



Comité Français d'Étude et de Développement
de la Fertilisation Raisonnée

Réunion du groupe de travail P-K-Mg

20 février 2024, 09h00 – 12h30, Distanciel

Participants :

NOMS	Prénoms	Structures
AGASSE	Sophie	YARA
AMADOU	Issifou	UPJV
BERTHIE	Lenna	La coopération Agricole
BRAUD	Armelle	CDDM
CACHON	Jean-Pierre	CETA Marle
CHARRON	Matthieu	TIMAC Agro
COTTEN	Gildas	UNIFA
DAVID	Julien	EMC2
DELCAILLAU	Rémi	YARA
DENOROY	Pascal	Retraité INRAE
DERMECH	Nora	CRIEPPAM
DIEDHIOU	Khady	COMIFER
DROISIER	Sophie	COMIFER
DUFOUR	Francois	CORTEVA
EL KANIT	Abdelmonim	OCP GROUP
FONTAINE	Clement	Eurofins Galys
HANOCQ	Daniel	CA Bretagne
HIRTE	Juliane	AGROSCOPE
JORDAN-MEILLE	Lionel	Bdx Sc Agro
LAMBERT	Marc	YARA
LANDAIS	Franck	SUMIAGRO
LAVILLE	Patricia	MASA
LE SOUDER	Christine	Arvalis
LEDUC	David	CA pays de la Loire
LEREAU	Laure	Suez
MARION	Philippe	CA de la Marne
MICHAUD	Aurélia	INRAE
MONPROFIT	CEDRIC	K+S
PELLERIN	Sophie	K+S
RANOARISON	Sarah	LADAR
SERVAIN	François	LDAR

TOURLIERE	Pierre-Yves	Timac Agro
VERICEL	Grégory	Arvalis
WITTWER	Raphaël	AGROSCOPE

 **09h30 : début de réunion / Tour de table, actualité du COMIFER**

Directive UE « surveillance et résilience des sols »

Patricia Laville – BESEC, MASA

Une proposition de directive sur la surveillance et résilience des sols ("Soil Monitoring Law") a été proposée par la commission européenne le 5 juillet 2023. Depuis l'automne, les experts des Etats membres travaillent pour faire évoluer cette directive dans l'objectif d'obtenir une proposition générale (validation d'une version finale d'ici la fin de l'année 2024). La proposition vise à atteindre des sols européens sains d'ici 2050 au travers de définitions harmonisées et de mise en place d'un cadre de surveillance complet (gestion durable et réhabilitation des sols).

La directive comporte 4 axes dont un qui porte sur la **surveillance des sols**.

La surveillance s'applique à tous les types de sols : agricoles, forestiers, urbains et périurbains, etc. Plusieurs risques ont été identifiés : salinisation, érosion, compaction, excès de nutriment, réduction de la RU, perte de biodiversité, etc. Les critères pour évaluer la santé des sols peuvent être fixés au niveau européen ou national (Classification des sols et évaluation de leur santé / Révision de la directive environ tous les 5 ans / Mécanisme volontaire de certification par le propriétaires terriens).

Sur les critères de **salubrité** des sols, les **teneurs en éléments nutritifs** sont prises en compte. La Commission UE fixe une fourchette qui doit être comprise **entre 30 et 50 mg de P /kg de sol** (méthode Olsen, ISO 11263. Il s'agit bien de P. Exprimée en P2O5, cela donnerait une fourchette comprise entre 69 et 114 ppm.

Les documents relatifs à cette Directive sont accessibles et téléchargeables aux adresses :

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_23_3637

https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-health_en

Documents téléchargeables en français : <https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-directive-soil-monitoring-and-resilience>

Discussions / Remarques

P. Laville : La carte de la BDAT montre que les teneurs en P sont en excès (par rapport au seuil des 50 ppm) dans une bonne partie des régions : ces valeurs inquiètent la France car plus de 50% des sols sont en excès si on considère les mesures faites avec la BDAT.

→ Complément après la réunion : Concernant la question de seuil réglementaire de P dans les sols, il faut bien faire attention à l'unité de mesure : soit P pour l'UE, soit P₂O₅ pour la plupart des données utilisées en France (dont BDAT). Le coefficient de passage de l'un à l'autre est de 2.29 (1g P <=> 2.29g P₂O₅). Cela change tout. Les sols agricoles à plus de 115 mg P₂O₅ sont relativement peu fréquents en France si on se fie à la BDAT (Cf. diapo n°11 de la présentation de Blandine Lemercier et al à Tours : https://comifer.asso.fr/wp-content/uploads/2023/12/R23_PRESENTATION_LEMERCIER_BDAT_DIFFUSION.pdf). On y voit que la catégorie des sols à plus de 100 mg P₂O₅ Olsen (figuré en vert sombre et en bleu), concerne seulement le Nord-Pas de Calais et la Bretagne. Et même là, la part de cette catégorie est en régression (cf. évolution historique).

Les concentrations en P assimilable et les évaluations nationales sont effectués à partir de la BDAT alors que la BDAT n'est pas un échantillonnage aléatoire stratifié. Cela ne peut donc pas être utilisé pour cette directive. La BDAT, ce sont des analyses d'agriculteurs qui font des analyses pour différentes raisons et probablement quand il y a des problèmes. Donc la représentativité est incertaine. De plus, la teneur en P d'une parcelle dépend beaucoup de son historique propre, qui peut être différent de celui des parcelles voisines. On ne peut donc pas extrapoler d'une parcelle à une autre.

P. Denoroy : La forte teneur en P perturbe-t-elle le fonctionnement des sols ? Sinon (ce qui est le plus probable), cette question n'a pas sa place dans une directive sur la protection des sols mais sur la protection des eaux. Il s'agit là d'un "cavalier" réglementaire.

P. Laville : Selon la commission européenne, les excès de P sont en lien avec le risque de transfert vers les milieux aquatiques et les risques d'eutrophisation, d'où l'intérêt de ce critère sur le P. Cependant difficile de faire le lien entre le P des parcelles agricoles et le P des aquifères ainsi que les concentrations moyenne sur les bassins versants.

G. Véricel : Quelles seront les conséquences de ces seuils par rapport aux pratiques (agricoles et autres) ?
→ P. Laville : Cela permettra d'abord de mettre des points d'alerte et pouvoir mieux orienter les politiques publics sur le long terme. La directive permettra de définir des bonnes pratiques de gestion mais pour l'instant il n'y a pas d'obligations.

Qu'est ce qui est encore en discussion ? → P. Laville : Il y a eu beaucoup de problèmes par rapport à la méthode d'échantillonnage spatial : très limitant car cela demande beaucoup de moyens. Il y a aussi beaucoup de choses difficiles à conceptualiser notamment sur les départements d'Outre-mer. Même problème sur les critères de rétention en eau (tonne d'eau par bassin versant) critère très difficile à évaluer en partant des données physico chimiques habituelles. Pareil pour l'érosion (mesures terrain et modélisation USLE). Certains critères sont très difficiles à conceptualiser.

G. Cotten : Y a-t-il un débat pour la création d'un nouveau cadre de durabilité ? → P. Laville : Les éléments présentés sont des éléments de la directive au niveau Europe. La France accueille plutôt bien la proposition de l'Europe mais il faut que le cadre de surveillance soit adapté aux besoins. Il faut dans un premier temps utiliser au maximum les données dont dispose déjà la France, dont la BDAT. La BDAT ne mesure pas tous les indicateurs et ne concerne que les sols agricoles, alors que la directive est plus large. Le coût de la surveillance est très limitant. Si un observatoire est mis en place c'est *a priori* l'état qui va le financer.

Le phosphore dans les sols agricoles au Luxembourg : les grandes tendances / lien avec le "Soil Monitoring Law"

Simone Marx, Ministère de l'Agriculture, Luxembourg

Il y a beaucoup d'inquiétude sur ce qui est en train de se passer dans le cadre de la directive sur les sols. Pour l'instant, l'accent est mis sur la surveillance mais il y a aussi le volet des mesures à mettre en place par rapport aux sols agricoles et cela va sûrement passer par la conditionnalité de la PAC.

Sur la base de données dont dispose le Luxembourg, quelques analyses ont été réalisées sur le P en se posant la question du bien-fondé des seuils et indicateurs proposés par l'UE. Quelles relations entre le P biodisponible du sol et le P eaux ?

Historiquement les usages en engrais P et K au Luxembourg chutent fortement à partir des années 1980 avec la baisse des utilisations des scories (aujourd'hui, en moyenne 2 kg de P / ha). Le lien avec la charge bovine à l'hectare est également pris en compte.

Les moyennes en P ont chuté fortement quand les analyses de sol de tous les types de parcelles (bonnes ou mauvaises) ont été prises en charge par un seul et même laboratoire (prime ayant permis des PPF et des analyses de sols obligatoires). Avant, seules les exploitations les plus performantes faisaient des analyses de sols.

Le bilan national des entrées et des sorties de P (Panagos et *al.*, 2022) est aussi pris en compte par le Luxembourg (bilan proche de 0). Depuis 2008 il y a une chute progressive des teneurs en P du sol et des bilans qui s'équilibrent au niveau national. Au niveau des prairies permanentes la chute est plus importante (lien avec les arrêts d'apports de lisiers en hiver sur prairies permanentes).

Quel lien direct entre productivité et P disponible ? Estimation du P Olsen sur des prairies par fonction de pédo-transfert : la productivité élevée va de pair avec la densité du bétail et la teneur élevée en P du sol. Tout le nord du pays serait "mauvais" d'après la directive européenne. Historiquement les régions extrêmement basses en P ont vu leurs valeurs de P augmenter (grâce aux amendements) et ce sont désormais les régions les plus productives. Dans d'autres régions avec des teneurs en P globalement faibles (la productivité reste quand même très bonne), les seuils de la nouvelle directive sont quelques fois dépassés. La majorité des sols agricoles du Luxembourg dépasse le seuil de 50 mg de P /kg de sol.

Bilan du P au niveau des eaux de surface : les travaux internes du service agronomique de Luxembourg ont montré qu'il n'y a pas de lien direct entre le P dans les eaux de surface et le P disponible des sols. Or la directive utilise cette relation comme argument sur la question du P (postulat simple pour tous les cas de figure). Le degré moyen d'imperméabilisation semble être un proxy plus adapté pour estimer cette relation, en lien avec la densité de la population (risques plus élevés dans les zones d'habitation). Le P provenant de l'agriculture ne représenterait que 20% du P qu'on retrouve dans les eaux de surface contrairement au P issu des zones urbaines.

Restreindre les efforts aux sols agricoles ne va pas résoudre tous les problèmes au niveau des eaux de surface (différencier 2 types de pollution : celle des eaux souterraines et celle des eaux de surface).

Une étude comparative avec différents types d'extractifs a été réalisée et montre que le P soluble est amené par lixiviation et le P total par érosion. Certaines régions sont fortement marquées par un important pouvoir fixateur du P qui accentue la non-corrélation entre la teneur en P des sols et celle des eaux de surface.

La teneur en P disponible ne suffit pas pour juger du risque d'eutrophisation ou de lixiviation. Il faut rester critique et vigilant sur cet indicateur qui est utilisé au niveau de l'Europe dans le cadre du « Soil Monitoring Law » vis-à-vis des eaux de surface et des eaux souterraines.

Discussions / Remarques

J. David : Sur la partie de la phyto-disponibilité du P les mêmes constats sont observés en Meurthe-et-Moselle.

D. Hanocq : En Bretagne, même constats : les zones les plus riches en P disponible dans les sols agricoles sont celles avec les plus faibles teneurs en P dans les eaux. Il y a surtout un lien direct avec l'érosion des sols et un lien très indirect avec la teneur en P du sol. Il y a un très fort pouvoir fixateur des sols lié probablement à leur teneur en oxyde de fer (des teneurs en P soluble à l'eau beaucoup plus faibles que dans d'autres régions)

C. Fontaine : La méthode Olsen n'est pas forcément optimale dans tous les contextes et présente des limites dans certains cas de figure.

S. Marx : La fonction de filtration du sol est prise comme argument par l'UE pour justifier l'état du phosphore dans le sol. Il faudrait davantage mettre en avant la fonction de productivité des sols permise par le P.

P.Y. Tourlière : Quid de la phyto-disponibilité ? Y a-t-il une bonne productivité des cultures implantées dans des zones avec des teneurs en P extractibles faibles ? → S. Marx : sur les terres arables les rendements restent faibles (pour le maïs notamment). L'inverse est observé sur les prairies.

En conclusion : Les experts qui travaillent sur le « Soil Monitoring Law » (SML) sont essentiellement des experts de la pollution des sols, la cartographie, les mesures spatiales, alors que le SML va se jouer sur les sols agricoles. Les questions agronomiques (érosion, réserve utile, productivité, etc.) ne sont pas suffisamment discutées et il n'y a pas de vision correcte du volet agronomique. Pour les cultures sensibles à la carence en P, la limite proposée par le SML va poser problème. Il est suggéré que la France s'appuie sur les données dont elle dispose pour argumenter contre l'utilisation de cette approche qui n'est pas pertinente. Les Pays-Bas ont proposé une autre approche qui passe par le pouvoir fixateur du sol et qui semble plus pertinente. Il faut éviter de faire l'amalgame entre teneur dans le sol et teneur dans les eaux car les phénomènes sont plus complexes. Il faut rester dans le raisonnement scientifique.

Le COMIFER se tient à disposition du MASA pour apporter un appui sur ce genre de sujets (production de synthèses, identification des travaux déjà réalisés et résultats existants). Par exemple, il y a eu un projet CASDAR en 2008 sur les transferts du P agricole et les conclusions de ce travail peuvent servir (DH de la Chambre d'Agriculture de la Bretagne se propose de fournir quelques éléments au MASA et au GT PKMg).

Révision des seuils d'impasse sur le phosphore : propositions de résultats et méthode de travail

Pascal Denoroy, INRAE

L'objectif est de repartir des éléments présentés aux Rencontres de novembre 2023 et échanger dans le but de faire évoluer le mode de travail, discuter de la méthodologie et des hypothèses de travail. Ce travail a été essentiellement porté par Pascal Denoroy qui s'est basé sur les données fournies par des membres du GT PKMg mais il est nécessaire de discuter à plusieurs dans le cadre d'un sous-groupe de travail pour valider ensemble les hypothèses et la méthode de travail afin d'avancer de manière plus consensuelle, mieux structurer le travail et avoir une bonne traçabilité de la méthode et des référentiels utilisés.

Le travail effectué jusque-là a permis une homogénéisation des données disponibles (une centaine d'essais historiques ayant servi au paramétrage de la méthode COMIFER, des essais qui datent des années 2010, des essais de longue durée encore actifs, etc.). Il est possible d'intégrer d'autres jeux de données s'il y en a.

Un premier volet méthodologique de ce travail a fait l'objet d'un poster aux Rencontres COMIFER-GEMAS de novembre 2021 et un article (L.Jordan-Meille et al....) soumis pour publication à une revue scientifique : on traite ici du choix du modèle de réponse du rendement à la disponibilité en P du sol. La comparaison de 4 modèles testés sur 6 essais de longue durée, justifie le recours au modèle "linéaire-plateau" (LP). Le modèle linéaire plateau a finalement été retenu car il est plus robuste d'après ces résultats.

Ensuite, le modèle LP a été ajusté pour tous les cas expérimentaux disponibles (c'est-à-dire pour chaque culture dans chaque site).

Pour éviter des ajustements donnant des seuils abusivement extrapolés, on impose pour valider un seuil, qu'au moins 10% des points expérimentaux soient de chaque côté du seuil estimé)

Au total on dispose d'un peu plus de 200 cas expérimentaux avec des ajustements validés (1 cas = 1 site et 1 culture). Les données site*culture ont été traitées d'abord suivant les typologies historiquement utilisées au COMIFER.

Avec cette typologie (type de sol * classe d'exigence des cultures) la moyenne des seuils d'impasse trouvée est inférieure aux seuils actuellement utilisés, mais les écart-types sont importants dans chaque situation « type de sol * classe d'exigence des cultures ». Cela pose beaucoup d'interrogation quant à fixer un seuil de référence. On a donc tenté de réviser la typologie actuelle pour voir si on pouvait l'améliorer pour réduire la variabilité du Timp, interne à chaque situation

Une des raisons peut être liée au regroupement des cultures dans les classes d'exigences actuelles. L'exigence se traduisant par des différences de pertes relatives de rendement, on a essayé de comprendre si cela est dû à un décrochage à des niveaux de teneurs en P différents, ou bien une dynamique de chute de rendement différente à partir d'un seuil identique. Les deux phénomènes semblent en cause avec une prépondérance d'une plus forte dynamique de perte de rendement pour les cultures plus « exigeantes ». Pour simplifier, comme les différences de comportement entre cultures ne sont pas très tranchées, il est proposé d'utiliser une typologie basée sur seulement deux groupes (« très » et « faiblement » exigeantes).

Cas du "blé de blé" ; il apparaît que les T_{imp} sont peu différents (non significatif) entre un premier ou un second blé, pas toujours dans le même sens. On pourrait donc regrouper les 2 cas.

L'hétérogénéité des valeurs de T_{imp} estimées pourrait aussi être liée à la typologie des sols. À partir de la typologie des sols initiale, des regroupements ont été proposés pour essayer de réduire la dispersion du T_{imp} dans chaque catégorie de sol retenue.

In fine, la variabilité des T_{imp} moyen dans une même catégorie « culture*sol » reste relativement élevée (environ 44% de variabilité). La simplification des typologies n'a donc pas vraiment amélioré l'estimation de T_{imp} de référence puisqu'on n'a pas assez réduit la dispersion interne à chaque situation « classe culture * type sol ».

On a testé des corrélations entre T_{imp} et indicateurs analytiques du sol (granulométrie, pH, carbone oxydable...). Cela n'a été possible que sur une population réduite de cas expérimentaux, faute d'information disponible. On n'a pas obtenu de résultats concluants sauf avec l'indicateur $CaCO_3$ pour les sols « de craie » (hormis des sols du Centre Ouest), et les indicateurs de Fe et Al « libres » (analyses Tamm ou Mehra-Jackson) pour les sols limoneux et argileux. Ces pistes restent à explorer davantage

Il reste encore beaucoup de points à discuter et des pistes à approfondir en sous-groupe de travail : valider les hypothèses de travail / prendre le temps de discuter sur les approches à utiliser / valider l'intérêt des analyses de terre comme indicateurs de T_{imp} / si pertinent, lier le T_{imp} à des indicateurs analytiques du sol ($CaCO_3$, Fe ou Al extractibles... indicateurs liés au pouvoir tampon du sol). Ces indicateurs servent au RMQS et à la cartographie pédologique des sols. L'idéal serait de pouvoir estimer une classe de valeur de ces indicateurs à partir de la cartographie des sols, afin d'estimer ainsi la valeur de T_{imp} , à partir de la localisation de l'échantillon et de la carte des sols.

Discussions / Remarques

D. Hanocq : Avec 10% de points au moins de chaque côté du seuil estimé, n'y a-t-il pas un risque d'éliminer des cas où le seuil est plus élevé que la moyenne ? → P. Denoroy : Non il n'y a pas de risque car cette condition ne s'applique presque jamais dans le cas du modèle linéaire plateau. Ce risque apparaissait plutôt pour les 2 autres modèles d'ajustement qui n'ont finalement pas été retenus. Cela peut aussi s'observer sur les essais historiques avec peu de points.

D. Hanocq : Dans la méthode de raisonnement des années 1995, on prend en compte la teneur du sol et l'historique des apports et les restitutions. Ces deux approches semblent confondues dans le cadre des essais longue durée. Cela s'observe sur quelques résultats d'essais de D. Hanocq et pour un même régime d'apports, la relation entre P-Olsen et productivité n'est pas très flagrante avec même des effets inverses parfois.

P. Denoroy : Sur les essais historiques il y a très peu de traçabilité avec des données manquantes sur la localisation des parcelles, les analyses de sols, etc. Il est donc difficile de faire toutes les vérifications sur ce qui a été historiquement réalisé.

P. Denoroy & C. Le Souder : Quelques stocks d'échantillons de sol ont été conservés côté INRAE et côté Arvalis : cela pourrait permettre la re-analyse d'échantillons de terre issus d'essais passés pour valider l'hypothèse d'une forte corrélation entre T_{imp} et $CaCO_3$ ou Fe (ou Al) extractibles.

C. Le Souder : Par rapport aux hypothèses sur les seuils T_{imp} , il faut faire attention aux risques qu'on est prêt à prendre ou pas. Sur l'exigence des cultures, est-ce qu'elles répondent à un même niveau de teneur ? C'est la pente de la courbe de réponse qui est différente ou les cultures répondent-elles à des niveaux de teneur différentes ? Les données historiques de 1993 montrent plutôt que les cultures répondent à des teneurs différentes. → Hypothèse à rediscuter en sous-groupe de travail.

P. Y. Tourlière : Sur la question de la corrélation du T_{imp} au type de sol, des cultures exigeantes sur sols pauvres en P se comportent des fois très bien, voire mieux que les cultures faiblement exigeantes. Vu que le bilan français est plutôt à l'équilibre, il faut être vigilant à ne pas trop abaisser les seuils au risque d'avoir des bilans négatifs et des répercussions sur la productivité.

P. Denoroy : le travail de révision des seuils fait suite au constat que les seuils observés dans les essais longue durée sont généralement inférieurs aux seuils qui sont préconisés. L'objectif n'est pas nécessairement de baisser les seuils actuellement utilisés mais plutôt de vérifier si les observations faites sur certains essais longues durées sont généralisables ou pas. Pour l'instant les résultats ne permettent pas de trancher car la typologie des cas possibles (« culture » ; « sol ») n'est pas satisfaisante. Il y a aussi un problème d'incertitude sur l'ajustement des nouveaux T_{imp} lié à la nature de certains jeux de données d'essais (peu de points expérimentaux, ...).

Classes de sensibilité des cultures : au bout de combien d'année d'impasse ça décroche ? Quid de la sensibilité de la culture et moment où la pente de la CR décroche ?

Il serait intéressant de travailler avec d'autres pays sur cette question.

Prendre en compte le coût économique également, en lien avec la productivité.

Membres du groupe PKMg volontaires pour participer au sous-groupe de travail : Christine Le Souder ; Clément Fontaine ; Julien David ; Daniel Hanocq ; Grégory Véricel ; Gildas COTTEN, Lionel Jordan-Meille.

Du fait des temps de discussion qui ont été plus longs que prévu, les deux présentations initialement prévues ont été reportées à la réunion du 12 juin. Il s'agit des sujets suivants :

- Réponse des cultures au potassium sous différentes situations pédoclimatiques. Conséquences pour les recommandations de fertilisation (Julien Hirte, Raphaël Wittwer, Frank Liebisch, Agroscope, CH)
- Rôle des formes de P organique dans la disponibilité et l'acquisition du P par les plantes (Issifou Amadou, Univ Picardie, Unilassalle)

Fin de réunion