule – Grégoire TALBOT :.....	9
La Ferme Intention – Alban REVEILLE :.....	10

9h30 à 12h : Travail collectif en autonomie sur les analyses de sol

Le document en accès public suivant (présentation de Celesta-lab à l’association BASE en 2014) a été utilisé pour compléter certaines parties : [https://asso-](https://asso-base.fr/IMG/pdf/presentation_Salducci_MO_Energie_Solaire_20et210214.pdf)

[base.fr/IMG/pdf/presentation_Salducci_MO_Energie_Solaire_20et210214.pdf](https://asso-base.fr/IMG/pdf/presentation_Salducci_MO_Energie_Solaire_20et210214.pdf) ⁽¹⁾

Sur les 9 analyses prévues, les maraîchers n’ont eu le temps de se pencher que sur 3, afin de prendre le temps de comprendre et s’expliquer mutuellement les significations et rôles des indicateurs que comporte une analyse Celesta-lab. Pour aborder ce travail en autonomie, nous avons utilisé la méthodologie que Karim Riman nous avait présentée en décembre dernier.

La première analyse de sol de la journée était celle de la ferme de Mathieu DOUCERÉ (SCEA Le Champ des Grenouilles).

Les maraîchers se sont penchés durant 1h30 sur cette analyse afin de resituer et définir les différents indicateurs ainsi que leurs rôles.

Ainsi, plusieurs indicateurs ont soulevé des interrogations – répondues par d’autres maraîchers présents ou notées pour être posées à Karim :

- Différence entre le pH eau et le pH KCl.

- Discussion autour de la définition de CEC (l'image d'un frigo dans lequel il est possible de stocker de la nourriture – les éléments minéraux – a alors émergé), et des différentes possibilités pour l'augmenter (Argiles ? Apports de MO ? Arbres ?).
- Signification du rapport K/Mg.
- Définition de la MO liée.
- Discussion autour du rapport C/N de la MO liée.
- Interrogation sur l'interprétation de l'indicateur BM/%C.
- Méthode du calcul du reliquat d'azote, et les phénomènes engendrant ce reliquat.

Le groupe s'est ensuite penché sur l'analyse de sol de Clément BRUNET.

Pour conclure la matinée, le groupe a examiné l'analyse de sol de Théo LE DANTEC, selon le même cheminement que pour les deux analyses précédentes. Commencant à s'habituer à l'exercice, les maraîchers ont passé moins de temps sur cette analyse, en soulevant tout de même encore quelques questions, spécifiques à celle-ci.

13h à 17h : Intervention et interprétations de Karim RIMAN

Partie 1 : Synthèse des analyses de sol

L'intervention de Karim RIMAN débute par la présentation d'un travail de synthèse des analyses selon différents indicateurs, réalisé en amont de la réunion. Il profite de cette présentation pour répondre au fur et à mesure à certaines questions de la liste lui ayant été transmise par les animatrices à la fin de la matinée, au moment où les catégories dans lesquelles elles s'inscrivent sont abordées.

Texture – granulométrie (diapo n°2) :

Karim distingue 3 grands groupes de texture :

- Les sols argileux (+ de 30 % d'argiles).
- Les sols limono-sablo-argileux (entre 10 % et 20 % d'argiles).
- Les sols limono-sableux (avec moins de 10% d'argiles).

Pour les sols calcaires, attention, la granulométrie peut être biaisée par le calcaire actif qui rentre dans la catégorie des argiles. Par ailleurs des argiles vraies (silicates d'alumine hydratée) peuvent être contenues dans la catégorie limons fins.

État acido-base – capacité de fixation (diapo n°3) :

Les sols des membres du groupe DEPHY sont globalement tous neutres (exceptée une acidité prononcée pour les sols du GAEC du Matet).

Karim répond ensuite à une question préalablement posée concernant le calcaire actif, non renseigné dans les analyses de sol étudiées durant la matinée. Il explique que le point commun entre ces analyses est une quantité de calcaire total inférieure à 10 %. Or, en-dessous de ce seuil, il n'est pas nécessaire de déterminer le calcaire actif (sauf pour la vigne et cultures sensibles) car il serait très peu probable d'en trouver en grandes quantités. Cet indicateur est toutefois présent dans l'analyse Célesta-lab car il peut être utile en viticulture, notamment pour le choix des porte-greffes.

Il explique ensuite comment est mesurée la CEC : de l'acétate d'ammonium est ajouté à la solution de sol afin de déplacer les cations faiblement fixés sur le complexe organo-minéral. La CEC est liée en premier à la quantité-qualité des argiles mais elle est influencée par les MO du sol. Ainsi, dans les sols

pauvres en argiles et en MO, très peu de cations sont déplacés, à l'inverse des sols pauvres en argiles et riches en MO (car la CEC a été augmentée).

Concrètement, l'examen du tableau de synthèse montre que pour le sol de Théo, riche en argiles 33.5%, la CEC est inférieure à 20 méq/kg, tandis que celle d'Alban est égale à 20,2 méq/kg, dont le sol ne possède que 5 % d'argiles. Karim explique que le taux de MO élevé dans le sol d'Alban est responsable de cette CEC élevée, et que la qualité des argiles vraies du sol de Théo explique que sa CEC soit inférieure à 20. La MO a ici joué son rôle de rétention des cations.

« Est-ce que la CEC peut être trop importante ? » → Non, pas de risque, c'est une image de la taille du garde-manger.

État de richesse en cations échangeables et phosphore assimilable (diapo n°3) :

La colonne qui ressort de ce tableau, par ses valeurs faibles, est celle renseignant sur la proportion de K par rapport à Mg. Karim recommande de procéder à des apports en potassium lorsque ce rapport est faible, même si le sol est correctement pourvu en cet élément à l'origine. Le magnésium peut en effet bloquer l'adsorption de certains éléments (effets d'antagonismes entre certains éléments minéraux). Mg est un élément important et participe à la liaison argiles/humus.

Les teneurs en sodium des sols analysés ne sont pas excessives, à l'exception du sol de Mathieu. Un excès en sodium peut déstructurer le sol, en prenant la place du calcium et du magnésium sur le complexe organo-minéral, et provoquer des toxicités pour certaines cultures. Pour résoudre ce problème, Karim recommande « d'inonder » les sols salinisés.

Les niveaux en phosphore assimilable (P₂O₅ Olsen) sont relativement corrects. Il est tout de même recommandé de limiter les apports riches en phosphore si ce sont des apports faits régulièrement, car cet indicateur n'est pas représentatif de la teneur totale en phosphore du sol. A noter : si le phosphore est trop présent, la mycorhization sera diminuée.

Fertilité organique (diapo n°5) :

Encore une fois, Karim dégage trois grands groupes selon les taux de MO constatés dans les différents sols analysés :

- Les sols riches en MO (> 4 %), pour lesquels il est possible de « lever le pied » en termes d'apports conséquents de MO.
- Les sols avec des teneurs correctes (entre 3 % et 4 %), pour lesquels des apports de MO « d'entretien » sont préconisés.
- Les sols pouvant encore être considérés comme pauvres en MO pour des sols de maraîchage (< 3 %), pour lesquels des efforts en termes d'apports de MO sont encore à faire.

Les rapports C/N de ces MO sont corrects à l'exception du GAEC du Champ Boule (un peu faible) et des fermes d'Alban, Mathieu et Bertrand (élevés). Karim précise que cet indicateur doit avoir une valeur comprise en 8 et 12.

Azote total : une teneur inférieure à 1 g/kg est limite, non suffisante pour le maraîchage. Au-dessus de 2g/kg, on commence à être élevé.

Équilibre MO liée et MO libre (diapos n°6 et 7) :

Karim rappelle qu'en maraîchage, le ratio souhaité est 30 % de MO libre/70 % de MO liée.

Les MO libres et liées ont des tailles et des fonctions différentes. La proportion de ces compartiments (en% de la MO totale) varie en fonction de la texture, du système de culture et du mode de gestion du sol. ⁽¹⁾

Le graphique présenté distingue encore un fois trois tendances :

- Un groupe dont la proportion de MO liée se situe autour de 80 %, ce qui est trop élevé pour du maraîchage.
- Un autre présentant un équilibre intéressant entre ces deux types de MO.
- Un maraîcher avec une teneur en MO liée un peu faible (58%).

Les rapports C/N de ces MOs sont ensuite regardés. À noter que le rapport C/N de la MO totale, cité dans la partie précédente, est la moyenne de ceux-ci.

Pour la MO liée, un rapport C/N proche ou inférieur à 10 est souhaité, car un C/N élevé indiquerait un blocage de la MO (et donc des éléments contenus). Si ce rapport possède une valeur trop faible ou trop élevée, il est nécessaire de creuser l'histoire de la parcelle afin d'en trouver l'origine.

Pour la MO libre, un rapport C/N > 20 est également à questionner (blocage de la matière organique qui n'évolue pas ou apports massifs de MO à niveau de C/N >20)

Les rapport C/N des fractions libres et liées de la MO permettent d'apprécier la diversité des MO et le fonctionnement du sol. Autrement dit, grâce aux C/N, on peut apprécier la qualité de la MO et son état de digestion (état d'humification) ⁽¹⁾

Biomasse microbienne (diapo n°8) :

La biomasse microbienne est une mesure directe de la quantité de vie du sol. Cet indicateur est directement (et rapidement) impacté par des pratiques culturales (quantité et qualité des restitutions organiques, fertilisation et chaulage, pratique d'entretien du sol telles que le labour ou non labour, état structural du sol, ...) ⁽¹⁾

Concernant les quantités de biomasse microbienne, on distingue encore une fois 3 grands groupes :

- Un groupe avec des quantités « très faibles pour du maraîchage ».
- Un groupe présentant des quantités correctes à assez élevées.
- Une analyse de sol avec une quantité élevée.

Le rapport BM/C% nous renseigne sur l'appétence de la MO pour la biomasse microbienne. Il peut y avoir beaucoup de carbone à disposition de cette biomasse mais celle-ci n'est pas systématiquement proportionnelle à cette quantité de carbone.

Globalement, ces valeurs ne sont pas très élevées chez les maraîchers (entre 1% à 2% ce n'est pas suffisant au vu du carbone disponible. Cela peut s'expliquer par la température à la période des prélèvements, l'appétence réelle de la MO apportée, des excès en eau diminuant la quantité d'oxygène disponible pour la biomasse microbienne...). Il est observé en en maraîchage des valeurs de 3-4%.

Activité de minéralisation du carbone (diapo n°9) :

Les quantités de carbone et d'azote potentiellement minéralisables sont une mesure des activités microbiennes par incubation contrôlée, autrement dit « quelles quantités de C et de N sont minéralisés-consommés en 125 jours lorsque la biomasse microbienne est dans des conditions d'humidité et de température optimale ? ». ⁽¹⁾

Le Cminéralisé visible sur l'analyse Celesta-lab correspond donc au carbone potentiellement minéralisable en 28 jours : c'est le stock d'énergie disponible pour la biomasse microbienne au cours de la culture. ⁽¹⁾

L'indice de minéralisation du carbone (%) correspond au coefficient de minéralisation de la matière organique en 28 jours ($C_{\text{minéralisé}}/C_{\text{organique}} \times 100$). Il traduit l'activité de la biomasse microbienne, et donne des indications sur la protection de la MO. ⁽¹⁾

Cet indice vaut valeur du K₂ (coefficient de minéralisation). En dessous de 3%, Karim estime que ce coefficient peut être considéré comme faible. Cela traduit alors un phénomène d'accessibilité (de blocage) du carbone lié au problème d'appétence cité ci-dessus.

Le rapport Cm/BM correspond à l'activité respiratoire spécifique, autrement dit combien de mg de CO₂ par gramme de biomasse microbienne sont consommés par jour. Cela traduit le fonctionnement de la microflore et donne des indications sur l'état de stress de la biomasse microbienne. ⁽¹⁾

Activité de minéralisation de l'azote (diapo n°10) :

Le Nminéralisé visible sur l'analyse Celesta-lab correspond donc à l'azote potentiellement minéralisable en 28 jours : c'est le pool d'azote potentiellement minéralisable sur une année au cours de la culture. ⁽¹⁾

L'indice de minéralisation de l'azote (%) correspond au coefficient de minéralisation de l'azote - nitrique et ammoniacal- en 28 jours ($N_{\text{minéralisé}}/N_{\text{total}} \times 100$). Il traduit la proportion d'azote disponible pour la plante (=ce qui est minéralisé par rapport à l'azote total). ⁽¹⁾

Un coefficient de minéralisation de l'azote (colonne Nmin/Ntot) supérieur ou égal à 2% indique que l'azote est fortement biodisponible pour les plantes et les micro-organismes.

La « Fourniture annuelle d'azote » correspond à la fourniture potentielle (par extrapolation) d'azote du sol / hectare pour 188 jours dans des conditions optimales d'humidité et de température. ⁽¹⁾

Le reliquat azoté mesuré à la réception de l'échantillon peut être lié aux apports réalisés, également à la minéralisation de l'azote du sol.

- Enfin, Karim conseille de réduire les apports en azote d'origine animal afin de baisser le niveau de MO libre légèrement élevé ainsi que le reliquat en azote élevé (arrêter le fumier par exemple).

Clément BRUNET :

- Le pH est élevé (> 8).
 - Les Brassicacées acidifient le sol directement en périphérie des racines elles pompent et restituent du soufre.
 - De plus, les plantes en se nourrissant captent les ions minéraux et relâchent en échange de l'hydrogène. Allié à du gaz carbonique et du soufre, cela forme des acides carbonique et sulfurique, ce qui peut contribuer à diminuer le pH localement – équilibre acido-base).
- On note par ailleurs que les teneurs en K et phosphore (P) sont faibles. Karim recommande deux stratégies à mener :
 1. Pour le potassium : apporter les ions K sous forme de sulfates (via du Patenkali par exemple qui contient du Mg), notamment si des problèmes de pousse et de calibres des fruits sont remarqués.
 2. Phosphore : mettre en place des couverts qui aideront à mobiliser le phosphore, sans apports spécifiques.

Information intéressante : il y a deux à trois fois plus de P assimilable dans les turricules de vers de terre.

- Le sol de Clément est moins riche en MO liée car c'est un sol riche en sables (soit cette MO est partie, soit il n'y a pas assez de lignine dans les apports organiques faits selon Karim).
 - Il recommande d'apporter des composts mûrs ou de réaliser des apports plus ligneux pour augmenter cette proportion en MO liée.
 - Karim conseille également d'améliorer la structure du sol au travers de couverts végétaux.
- On observe peu de reliquats azotés avant l'analyse, ainsi qu'une MO libre qui permet de fournir beaucoup d'azote. Il n'y a donc pas de problématique liée à la disponibilité de l'azote chez Clément.

GAEC des Mille Pas – Théo LE DANTEC :

- La CEC est saturée et présente beaucoup d'ions Ca^{2+} (ce qui explique le pH élevé et peut générer des risques d'antagonismes). Nous n'avons pas la main sur ce paramètre, il faut être conscient du risque mais nous ne pouvons que « vivre avec » et opter pour des pratiques « acidifiantes »
- Au vu du fort taux de Mg, Karim propose d'apporter des sulfates de potassium en complément (des cendres par exemple).
- Déséquilibre dans le fractionnement des MO (mais pas de problèmes dans la biomasse microbienne) : la proportion de MO liée est forte (celle de la libre est de 20% seulement) du fait de l'histoire céréalière de la parcelle.

- Faible biodisponibilité de l'azote :
 - Selon Karim, il est important d'avoir 30 à 40 Unités d'azote disponible avant le cycle cultural afin d'avoir un bon démarrage. Ce n'est pas le cas ici, de qui corrobore avec les observations du maraîcher qui soutient que le démarrage est lent (16.2 U N disponible avant la culture seulement)
 - Il est possible de réaliser des engrais verts plus riches en légumineuses, les incorporer au stade floraison ou quand elles ne sont pas encore trop matures.
 - Le maraîcher apporte des composts de déchets verts : Selon Karim, cela ne règlera pas le problème de l'azote disponible mais cette pratique est tout de même à poursuivre pour d'autres raisons (maintien de la partie MO liée, utile pour la structure du sol entre autres).
 - Solution court terme : Augmenter les apports en bouchons fertilisants, apports de MO azotées (fiente de poule, tourteau de vinasse, farine de viande), en attendant la destruction des engrais verts.
 - Ne pas réaliser de cultures précoces sur ces parcelles (sol lourd, froid, calcaire), privilégier les cultures de saison.
 - Avancer le travail du sol pour que le sol se réchauffe plus tôt et donc apporter des engrais organiques avant la date prévue
 - Proposition d'Alban : Pailler avec du gazon ou du foin (MO fraîche). À réserver à des cultures tardives.

Les Jardins du Buréou – Mélissa JUSTAMON :

- Le rapport K/Mg est un peu fort : il faut continuer à apporter de la cendre.
- Il pourrait être intéressant d'augmenter la partie MO libre (encore un peu faible en proportion) : réduire les apports de compost pour rétablir l'équilibre ou bien augmenter les apports de fumiers et les engrais verts.
- Faible quantité de biomasse microbienne :
 - C'est une ancienne prairie qui était peu dynamique. Les indicateurs montrent que la qualité des MOs était correcte, mais que la biomasse microbienne était faible et que le carbone potentiellement minéralisable en 28j était faible par rapport au carbone total du sol. Cela veut donc dire que les conditions de milieu ne permettent pas à la vie du sol de fonctionner correctement : Peut s'expliquer par les problèmes de structure liés au tassement ou par la quantité d'eau apportée à l'irrigation (et ainsi moins d'oxygène pour garantir un fonctionnement optimal de la biomasse microbienne).
 - Favoriser les couverts végétaux, à détruire tôt.

GAEC du Champ Boule – Grégoire TALBOT :

Observations du maraîcher : retard au démarrage sur les salades de février après sorgho. C'est un sol assez froid, lourd et humide. Pas de problématiques autres.

- Karim recommande de reconstruire le pH dans les 5 ans.
- Les teneurs de K et Mg sont tout juste correct : poursuivre le Patenkali et privilégier du 9/5/5 ou 9/5/10 plutôt que 9/5/0 pour apporter plus de potassium.
- Déséquilibre en MO libre (23% seulement) : il est recommandé de faire des engrais verts, sans les laisser trop mûrir (idem que pour Théo). Il pourrait également être intéressant de

réfléchir à des couverts végétaux d'été moins riches en carbone à la place du sorgho, et d'arroser les engrais verts pour obtenir de meilleurs résultats

→ Ne pas lâcher le compost de déchets verts pour entretenir la fertilité organique.

La Ferme Intention – Alban REVEILLE :

Cette analyse fait suite à un problème de pousse localisée. Cette différence de pousse est observée sur les légumes et pas sur les couverts végétaux.

- Le pH a augmenté de 0,5 par rapport à l'analyse de 2019. Cette augmentation peut s'expliquer par les ions Ca amenés par les apports organiques.
- On observe un bon équilibre des compartiments MO libre et MO liée. En 2019, il y avait 3 points de MO de moins que dans cette analyse : les 3 points gagnés seraient uniquement de la MO apportée par des apports massifs de BRF réalisés entre 2014 et 2019.
 - 2019 : 50% MO libre et 50% MO liée
 - 2022 : 36/64 %
 - La partie liée a augmenté, ce qui n'est pas choquant au vu des apports de BRF réalisés. On observe d'ailleurs que cette MO, considérée comme liée par l'analyse granulométrique de Celesta-lab, n'a pas encore eu le temps de s'équilibrer en termes de C/N (elle peut encore évoluer)
 - Cette différence pourrait être due à un biais dans les prélèvements

Il n'y a pas de danger à avoir trop de MO libre, mais cela fait potentiellement fonctionner le sol « plein pot » donc il faut tout de même faire attention à l'azote, qui peut être minéralisé et lixivié.

Hypothèses pour répondre à la problématique :

- Trop d'eau qui explique le moins bon démarrage ?
- Problème d'arrosage lors de la saison, pas assez
- Température plus froide à cet endroit qui retarde le développement des végétaux ? (mais ce problème ne se retrouve que ici et pas dans les autres serres avec la même configuration)

Fin de la journée

Après l'interprétation de l'analyse de sol d'Alban, Karim et les maraîchers décident de terminer l'intervention.

Karim précise toutefois que certaines questions ayant émergé dans la journée et qui n'ont pas trouvé de réponse de sa part sont à poser à Celesta-lab (voire certaines à AUREA).

Les maraîchers sont satisfaits de la journée (notamment de la matinée de réflexion et d'échanges), et affirment se sentir plus autonomes dans la lecture et l'interprétation d'analyses de sol à l'issue de cette réunion.

*Ecrit par Célia Aubry,
Relu et complété par Lucile Chavanieu et Karim Rimani*