



Avec la contribution financière
du compte d'affectation spéciale
«développement agricole et rural»



Atlas des sols du Puy-de-Dôme



Cliché de M. MEUNIER Guillaume

CHAMBRE D'AGRICULTURE DU PUY-DE-DÔME



Atlas réalisé par :

Potier J. – Moigny F. – Lère F. – Fougeroud E.

Juin 2019

Chambre d'agriculture du Puy-de-Dôme – Pôle productions

11 allée Pierre de Fermat – BP 70007 – 63171 AUBIERE

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre 1 : Analyse cartographique des sols du département	3
1. Répartition des analyses de sols	4
2. Types de sols dominants des analyses de sols.....	5
3. Teneur en argile	6
4. Teneur en matière organique	7
5. pH	8
6. Teneur en chaux.....	9
7. Teneur en phosphore	10
8. Teneur en potasse	11
9. Teneur en magnésie	12
10. Carte administrative du Puy-de-Dôme	13
Chapitre 2 : Analyse des types de sols présents dans le Puy-de-Dôme.....	14
1. Informations générales sur les types de sols	15
2. Terres noires	16
3. Argilo-calcaires.....	23
4. Sols alluviaux.....	29
5. Argilo-sableux	35
6. Sols granitiques	41
7. Sols volcaniques	43
Chapitre 3 : Méthode de raisonnement de la fertilisation phosphatée et potassique du COMIFER	45
1. Brochure du COMIFER : Grille de calcul PKMg (2007 et 2009)	46
2. Etapes nécessaires au calcul des doses à apporter (phosphore et potasse)	52
3. Mise en pratique de la méthode de raisonnement de la fertilisation phosphatée et potassique du COMIFER.....	63
4. Fiche de calcul pour la fertilisation phosphatée et potassique du COMIFER	69

Introduction

Quel que soit la pertinence des informations contenues dans cet atlas, rien ne peut remplacer une analyse de terre réalisée sur vos parcelles.

L'**Atlas des sols** est un outil de sensibilisation et de documentation à destination des agriculteurs et des conseillers agricoles. L'objectif premier de cet écrit est de mettre en évidence les principales caractéristiques physiques et chimiques des sols du département du Puy-de-Dôme.

Ce document comporte des cartes du département délimité par commune, des textes explicatifs ainsi que des graphiques à prendre en considération pour une approche générale de la fertilité des sols du département. Ainsi, il est possible de différencier deux parties : une première regroupant les cartographies et une seconde présentant les caractéristiques des types de sols présents dans le département.

Cet atlas a été conçu à partir des analyses de sols dont dispose la Chambre d'agriculture du Puy-de-Dôme. Ainsi, ce sont 4 478 analyses réalisées dans le département et couvrant la période allant de 1995 à 2019 qui ont été utilisées. 2 753 de ces 4 478 analyses ont été utilisées pour l'élaboration des graphiques par type de sol. Ce nombre plus faible d'analyses pris en compte s'explique par l'absence du type de sol pour certaines parcelles présentes dans la base de données de la Chambre d'agriculture.

Les cartographies de l'atlas :

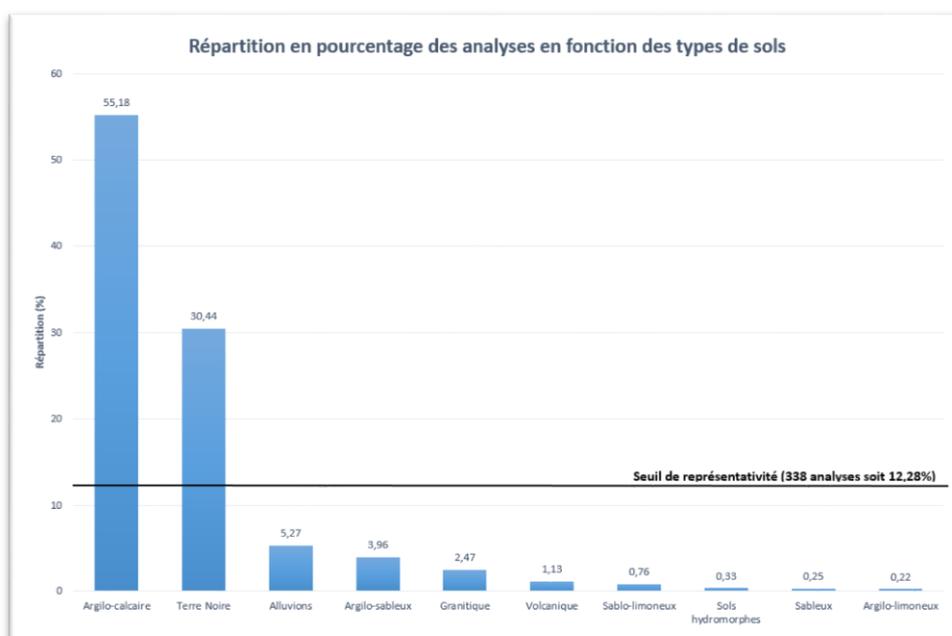
Les cartes réalisées représentent des moyennes par commune. Elles apportent donc des informations générales sur les sols du Puy-de-Dôme et sont présentées à titre indicatif. Par conséquent, il est impératif de prendre en considération les limites de ces cartes pouvant résulter des faibles nombres d'analyses à disposition. Il est donc approprié de réaliser des analyses de sols de ses parcelles pour obtenir des indications précises et évaluer au mieux les caractéristiques de ses sols. Il est également nécessaire de tenir compte des variations intra-communales pouvant être liées au type de sol, aux pratiques culturales ou aux conditions météorologiques. Par ailleurs, les cartes permettent d'avoir une vision des valeurs communales moyennes des éléments suivants:

- La teneur en argile
- La matière organique
- Le pH
- La chaux
- Le phosphore (analysé avec la méthode Olsen)
- La potasse
- La magnésie

En ce qui concerne la représentativité statistique, il est nécessaire de mettre en évidence qu'aucune des communes du Puy-de-Dôme ne peut être considérée comme représentative. En effet, le plus petit échantillon représentatif, au niveau de confiance de 95% et avec une marge d'erreur de 5%, est de 354. Or aucune commune ne dépasse ce nombre d'analyses. A titre indicatif, la commune ayant le plus d'analyses est Saint-Beauzire avec un total de 205 analyses.

Les graphiques de l'atlas :

Les graphiques ont été réalisés en fonction des types de sols pour obtenir une précision supplémentaire. Ainsi, il a été construit des graphiques représentant l'évolution dans le temps de certains éléments pris en compte dans les analyses de sols tandis que d'autres graphiques mettent en avant les stratégies de fertilisation possibles et majoritaires dans le Puy-de-Dôme pour les éléments fertilisants (P-K-Mg). Comme dit précédemment, 2 753 analyses ont été utilisées pour cette partie. Néanmoins, tous les types de sols ne sont pas représentés également dans les analyses de sols. Ce fait est visible sur le graphique ci-dessous. Ainsi, il peut être mis en évidence que seules les données pour les sols argilo-calcaires et les terres noires sont représentatives. Par conséquent, il est nécessaire de garder à l'esprit les limites des informations apportées par ces graphiques.



Pour chaque type de sol, il peut ainsi être mis en avant les éléments suivants :

- La granulométrie moyenne des sols
- Les teneurs moyennes en pH, matière organique, chaux, phosphore (analysé avec la méthode Olsen), potassium et magnésium
- L'évolution dans le temps de certains éléments (matière organique, pH et éléments fertilisants)

Par ailleurs, des graphiques concernant les éléments fertilisants ont été réalisés à partir des analyses faites sur les dix dernières années. Ces graphiques représentent les teneurs en éléments fertilisants des parcelles par ordre croissant afin de pouvoir caractériser leur état de fertilité. Il peut ainsi être déterminé les stratégies de fertilisation les plus présentes en fonction du type de sol, de l'élément fertilisant et de l'exigence de la culture.



Chapitre 1 :

Analyse cartographique des sols du département

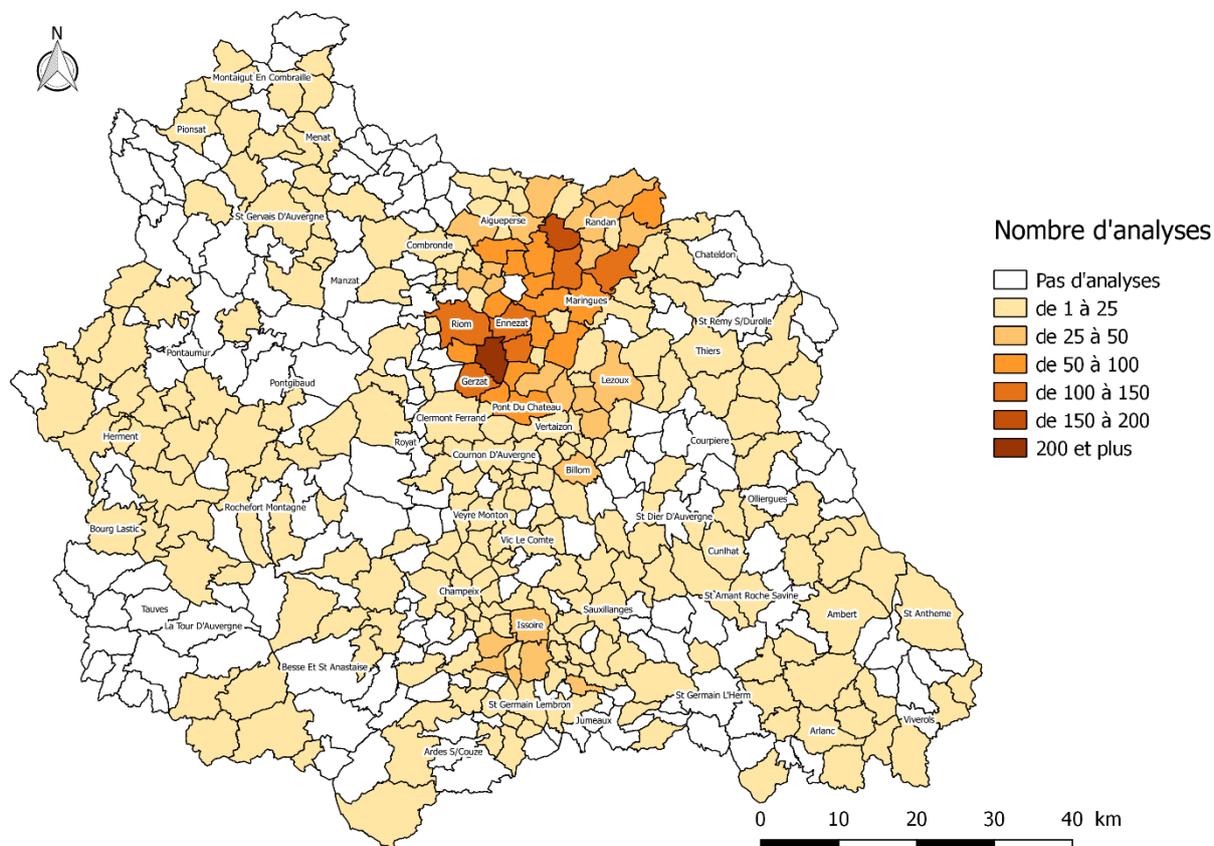
Cette première partie de l’atlas se compose de plusieurs cartes réalisées à partir de la base de données regroupant les analyses de sols à la disposition de la Chambre d’agriculture du Puy-de-Dôme. Ces cartes permettent donc d’obtenir une vision générale, à l’échelle départementale, de la répartition des différents éléments pris en considération dans les analyses de sols. Il peut également être mis en évidence que ces cartographies ont été construites avec l’application de Système d’Information Géographique (SIG) QGIS.

1. Répartition des analyses de sols

Grâce à la carte de densité, il est possible d'observer que les analyses sont réparties inégalement sur le département. En effet, la densité d'analyses est la plus forte en Limagne et plus particulièrement en Limagne Nord, secteur où les cultures sont dominantes. En Limagne Sud, il est à noter que la majorité des communes est pourvue d'analyses.

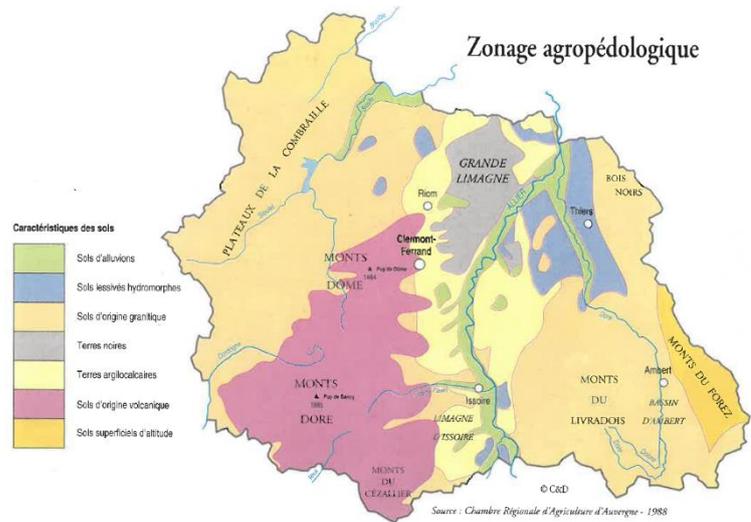
En ce qui concerne l'Est et l'Ouest du département, il est nécessaire de prendre en compte le faible nombre d'analyses réalisées. Cette densité peut s'expliquer par la prépondérance des prairies dans ces zones géographiques. Ainsi, les analyses d'herbes sont favorisées au désavantage des analyses de sols.

Répartition par commune des analyses de sols conduites entre 1995 et 2019 dans le Puy-de-Dôme



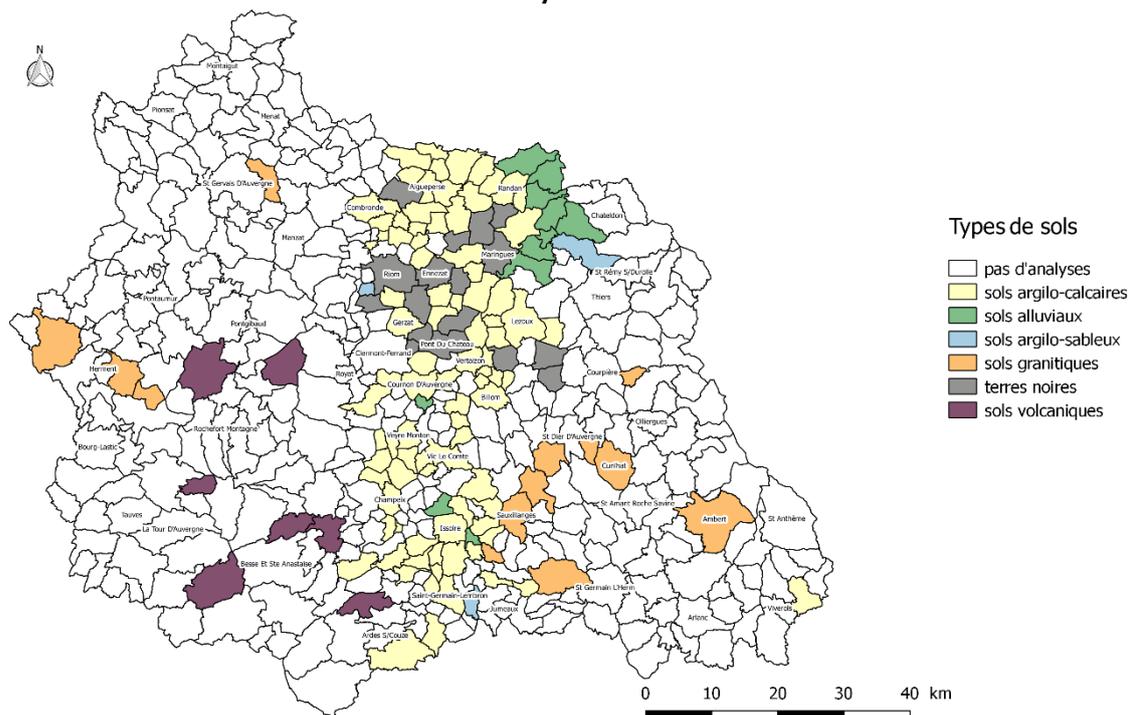
2. Types de sols dominants des analyses de sols

Le Puy-de-Dôme est un département se constituant, d'un point de vue pédologique, de plusieurs types de sols. Pour exemple, il peut être mis en évidence la présence de sols argilo-calcaires, de sols granitiques ou de sols alluviaux. Par ailleurs, la répartition générale des différents types de sols du Puy-de-Dôme est visible sur la carte ci-contre (cartographie provenant de l'Atlas de la Fertilité des Sols du Puy-de-Dôme de 1994).



En ce qui concerne la carte ci-dessous, cette dernière représente les types de sols dominants rencontrés dans les analyses de sols depuis 1995. D'un point de vue géographique, il est possible d'observer que les sols majoritaires des analyses sont similaires avec ceux présents sur la carte de l'atlas de 1994 (présentée ci-dessus). Toutefois, certaines communes du département comme Jozé possèdent plusieurs types de sols. De ce fait, il est primordial de garder à l'esprit les variations intra-communales pour les types de sols.

Types de sols dominants dans les analyses de sols par commune du Puy-de-Dôme



3. Teneur en argile

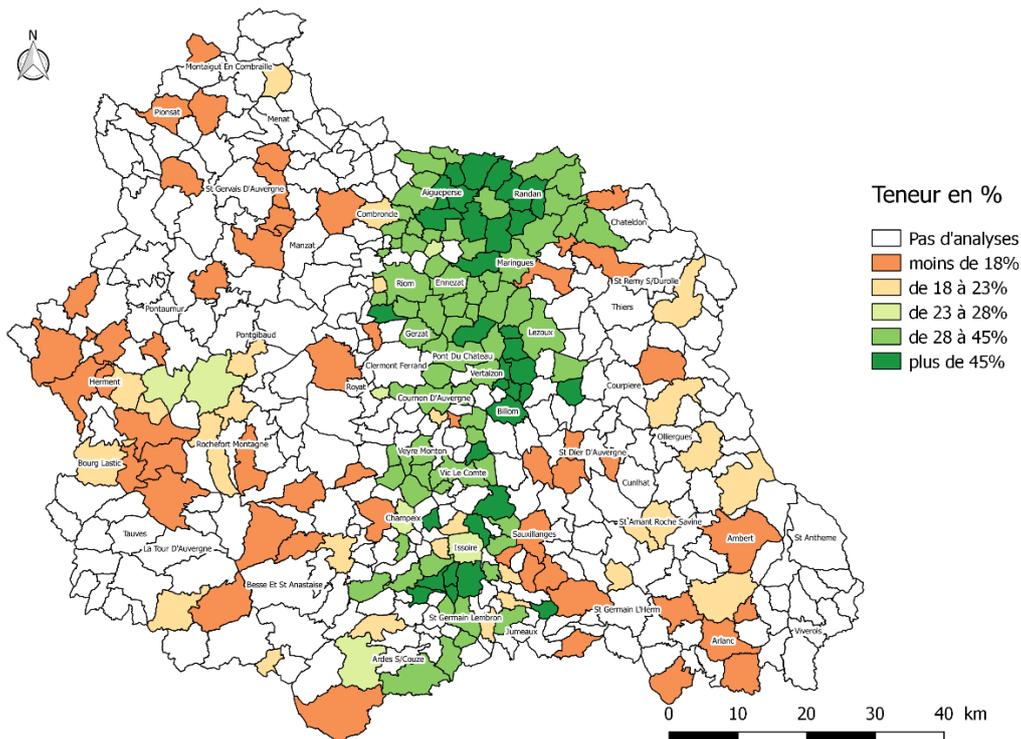
L'argile est un élément à prendre en compte pour la fertilité des sols. En effet, elle présente des propriétés jouant des rôles primordiaux dans la structure des sols. L'argile va ainsi permettre de stocker l'eau et d'apporter des éléments nutritifs aux plantes en s'associant à la matière organique.

La teneur en argile peut également engendrer des complications quant au travail du sol. Certains sols argileux (et plus précisément les sols argilo-limoneux) sont propices à l'apparition de croûte de battance. Cette croûte aura pour principale conséquence l'imperméabilisation des sols. Par ailleurs, la teneur en eau de ces sols au moment du travail peut entraîner la formation de mottes ou de problèmes de compaction. Il est ainsi important d'apporter une attention particulière aux conditions et au travail du sol en lui-même.

L'action de l'Homme a peu d'influence sur la teneur en argile des sols. Néanmoins, la structure des sols peut être améliorée par la mise en place d'itinéraires techniques appropriés. De plus, des apports de matière organique peuvent entretenir les liens entre l'humus et l'argile (complexe argilo-humique) rendant ainsi accessibles les nutriments aux plantes.

La teneur en argile dans le département est variable en fonction des zones géographiques. Elle tient au passé géologique. Ainsi, il est possible d'observer des taux d'argile supérieurs à 28% en Limagnes. A l'inverse, des taux plus faibles sont présents de part et d'autre des Limagnes autant sur des sols d'origine granitique (secteurs des Combrailles ou du Livradois-Forez) que sur des sols d'origine volcanique (zones des Dômes, de l'Artense ou du Cézallier-Sancy).

Teneur en argile des sols du Puy-de-Dôme par commune



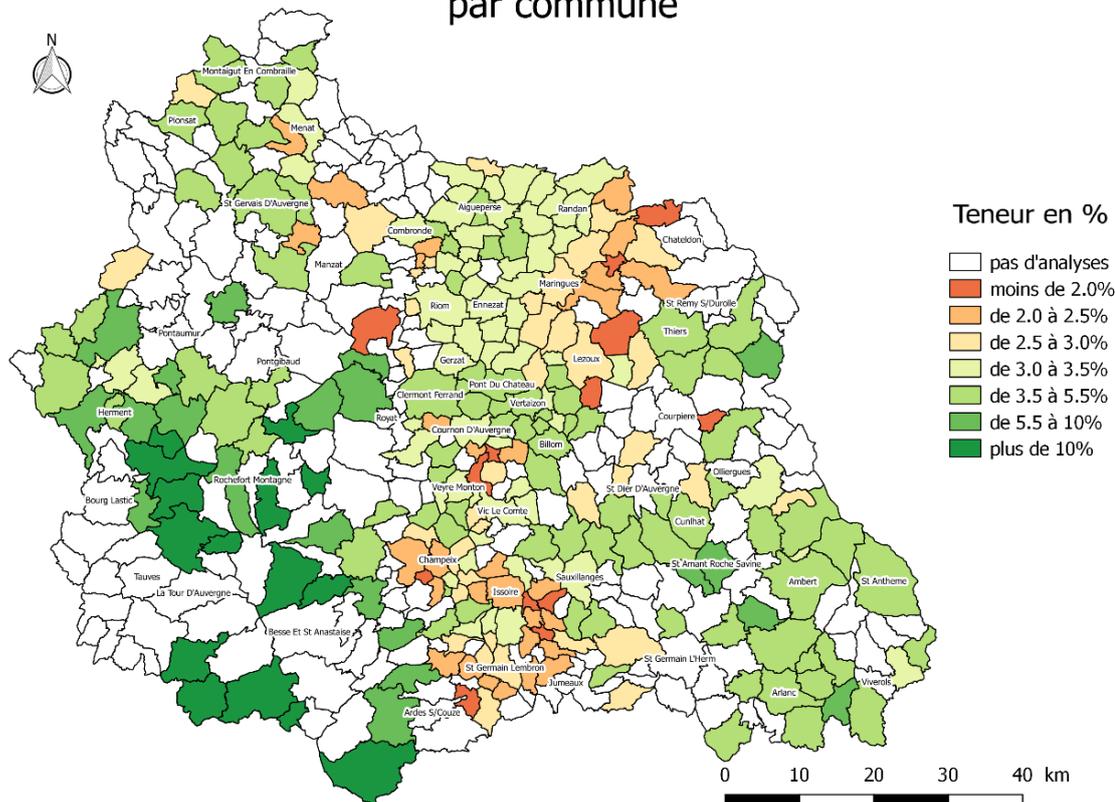
4. Teneur en matière organique

La matière organique du sol se décompose en plusieurs classes en fonction de son stade de décomposition (matière organique libre, humus, etc.). Cette matière organique a deux rôles principaux pour la fertilisation. Tout d'abord, la matière organique représente une source d'éléments nutritifs pour les plantes. Par ailleurs, elle influe la structure du sol en intervenant avec l'argile (complexe argilo-humique) pour former les agrégats.

A l'échelle départementale, il est possible d'observer que le Puy-de-Dôme est bien pourvu en matière organique. En effet, les secteurs entourant les Limagnes sont riches en matière organique avec des teneurs moyennes allant de 3,5% à plus de 10%. Cette richesse peut s'expliquer par la présence de prairies et d'élevages. En ce qui concerne les Limagnes, il est observé des teneurs en matière organique un peu plus faible que sur le reste du département. Toutefois, ces teneurs restent satisfaisantes dans l'ensemble des analyses.

Ces teneurs en matière organique sont à modérer dans leur prise en compte. En effet, les taux de matière organique sont très variables en fonction de la profondeur de prélèvement des échantillons. De plus, il est possible de surestimer la teneur en matière organique sous herbe à cause d'une présence résiduelle de matière végétale lors des analyses. Il peut également être noté un changement de méthode d'analyse pour la matière organique (analyse du carbone organique avec la méthode Anne ISO 14235 ou analyse du carbone total avec la méthode Dumas ISO 10694 et des carbonates totaux ISO 10693). Néanmoins, ce changement de méthode n'entraîne pas de différence significative quant aux résultats.

Teneur en matière organique des sols du Puy-de-Dôme par commune



5. pH

Le pH est une valeur permettant de quantifier l'acidité des sols. Il est ainsi possible de définir les sols sous diverses appellations en fonction de cette acidité :

Valeurs de pH	Interprétations
Inférieur à 5,5	Sol fortement acide
5,5 à 6	Sol acide
6 à 6,6	Sol légèrement acide
6,6 à 7,4	Sol neutre
7,4 à 7,8	Sol légèrement alcalin
7,8 à 8,5	Sol alcalin
Supérieur à 8,5	Sol fortement alcalin

De manière générale, les sols légèrement acides et neutres permettent de maintenir des conditions favorables aux cultures car cette zone de pH est propice à l'activité microbienne des sols et permet l'assimilation, par les cultures, des éléments nécessaires à leur développement (K_2O , Cu, etc.). Néanmoins, il est à noter que ce pH optimum peut varier localement en fonction des cultures et des sols.

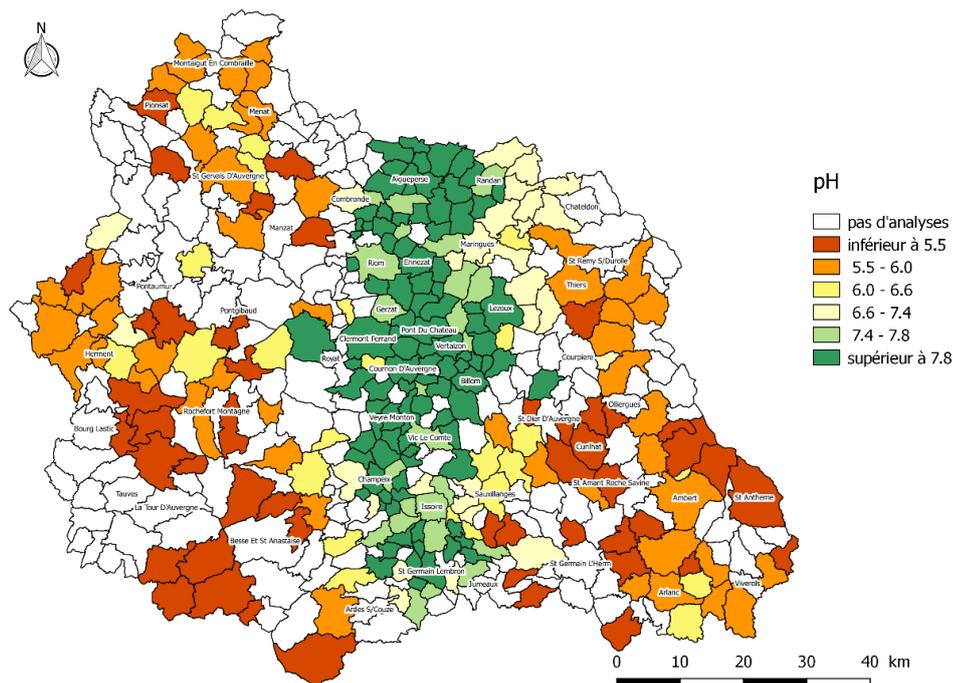
Les sols acides et fortement acides peuvent entraîner une toxicité aluminique et réduire l'activité microbienne des sols. Le seuil de 5,5 unités de pH peut être mis en évidence. Ce dernier correspond à la valeur de pH en dessous de laquelle de forts risques de toxicité aluminique sont présents dans les sols.

Afin d'augmenter le pH, il est possible de réaliser des chaulages avec des amendements calciques ou magnésiens. Néanmoins, le pH ne doit pas être élevé de plus d'une unité par an pour éviter le blocage de certains éléments essentiels aux plantes.

Les pH alcalins et fortement alcalins ont également un impact négatif sur la capacité d'adsorption de certains éléments essentiels aux plantes (fer, manganèse, bore, etc.) et peuvent entraîner des carences. Toutefois, il est plus délicat de diminuer un pH car les variations seront courtes. Il est donc préférable de veiller à la disponibilité des oligo-éléments pour les plantes.

Enfin, il faut noter que l'on observe fréquemment des variations saisonnières du pH pour un même sol. En principe, le pH est plus élevé en hiver.

pH des sols du Puy-de-Dôme par commune

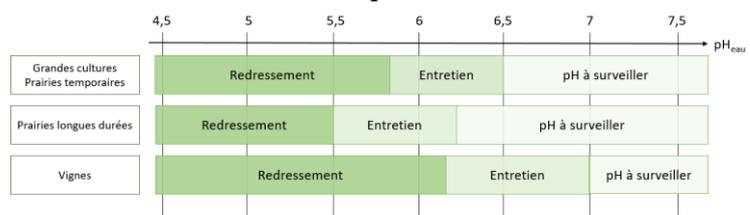


6. Teneur en chaux

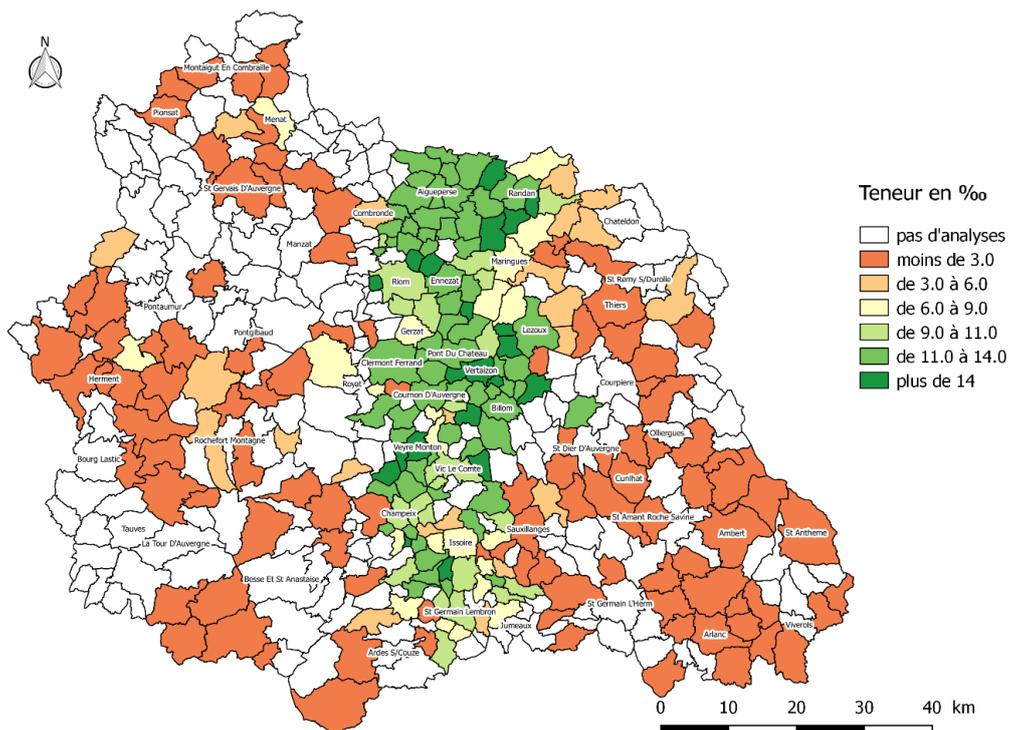
Les amendements basiques peuvent être mis en place lorsque le pH du sol est trop faible. Ces amendements se constituent d'anions (HO^- , CO_3^{2-} , etc.) et de cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}). Toutefois, il est souvent pensé que l'augmentation du pH résulte de la quantité de calcium. Or, seuls les anions peuvent arracher et neutraliser les H^+ fixés sur le complexe adsorbant. Ainsi avec l'arrachement des H^+ , le pH augmente et les cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) se fixent au niveau des sites libérés par les H^+ . De ce fait, l'efficacité de l'amendement n'est pas due à la teneur en calcium mais à la teneur en anions.

Comme dit précédemment, le pH est une composante essentielle afin d'obtenir un rendement optimum et d'éviter certains risques (toxicités, carences, etc.). Pour contrer ces désavantages, des chaulages peuvent être réalisés. Ils permettront également d'améliorer la stabilité et de favoriser les activités biologiques des sols. Toutefois, les chaulages doivent être raisonnés car ils dépendent de plusieurs facteurs tels que le type de sol, le climat ou les pratiques culturales.

La gestion des chaulages peut être fondée sur les résultats des analyses de terres. Il faut ainsi prendre en compte le pH_{eau} , la CEC (capacité d'échange cationique) et la teneur en aluminium échangeable du sol pour déterminer l'état acido-basique des sols. Grâce à cela, le chaulage le plus pertinent peut être déterminé. Il est néanmoins possible de se baser sur la valeur du pH_{eau} pour obtenir une stratégie de chaulage possible.



Teneur en CaO des sols du Puy-de-Dôme par commune



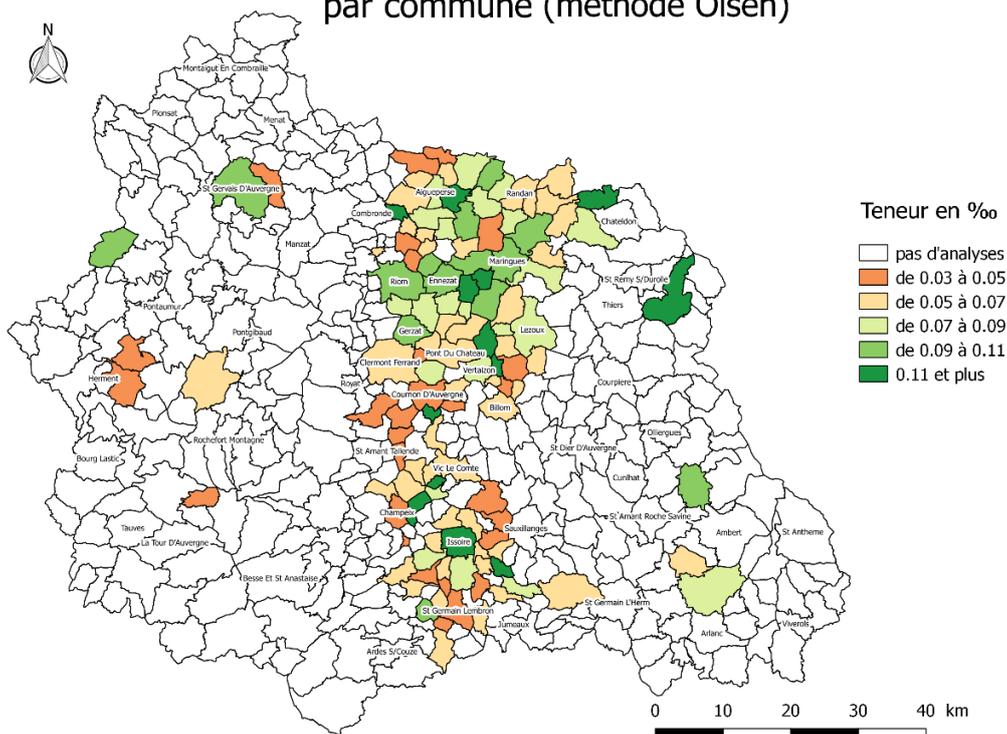
7. Teneur en phosphore

Le phosphore est un élément indispensable aux plantes en ayant un rôle majeur dans la photosynthèse. Par ailleurs, le phosphore est un élément très peu mobile dans le sol (quelques millimètres par an). Par conséquent, il est primordial d'incorporer le phosphore au moment du semis dans les 5 premiers centimètres du sol ou à côté de la raie de semis pour les cultures très exigeantes (betteraves sucrières, pomme de terre, etc.) ou le maïs par exemple. Il peut également être mis en évidence qu'un apport de phosphore en couvert sur le semis n'est quasiment pas efficace en année 1.

Afin d'apprécier la teneur en phosphore assimilable par la plante, plusieurs méthodes sont utilisables. Dans le cadre de cet atlas, seules les analyses réalisées à compter de 2014 sont prises en considération pour le phosphore. Ce choix s'explique par un changement de méthode d'analyses. A partir de cette date, le phosphore a été dosé avec la méthode Olsen tandis qu'auparavant, les méthodes utilisées étaient celles de Joret-Hebert ou de Dyer. Il est possible de noter que les teneurs de phosphore obtenues avec la méthode Olsen sont vraisemblablement plus caractéristiques du phosphore assimilable que pour les deux autres méthodes de dosage.

Sur le département, il peut être constaté des teneurs en phosphore très différentes d'une commune à l'autre. Cela peut provenir des passés cultureux, des types de sols ou des anciennes fertilisations. De plus, le phosphore est un élément naturellement peu abondant sous sa forme assimilable par les plantes. De ce fait, la fertilisation en phosphore doit être réfléchiée pour apporter, en quantité suffisante, cet élément aux plantes. Il est possible de se baser sur la méthode de raisonnement de la fertilisation phosphatée et potassique du COMIFER, présentée dans la dernière partie de cet atlas.

Teneur en acide phosphorique (P_2O_5) des sols du Puy-de-Dôme par commune (méthode Olsen)



8. Teneur en potasse

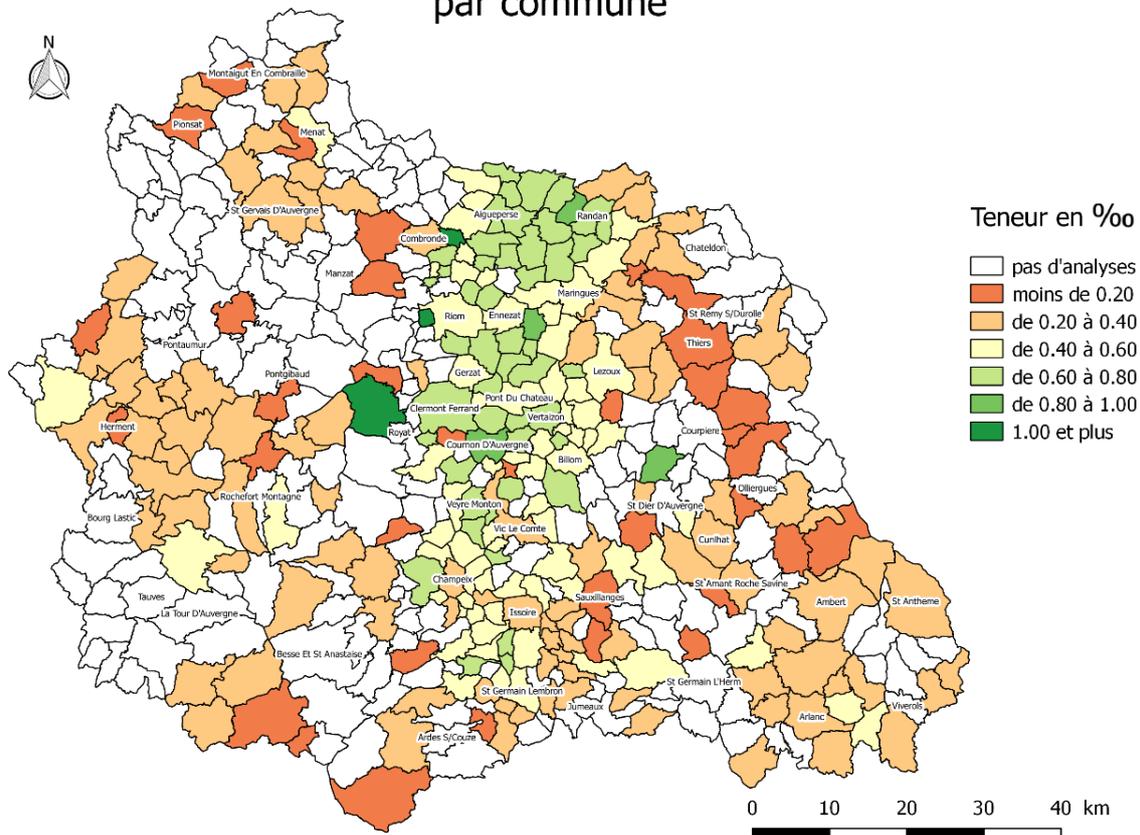
Le potassium est l'un des éléments indispensables à la croissance des plantes en jouant sur leur métabolisme (action sur la photosynthèse, fonctionnement des stomates etc.). Il va également intervenir dans le maintien du port des plantes.

Il est donc nécessaire de disposer de cet élément en quantité suffisante pour les plantes afin de permettre un développement optimal. Néanmoins, la fertilisation potassique doit être raisonnée. Afin de déterminer la meilleure stratégie de fertilisation ainsi que les quantités de potasse à apporter, il est possible de se référer à la méthode de raisonnement de la fertilisation phosphatée et potassique du COMIFER, présentée dans la suite de l'atlas.

Il est important de noter que le potassium est majoritairement peu lessivable (sauf pour les sols sableux à faible CEC). Par conséquent, il est possible d'apporter des quantités d'engrais à des dates différentes de celles des besoins de la plante. Toutefois, lorsque les sols sont riches en magnésie (et que le rapport K/Mg est inférieur à 0,5), le potassium va devenir inaccessible à la culture. Il est donc préférable, pour ces sols, d'apporter des petites quantités d'engrais au plus près des besoins de la plante et de raisonner les fertilisations à mettre en place. A l'inverse, trop de potasse peut entraîner une baisse de disponibilité du fer et du manganèse.

Dans le Puy-de-Dôme, il peut être constaté des teneurs élevées en oxyde de potassium en Limagnes. Dans le reste du département, des teneurs variables sont observables. Ces différences peuvent s'expliquer par l'origine des sols ou par les pratiques culturales.

Teneur en oxyde de potassium (K_2O) des sols du Puy-de-Dôme par commune



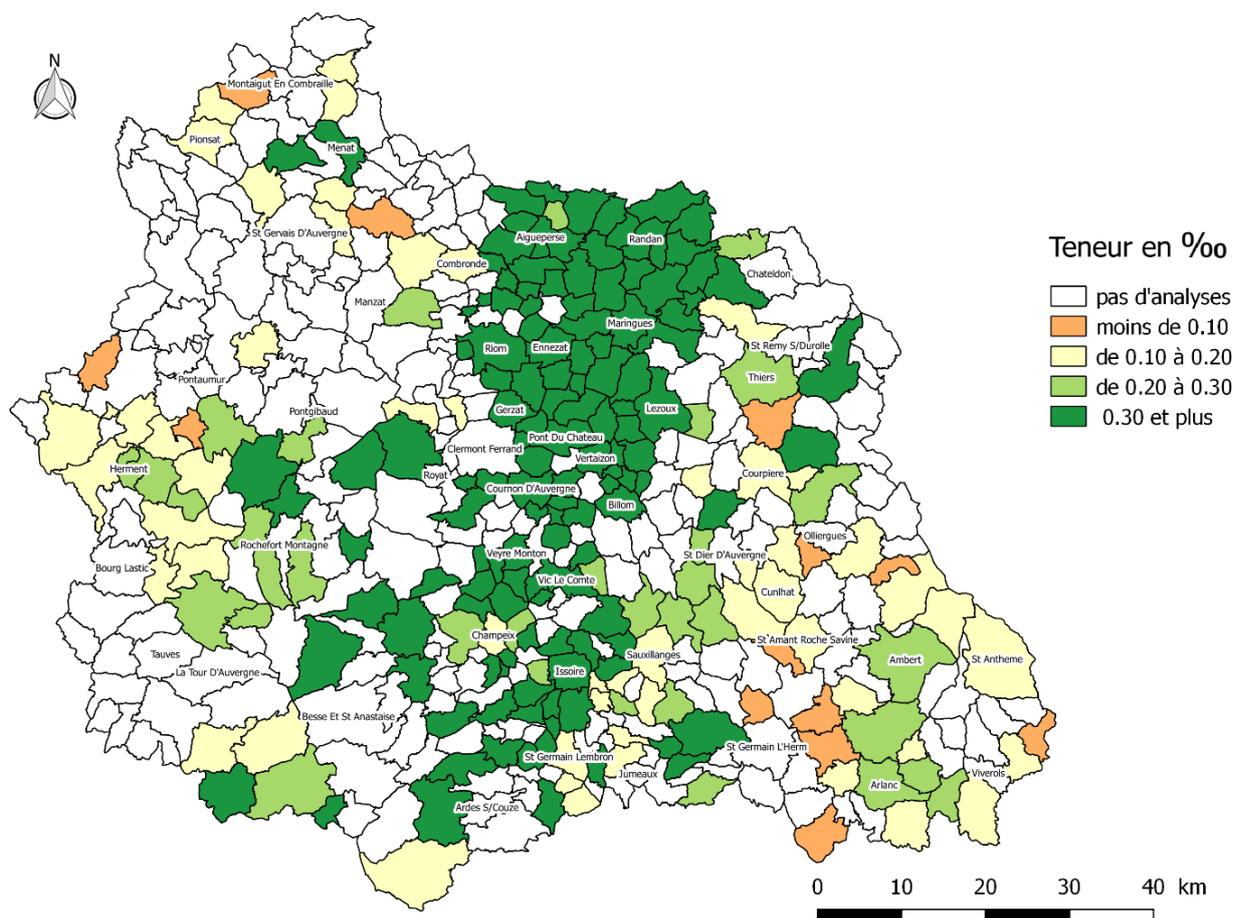
9. Teneur en magnésie

Le magnésium est un élément nutritif indispensable au développement des plantes en intervenant dans la photosynthèse comme constituant de la chlorophylle. Cet élément permet également aux plantes d'être plus résistantes face à divers facteurs défavorables tels que des maladies ou des conditions météorologiques.

Dans les sols, il est possible que le magnésium soit peu disponible à cause d'interactions avec d'autres éléments comme l'aluminium en sol acide. Néanmoins, comme il a été évoqué auparavant, des chaulages peuvent être réalisés afin d'augmenter le pH_{eau} , ce qui rendra ainsi la magnésie disponible pour les cultures. A l'inverse, des chaulages magnésiens permettent de remonter le pH et donc de favoriser l'assimilation du magnésium. Une trop grande richesse en potasse ou calcium dans les sols peut entraîner une carence en magnésie avec un risque pour les animaux (tétanie par exemple). Par ailleurs, la magnésie peut être bloquée à cause de grands écarts de températures. Dans ces cas-là, il faut favoriser les apports en foliaire.

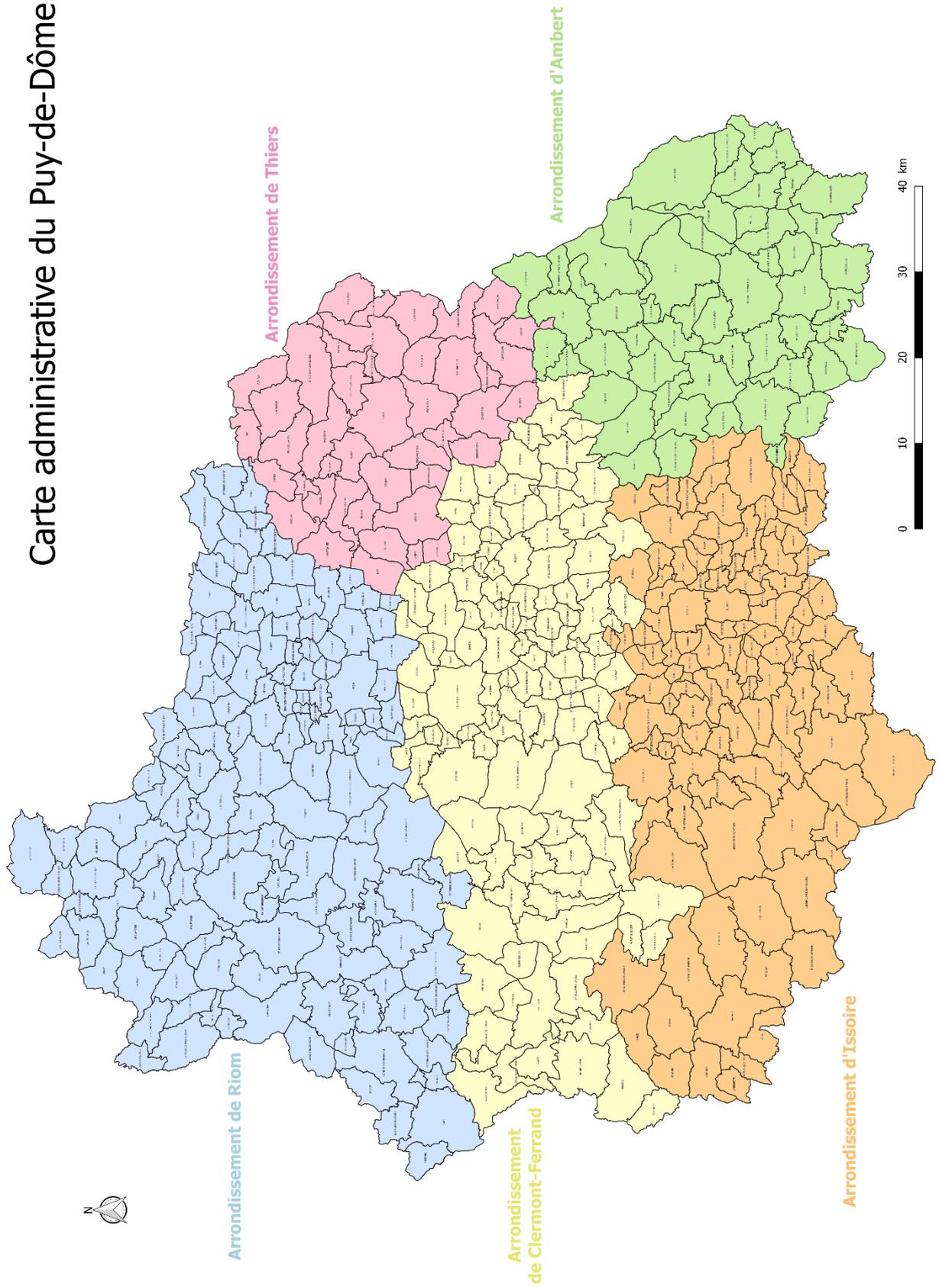
A l'échelle départementale, les teneurs en magnésie sont variées. Il est à noter que le magnésium est présent en grande quantité dans le Puy-de-Dôme. Il est donc nécessaire de raisonner le chaulage en fonction de la teneur en chaux et en magnésie des sols afin d'épandre l'amendement le mieux adapté.

Teneur en magnésie (MgO) des sols du Puy-de-Dôme par commune



10. Carte administrative du Puy-de-Dôme

Carte administrative du Puy-de-Dôme





Chapitre 2 :

Analyse des types de sols présents dans le Puy-de-Dôme

Cette deuxième partie de l'atlas a été élaborée dans le but d'apporter des connaissances sur les caractéristiques des principaux sols présents dans le département. Plusieurs éléments ont été pris en compte pour ces descriptions (matière organique, teneurs en éléments fertilisants, etc.). Par ailleurs, des analyses temporelles ont été menées afin d'obtenir une vision de l'évolution au cours du temps des composantes de la fertilisante des sols.

1. Informations générales sur les types de sols

D'un point de vue géologique et pédologique, le Puy-de-Dôme est un département qui se caractérise par sa forte diversité en termes de types de sols. En effet, les différents événements géologiques (plissement de terrain, formation de chaîne de montagne, faille, etc.) qui ont eu lieu dans cette zone géographique ont engendré la présence de trois catégories de sols. Il peut être noté l'existence de sols :

- granitiques se situant sur les plateaux de la Combraille, les Bois Noirs et les Monts du Livradois-Forez (soit les zones Est et Nord-Ouest du Puy-de-Dôme)
- volcaniques se trouvant au niveau des Monts du Cézallier, des Monts Dore et des Monts Dôme (soit la partie Sud-Ouest du département)
- sédimentaires présents en Limagnes.

Cette deuxième partie de l'atlas présente les caractéristiques générales des principaux types de sols rencontrés dans le département à l'aide de graphiques. Certains de ces graphiques permettent d'observer les stratégies dominantes de fertilisation en fonction de l'exigence des cultures. Il est ainsi possible de décrire l'état de fertilité des sols du Puy-de-Dôme pour les trois principaux éléments chimiques indispensables aux plantes : le phosphore, la potasse et la magnésie. Pour réaliser ces graphiques, les normes du COMIFER ont été utilisées. Par ailleurs, il est indiqué dans le tableau ci-dessous les exigences des principales cultures présentes dans le département. Il est toutefois nécessaire de garder en mémoire les limites des graphiques qui peuvent résulter du faible nombre d'analyses.

Exigence de la culture	Élément fertilisant		
	K ₂ O	P ₂ O ₅	MgO
Peu exigeante	Blé tendre Blé dur Orge Triticale	Blé tendre Maïs grain Tournesol Triticale	Blé dur et tendre Maïs grain Orge Colza Tournesol Triticale
Moyennement exigeante	Colza Maïs grain Tournesol	Blé dur Orge	
Très exigeante	Betterave sucrière Pomme de terre	Betterave sucrière Pomme de terre Colza	Betterave sucrière Pomme de terre

D'autres graphiques portent sur l'évolution de la valeur des différents éléments au cours du temps pour chaque type de sol. De ce fait, l'ensemble des analyses (avec le type de sol de la parcelle) figurant dans la base de données de la Chambre d'agriculture ont été utilisées. Toutefois, suite à un changement de méthode, seules les analyses réalisées avec la méthode Olsen pour le phosphore sont utilisées. De manière générale, il n'est possible d'observer que de faibles variations en éléments pour les différents types de sols. Par ailleurs, les évolutions observées ne peuvent pas être qualifiées de représentatives, les coefficients de détermination étant très faibles.

2. Terres noires

1. Caractéristiques pédologiques

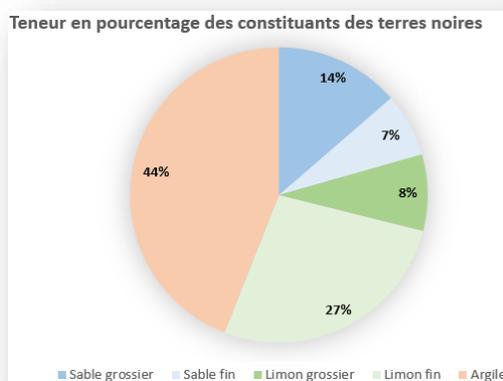
Les terres noires sont des sols se trouvant majoritairement dans le secteur de la Limagne Nord. Elles se répartissent dans plusieurs bassins comme ceux de Saint-André-le-Coq ou de Clermont-Ferrand. Ces sols reposent sur un substrat constitué d'une roche sédimentaire carbonatée et argileuse. Sur ce fondement, se trouve la véritable roche-mère composée de limons de remaniement qui ne sont ni stratifiés, ni ordonnés. Par ailleurs, ce limon blanchâtre constitué de boue argileuse et de fragments de calcaires se caractérise par une structure prismatique à l'état sec et massive à l'état humide. La couleur des horizons supérieurs de ces sols (allant du gris foncé au noir) se voit modifiée en fonction du taux d'humidité et de la teneur en calcaire. En effet, plus le sol est calcaire, plus il va s'éclaircir en séchant tandis que les sols non-calcaires vont devenir plus foncés avec le manque d'humidité. Par ailleurs, la couleur grise à noire de ces sols peut s'expliquer par de fortes teneurs en matière organique. De plus, ces sols sont qualifiés d'isohumiques c'est-à-dire que la matière organique est peu variable avec la profondeur. Enfin, les terres noires ont une grande capacité de rétention en eau (réserve utile) et en éléments minéraux, ce qui est visible par une forte CEC (capacité d'échange cationique).

2. Valeurs moyennes pour les principaux critères analysés

Élément	Teneur moyenne	Interprétation
Matière organique	3,41%	Teneur élevée
pH	7,97	Sol alcalin
Phosphore (méthode Olsen)	0,08 g/Kg de terre	Teneur élevée
Potasse	0,66 g/Kg de terre	Teneur très élevée
Magnésie	1,02 g/Kg de terre	Teneur très élevée
CEC	312 Meq/Kg de terre	Teneur très élevée

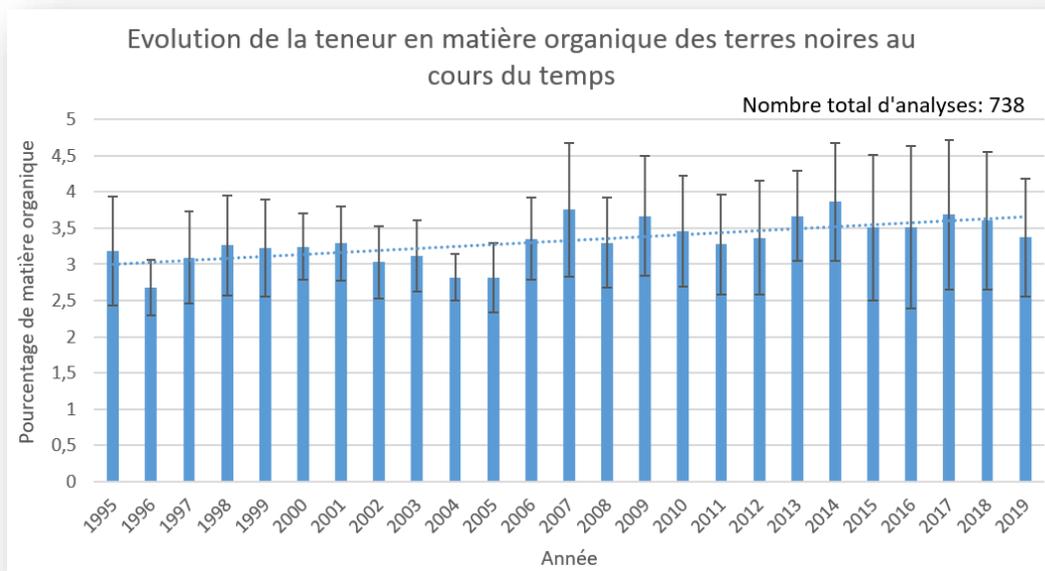
3. Texture

D'un point de vue granulométrique, ces sols sont constitués principalement d'argile et de limons fins. De ce fait, les terres noires permettent d'obtenir une structure stable avec la matière organique. En contrepartie, ces sols sont sujets à une certaine compaction causée par la teneur en argile. De plus, la prépondérance d'éléments légers favorise les risques d'érosions éolienne et hydrique (en situation de pente).



4. Matière organique

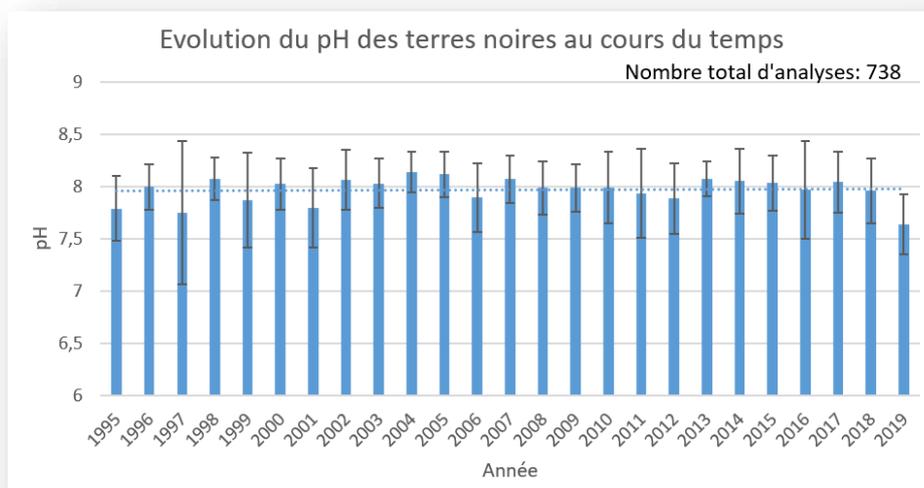
Il est possible de citer des teneurs en matière organique élevées avec en moyenne une teneur égale à 3,41%. Cette caractéristique permet aux sols de maintenir une certaine structure grâce à l'humus. Par conséquent, ces sols possèdent une fertilité en matière organique élevée, ce qui est un avantage pour la conduite des cultures. Pour l'évolution de la matière organique au cours du temps, il peut être noté une tendance d'augmentation d'environ 0,6% comme il est visible sur le graphique ci-dessous.



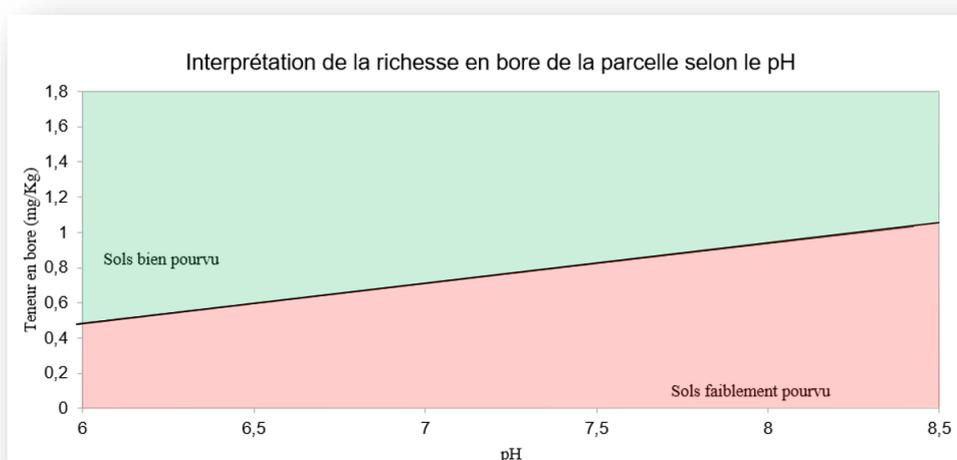
5. pH

Le pH des terres noires est relativement alcalin avec une moyenne de 7,97 unités sur les analyses réalisées ces dix dernières années. Par ailleurs, il peut être noté que 78,60% des parcelles de terres noires prises en compte dans cette partie de l'atlas possèdent un pH alcalin et que, 13,60% ont un pH légèrement alcalin. Par conséquent, les terres noires ont majoritairement un pH élevé, ce qui peut avoir des impacts négatifs sur les cultures comme des risques de carences pour certains éléments qui ne peuvent pas être assimilés par les plantes à ces valeurs de pH. Il est donc primordial de surveiller le pH de ces sols pour éviter une plus forte alcalinisation.

Toutefois, il est difficile de diminuer le pH. Il est possible de constater ce phénomène en observant l'évolution du pH au cours du temps. Il peut ainsi être remarqué que le pH est relativement constant depuis 1995. Cependant, un pH plus faible peut être observé en 2019. Les variations de pH peuvent provenir de la température, de la présence de culture ou de la teneur en eau des sols. Or, 2019 fait suite à une année 2018 très sèche et l'hiver 2018-2019 a été exceptionnellement doux, ce qui pourrait expliquer cette diminution de pH.



Comme dit auparavant, un pH trop élevé peut entraîner le blocage de certains oligo-éléments comme le bore et donc provoquer des carences chez les végétaux. Comme il est visible sur le graphique ci-dessous, la richesse en bore des sols (indiqué sur les analyses de sols) est fonction du pH. De ce fait, il est primordial de veiller à la disposition de ces éléments pour les cultures.



6. Eléments fertilisants

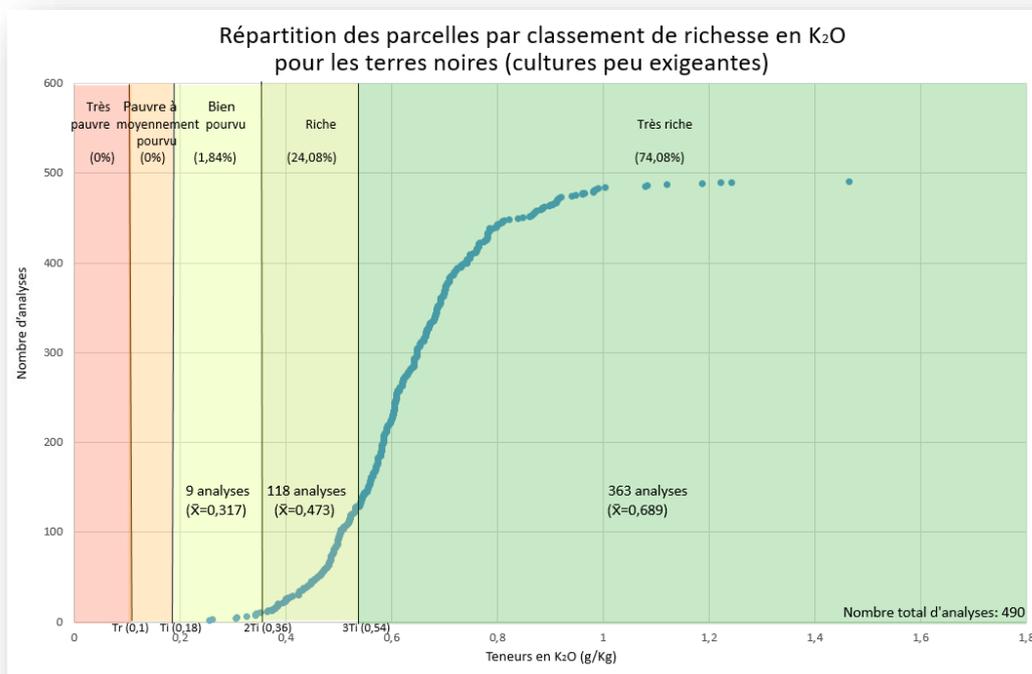
De manière générale, les terres noires sont des sols fertiles qui présentent des teneurs en éléments fertilisants satisfaisantes. De ce fait, les stratégies de fertilisation à privilégier pour ces sols sont des entretiens ou des impasses comme le montre le tableau suivant (tableau construit avec les analyses de sols conduites dans le département depuis 2009):

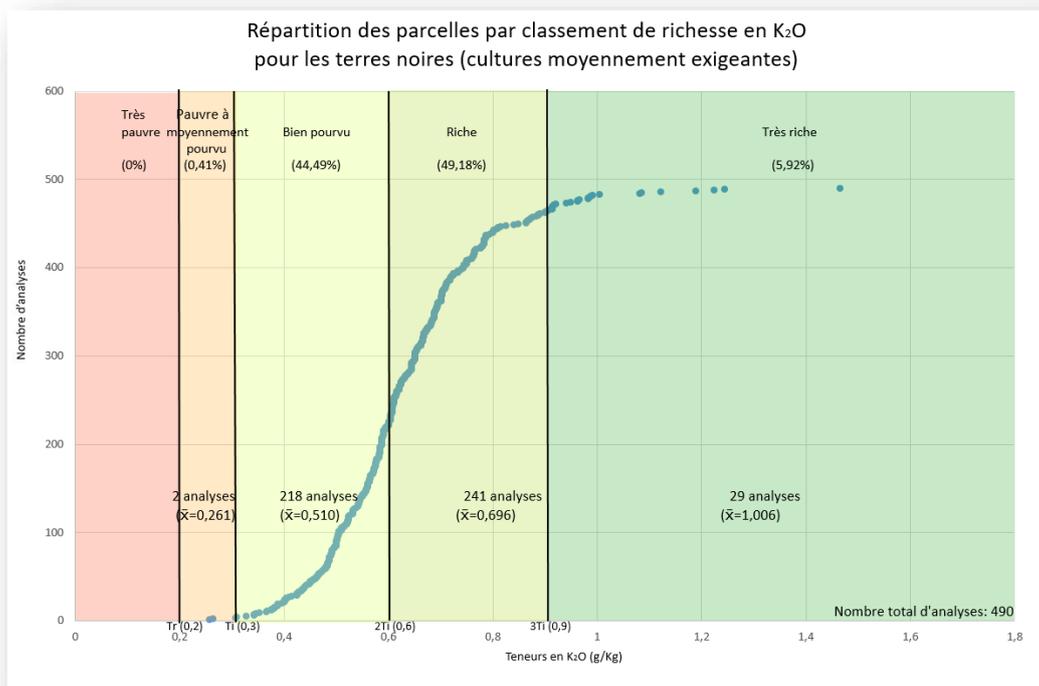
Répartition en pourcentage des parcelles de terres noires en fonction de l'élément fertilisant, de l'exigence de la culture et de la stratégie de fertilisation

	Exigence	Stratégie de fertilisation		
		Renforcement	Entretien	Impasse
K ₂ O	Culture peu exigeante			100%
	Culture moyennement exigeante		0,41%	99,59%
	Culture très exigeante		100,00%	
MgO	Culture peu exigeante			100%
	Culture moyennement exigeante			100%
	Culture très exigeante		100,00%	
P ₂ O ₅	Culture peu exigeante	2,47%	46,29%	51,24%
	Culture moyennement exigeante	32,51%	23,37%	43,82%
	Culture très exigeante	32,51%	67,49%	

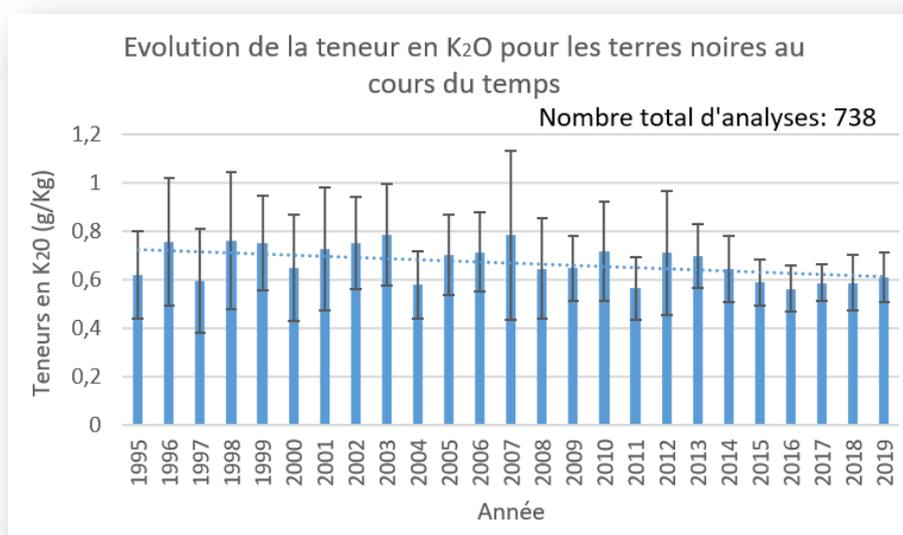
6.1. Teneur en potasse (K₂O)

Pour la potasse, ces sols offrent des quantités importantes. En effet, les stratégies de fertilisation à mettre en place pour la potasse sont principalement des impasses et des entretiens comme il peut en être déduit des graphiques ci-dessous.

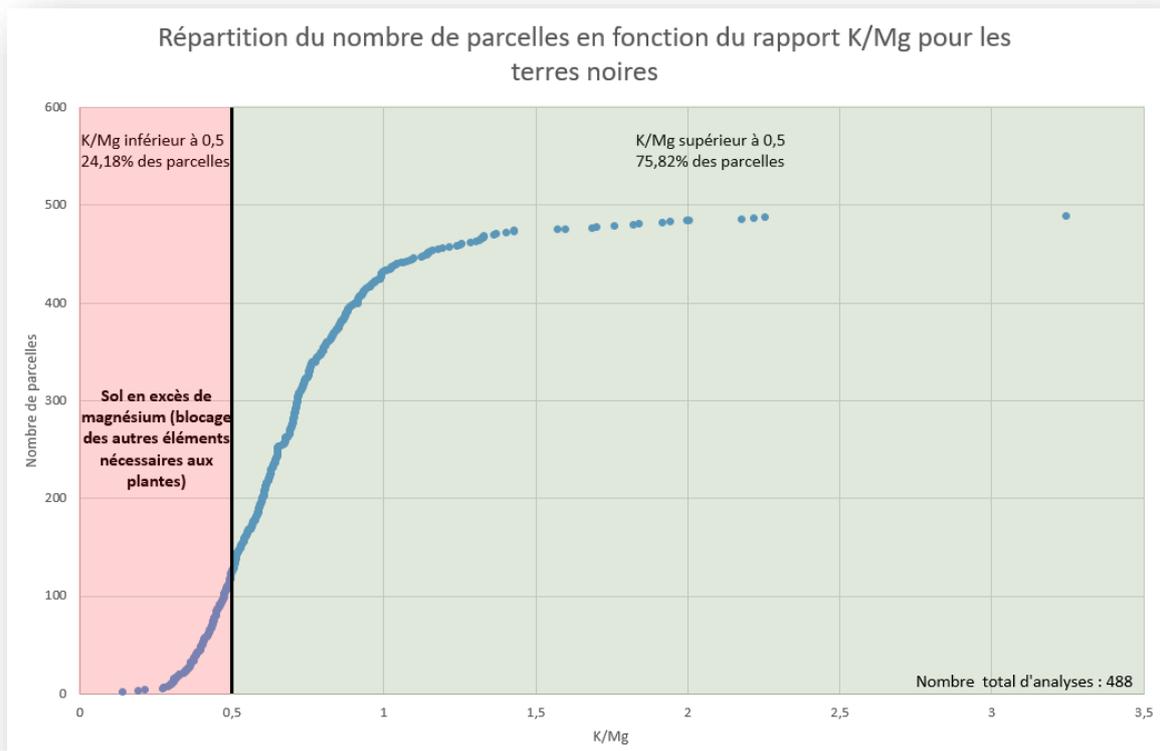




Du point de vue de l'évolution dans le temps des teneurs en potasse, il est possible de mettre en évidence une légère diminution de la teneur. Néanmoins, cette dernière reste satisfaisante et n'entraîne pas de répercussions néfastes sur les cultures.



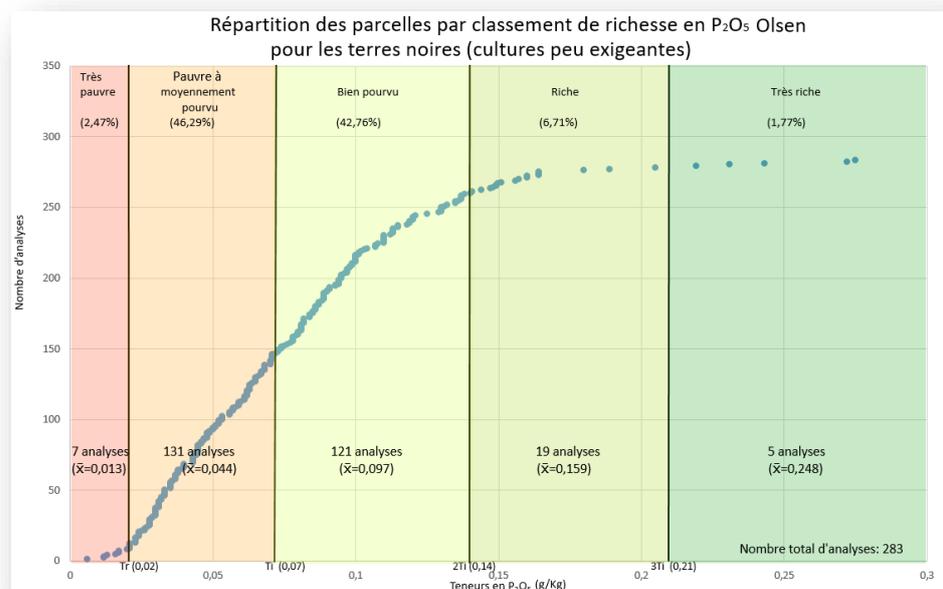
Toutefois, il est nécessaire de mettre en avant que 24,18% des parcelles de terres noires possèdent un rapport K/Mg inférieur à 0,5 ce qui a pour conséquence le blocage de certains éléments nécessaires aux plantes (potassium, fer, etc.). Il est donc primordial de réfléchir à la meilleure fertilisation en potasse et magnésium afin d'obtenir un rapport K/Mg supérieur à 0,5.

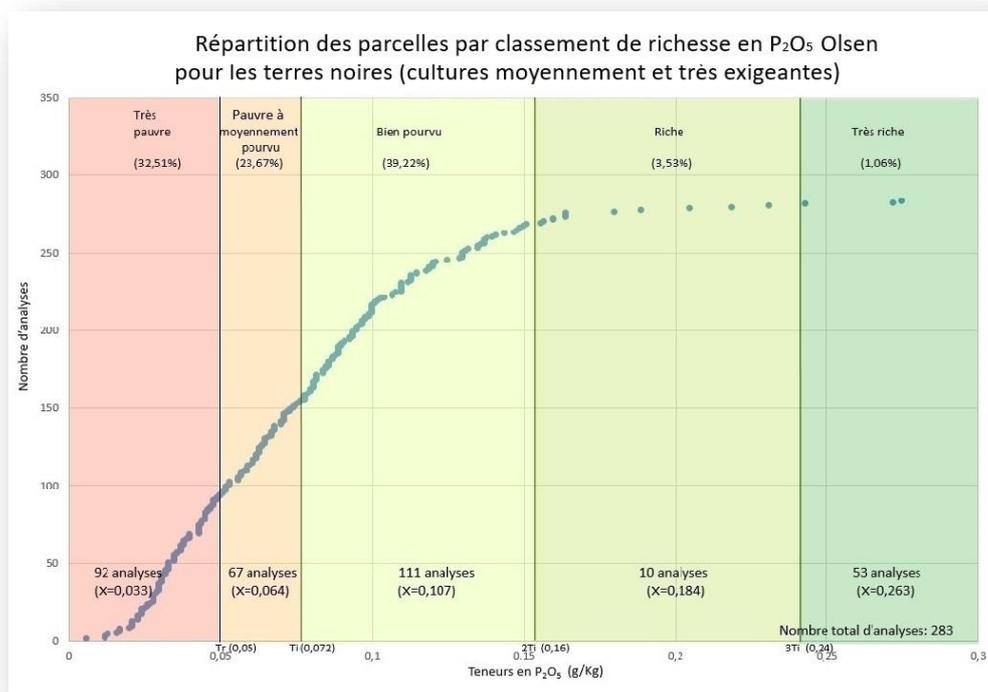


6.2. Teneur en phosphore (P_2O_5)

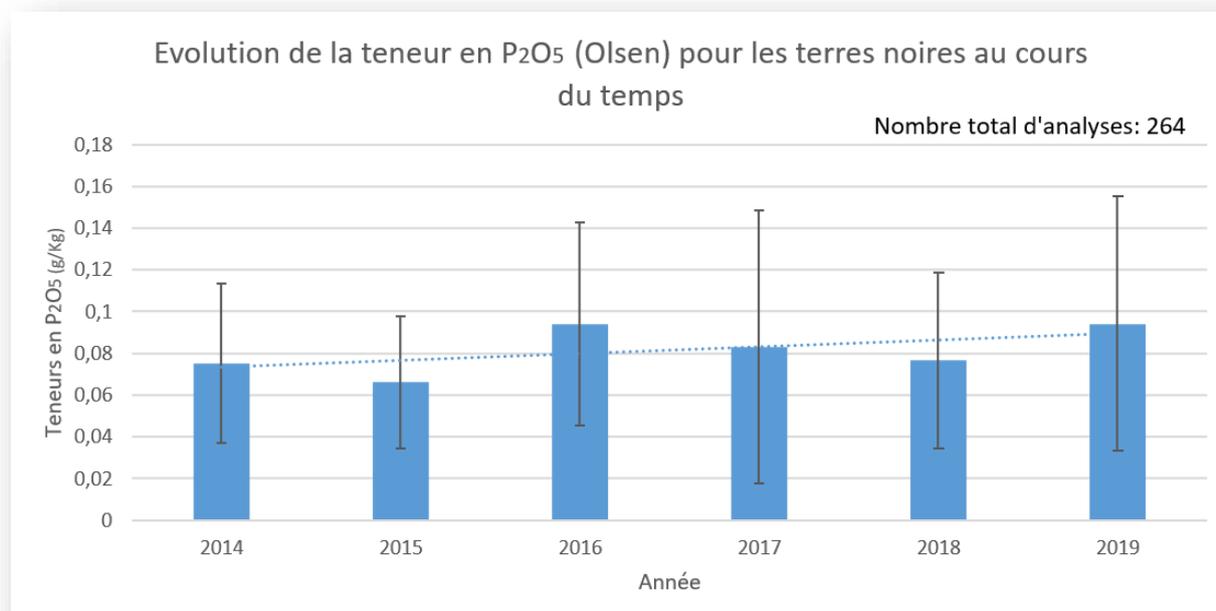
Les stratégies de fertilisation pour le phosphore sont assez diverses en fonction de l'exigence de la culture. Les cultures peu exigeantes vont demander de l'entretien (46,29% des parcelles étant pauvres ou moyennement pourvues) ou des impasses (42,76% des parcelles sont bien pourvues, 6,71% riches et 1,77% très riches). Les cultures moyennement ou très exigeantes vont nécessiter des renforcements (32,51% des parcelles) ou des impasses (67,49% des parcelles).

En ce qui concerne les cultures très exigeantes, des renforcements ou des entretiens peuvent être mis en place.





Du point de vue de l'évolution dans le temps des teneurs en phosphore, il est possible de mettre en évidence une légère augmentation de la teneur. Toutefois, les teneurs en phosphore restent souvent satisfaisantes pour les cultures.



3. Argilo-calcaires

1. Caractéristiques pédologiques

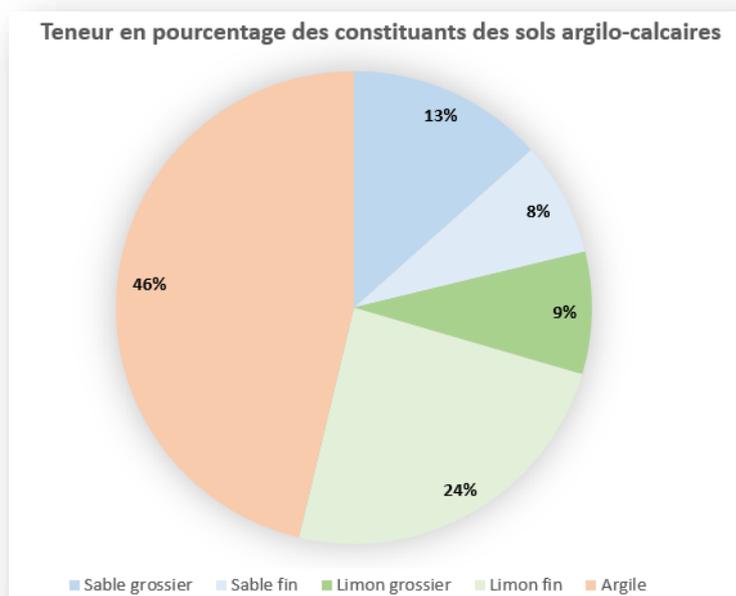
Les sols argilo-calcaires sont principalement présents en Limagnes au niveau de pentes faibles ou moyennes. Ces sols ont été formés à partir de marne et de calcaire et aux dépens d'une colluvion épaisse (dépôt de sédiments par gravité le long des pentes). De par leurs origines, les sols argilo-calcaires possèdent une structure propice à l'irrigation. Par ailleurs, ces sols ont une profondeur plus ou moins importante en fonction de leur localisation (haut ou bas de pente) et sont plus ou moins caillouteux. Toutefois, ces sols sont majoritairement sains et structurés. Ces sols offrent également une structure grumeleuse en surface qui devient de plus en plus massive avec la profondeur.

2. Valeurs moyennes pour les principaux critères analysés

Élément	Teneur moyenne	Interprétation
Matière organique	3,32%	Teneur élevée
pH	7,94	Sol alcalin
Phosphore (méthode Olsen)	0,07 g/Kg de terre	Teneur élevée
Potasse	0,61 g/Kg de terre	Teneur élevée
Magnésie	0.74 g/Kg de terre	Teneur très élevée
CEC	266 Meg/Kg de terre	Teneur très élevée

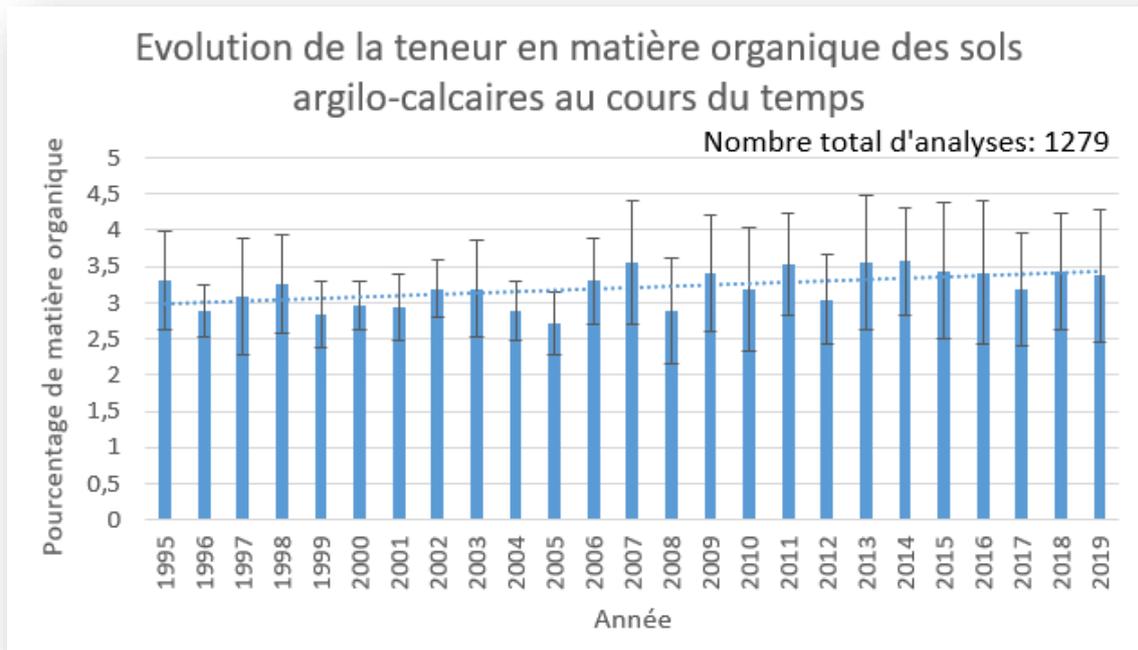
3. Texture

Ces sols sont majoritairement constitués d'argile et de limons fins. De ce fait, ces sols sont constitués d'éléments légers sensibles aux érosions. Par ailleurs, la teneur en argile peut entraîner une compaction importante entraînant ainsi la formation de croûtes de battance par exemple. Toutefois, les argilo-calcaires offrent une structure stable grâce aux liens unissant les argiles et l'humus.



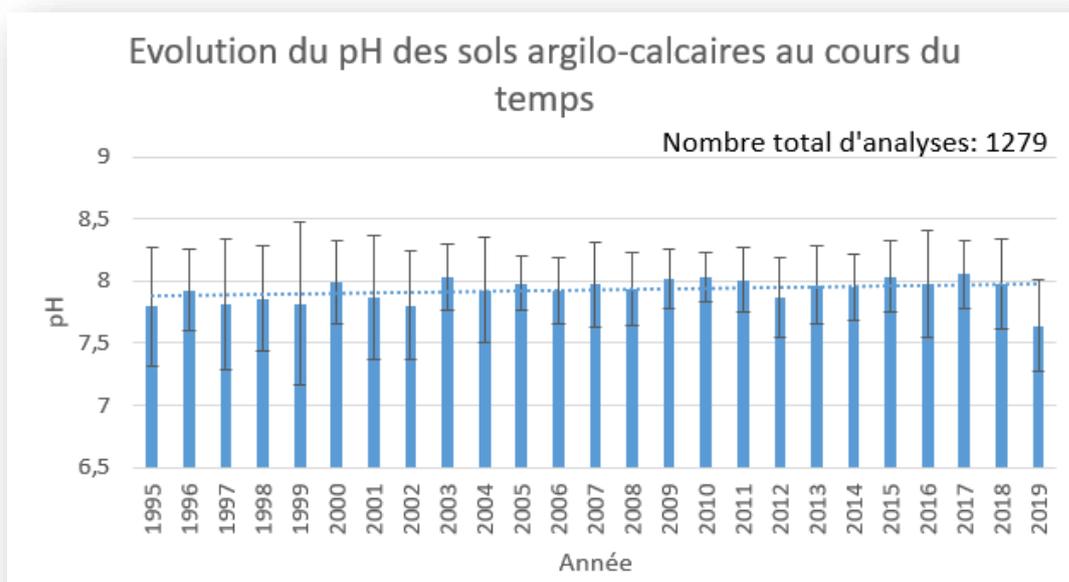
4. Matière organique

Pour la matière organique, il est possible de mettre en avant des teneurs relativement élevées avec une moyenne de 3,32%. De ce fait, la structure des argilo-calcaires est stable et propice au développement des cultures. D'un point de vue historique, il est possible d'observer un enrichissement des sols en matière organique. Ainsi une augmentation d'environ 0,5% de matière organique depuis 1995 peut être mise en évidence.



5. pH

Le pH de ces sols est majoritairement alcalin avec une moyenne de 7,93 unités sur ces dix dernières années. Pour exemple, il peut être cité que 77,17% des parcelles prises en considération possèdent un pH alcalin, c'est-à-dire compris entre 7,4 et 7,8. Cette alcalinité peut avoir des répercussions négatives sur les cultures en entraînant la présence d'éléments sous une forme non-assimilable par les plantes comme le bore. Par ailleurs, comme il a été précisé dans la première partie de cet atlas, il est difficile de diminuer le pH des sols à long terme. Ce phénomène est également visible grâce au graphique présenté ci-dessous. Il est donc primordial de surveiller le pH de ses parcelles afin d'éviter une augmentation supplémentaire de ce dernier.



6. Eléments fertilisants

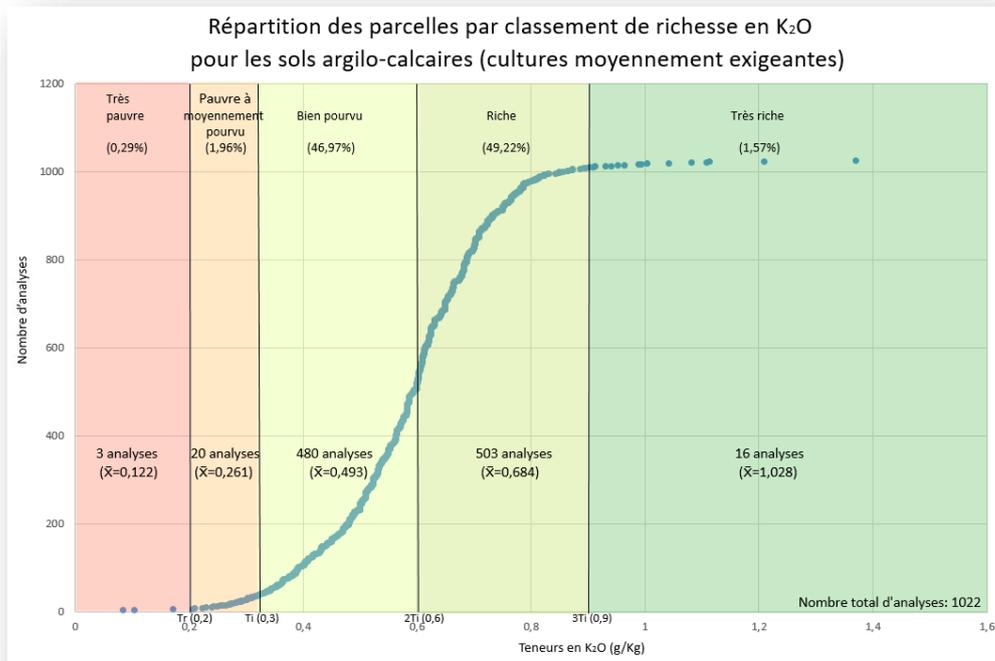
Les sols argilo-calcaires sont particulièrement riches en potasse et magnésie. Par conséquent des impasses sont à mettre en place sauf pour les cultures très exigeantes qui nécessitent toujours un entretien. Pour le phosphore, des renforcements ou des entretiens sont à privilégier comme le montre le tableau suivant (tableau construit avec les analyses de sols conduites dans le département depuis 2009) :

Répartition en pourcentage des parcelles argilo-calcaires en fonction de l'élément fertilisant, de l'exigence de la culture et de la stratégie de fertilisation

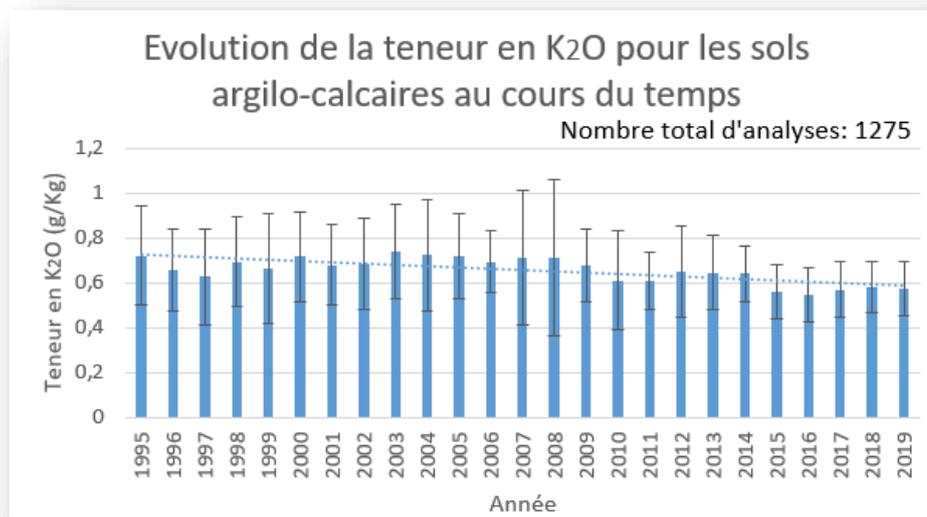
		Stratégie de fertilisation		
		Renforcement	Entretien	Impasse
K ₂ O	Exigence			
	Culture peu exigeante	0,10%	0,20%	99,70%
	Culture moyennement exigeante	0,29%	1,96%	97,75%
	Culture très exigeante	0,88%	99,12%	
MgO	Exigence			
	Culture peu exigeante		0,09%	99,91%
	Culture moyennement exigeante		0,18%	99,82%
	Culture très exigeante		100,00%	
P ₂ O ₅	Exigence			
	Culture peu exigeante	16,97%	49,09%	33,94%
	Culture moyennement exigeante	48,83%	25,26%	25,91%
	Culture très exigeante	48,83%	51,17%	

6.1. Teneur en potasse (K_2O)

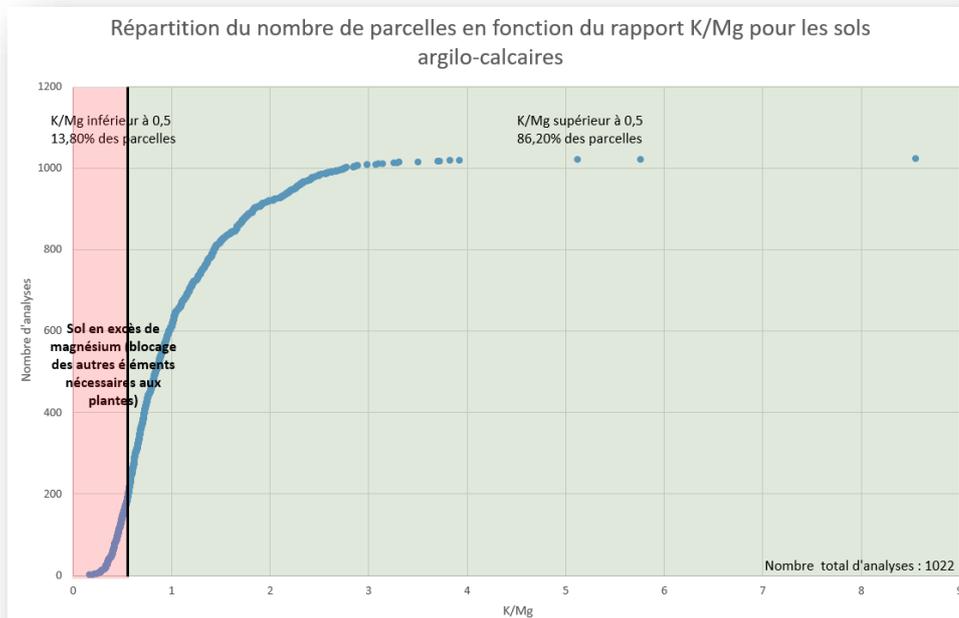
En ce qui concerne la potasse, il peut être noté que la majorité des parcelles est très riche pour les cultures peu exigeantes (67,22%). Pour les cultures moyennement et très exigeantes, les teneurs en potasse sont satisfaisantes (46,97% des parcelles sont bien pourvues) ou élevées (49,22% des parcelles sont riches). De ce fait, les impasses ou les entretiens sont à privilégier pour cet élément.



D'un point de vue temporel, il peut être constaté que la teneur en potasse a légèrement diminué passant ainsi d'environ 0,7 g/Kg à 0,6g/Kg. Toutefois ces teneurs restent satisfaisantes pour le bon développement des cultures.

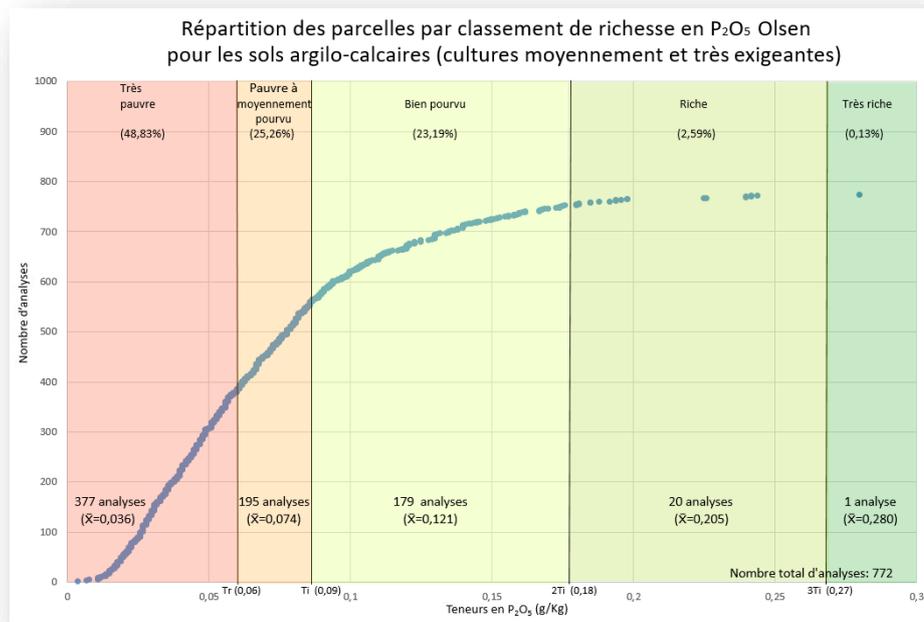


Néanmoins, il est possible d'observer que 13,80% des parcelles possèdent un rapport K/Mg inférieur à 0,5. Il est donc nécessaire de raisonner au mieux la fertilisation potassique et magnésique des sols afin d'éviter le blocage de certains oligo-éléments (K,Fe) pour les plantes.

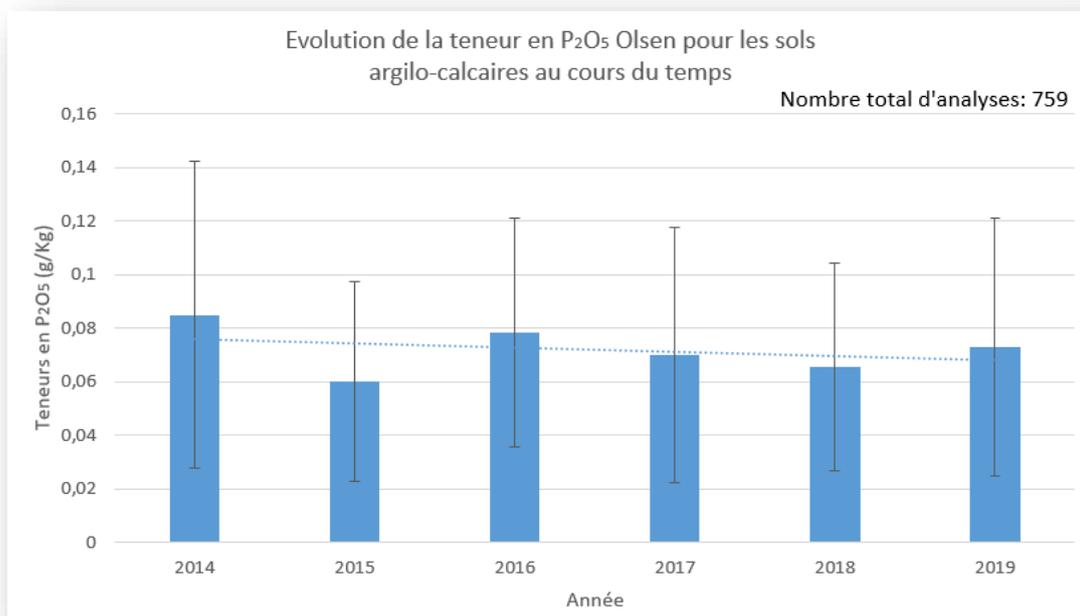


6.2. Teneur en phosphore (P_2O_5)

Pour le phosphore, les sols sont majoritairement pauvres à moyennement pourvus (49,09%) pour les cultures peu exigeantes, ou très pauvres (48,83%) pour les cultures moyennement et très exigeantes. Par conséquent, il est indispensable de réaliser des redressements ou des entretiens.



En ce qui concerne l'évolution dans le temps de cet élément fertilisant, il est possible d'observer une légère diminution depuis 2014 passant ainsi d'environ 0,08 g/Kg à 0,07g/Kg.



4. Sols alluviaux

1. Caractéristiques pédologiques

Les sols alluviaux sont présents le long des rivières et plus particulièrement le long de l'Allier, et de la partie Nord de la Dore et de la Sioule.

Ils sont très divers par leur nature. Ils sont formés de sables plus ou moins grossiers, de limons plus ou moins calcaires, avec également des composants argileux, selon l'origine des dépôts et leur évolution. Par ailleurs, ils reposent sur un cailloutis alluvial principalement composé d'éléments volcaniques et cristallins.

Ils présentent, dans certains cas, une nappe phréatique en profondeur.

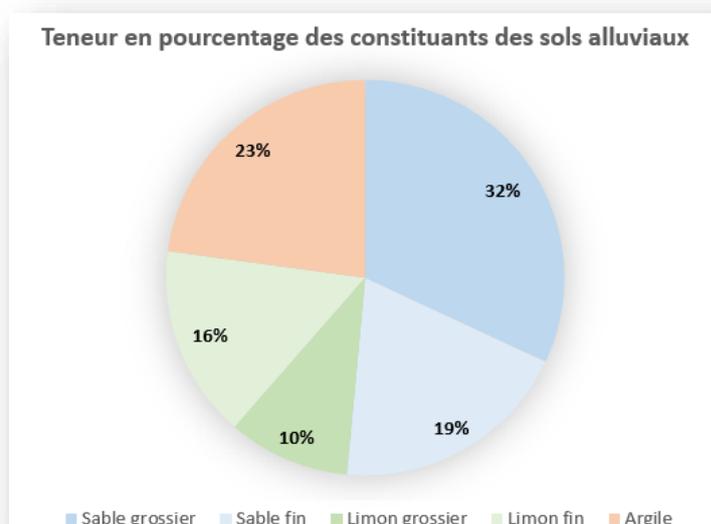
Au plus près des rivières, les alluvions les plus jeunes, ont des textures plus grossières, avec parfois des recouvrements de limons, mais avec de faibles taux d'argile, les inondations ne permettant pas une évolution rapide de ces sols.

2. Valeurs moyennes pour les principaux critères analysés

Elément	Teneur moyenne	Interprétation
Matière organique	2,18%	Teneur élevée
pH	7,0	Sol neutre
Phosphore (méthode Olsen)	0,08 g/Kg de terre	Teneur élevée
Potasse	0,30 g/Kg de terre	Teneur élevée
Magnésie	0,42 g/Kg de terre	Teneur très élevée
CEC	123 Meq/Kg de terre	Teneur moyenne

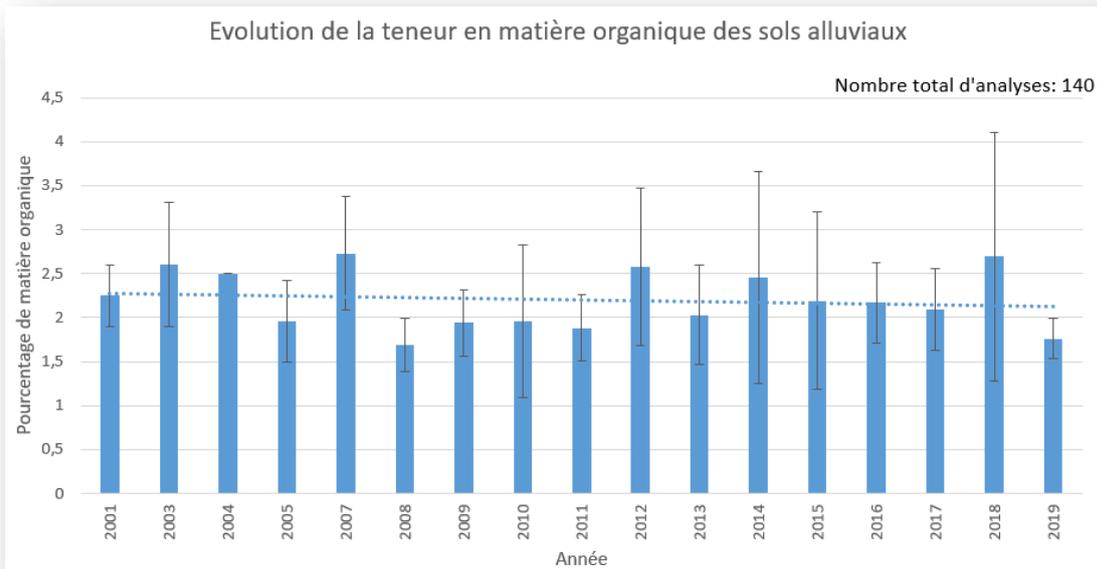
3. Texture

De par leur origine, ces sols sont relativement riches en argile et en limons. De ce fait, la texture donne à ces sols des caractéristiques particulières. Ils sont ainsi drainants, souvent secs et peuvent former des croûtes de battance. Par conséquent, le travail de ces sols doit être adapté afin de conserver au maximum leur humidité et éviter leur compaction.



4. Matière organique

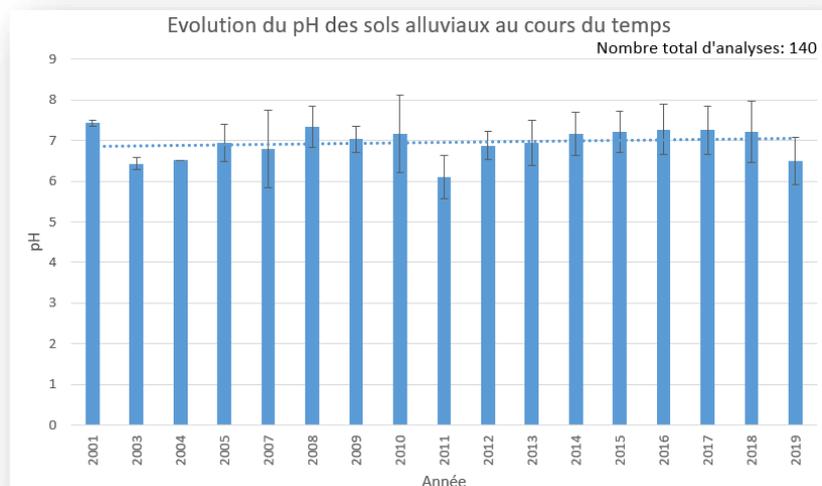
Les sols alluviaux se caractérisent également par une teneur moyenne en matière organique de 2,18% offrant ainsi une fertilité élevée en matière organique. Il est également possible d'observer que la teneur en matière organique de ce type de sol est relativement constante au cours du temps comme le montre le graphique ci-dessous. De ce fait, la matière organique en lien avec l'argile permet à ces sols d'éviter leur déstructuration et de permettre la croissance des végétaux.



5. pH

Le pH des sols alluviaux est neutre avec un pH moyen de 7,0. Ces sols sont propices à la croissance des végétaux car ce pH appartient à la zone de pH optimum pour les plantes. En effet, ce pH est favorable à l'activité microbienne des sols et permet l'assimilation des éléments nécessaires aux plantes.

Toutefois, il est à noter que ce pH optimum peut varier localement en fonction des cultures. D'un point de vue historique, il peut être observé que le pH de ces sols est relativement constant au cours du temps :



6. Eléments fertilisants

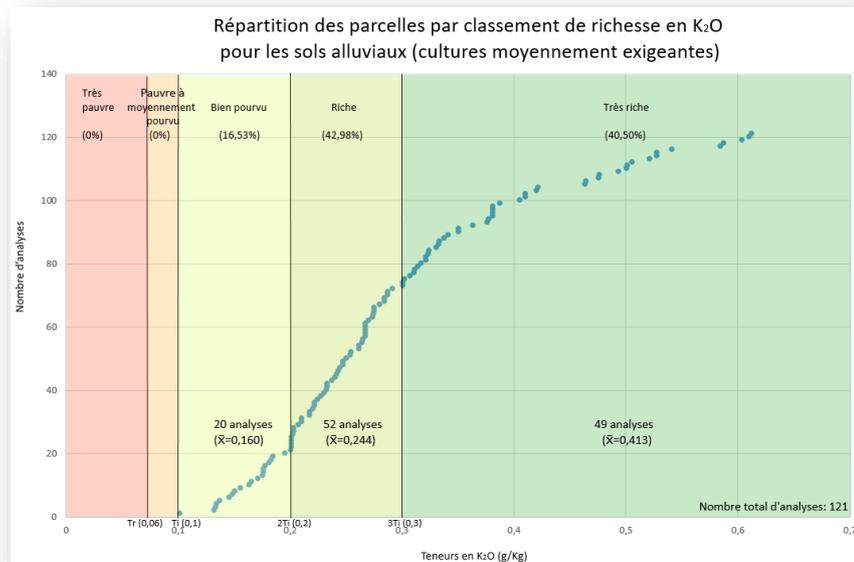
Pour les éléments fertilisants, ces sols sont particulièrement riches. Des stratégies d'entretien ou d'impasse sont à mettre en place pour la potasse, la magnésie et le phosphore. Toutefois, certaines parcelles demandent un renforcement pour les cultures moyennement et très exigeantes en ce qui concerne le phosphore et parfois la potasse. Le tableau présenté ci-dessous, regroupant les stratégies de fertilisation dominantes, a été construit avec les analyses de sols conduites dans le département depuis 2009.

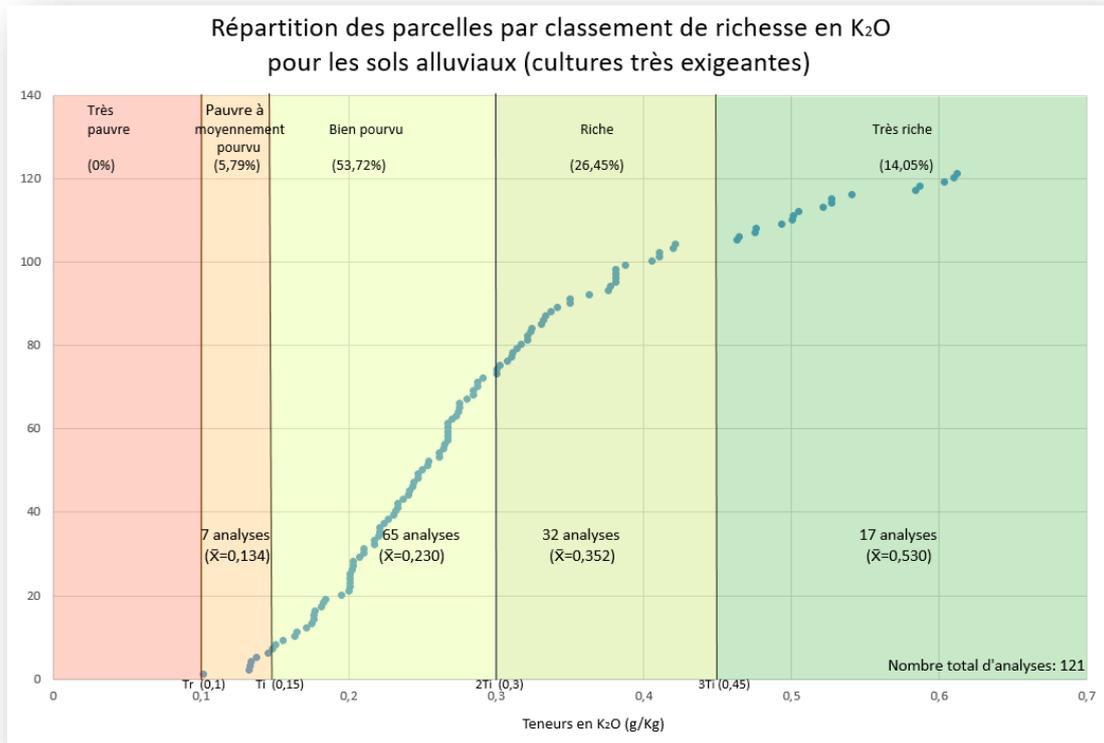
Répartition en pourcentage des parcelles de sols alluviaux en fonction de l'élément fertilisant, de l'exigence de la culture et de la stratégie de fertilisation

	Exigence	Stratégie de fertilisation		
		Renforcement	Entretien	Impasse
K ₂ O	Culture peu exigeante	1,04%	5,21%	93,75%
	Culture moyennement exigeante	7,29%	25,00%	67,71%
	Culture très exigeante	21,88%	78,12%	
MgO	Culture peu exigeante			100%
	Culture moyennement exigeante			100%
	Culture très exigeante		100,00%	
P ₂ O ₅	Culture peu exigeante	2,74%	42,47%	54,79%
	Culture moyennement exigeante	23,29%	32,88%	43,03%
	Culture très exigeante	23,29%	76,71%	

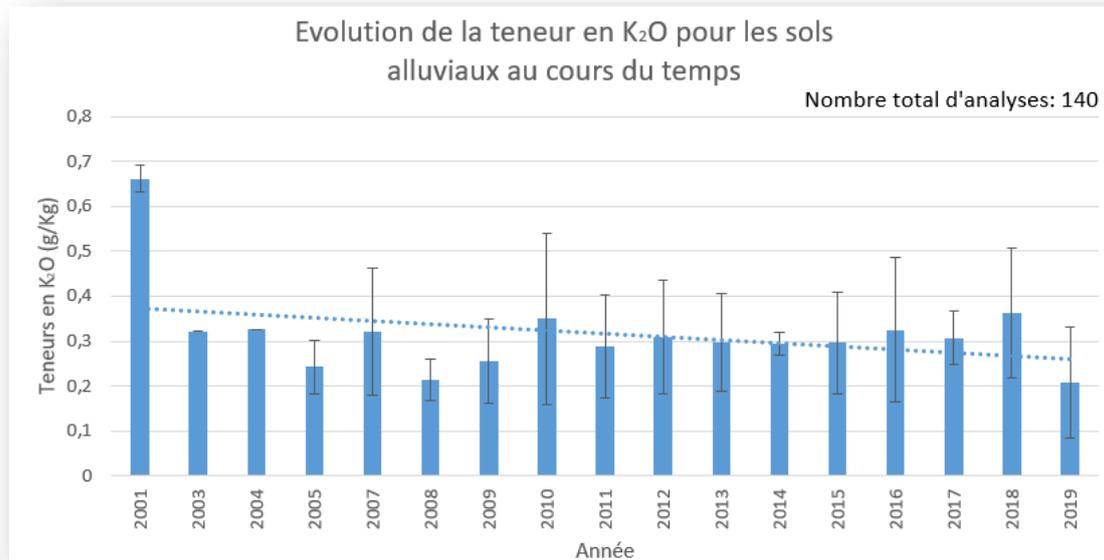
6.1. Teneur en potasse (K₂O)

Comme il est visible sur les graphiques ci-dessous, la majorité des parcelles autorise une impasse partielle ou totale pour les cultures moyennement exigeantes. Néanmoins, il peut être observé que la répartition des parcelles est différente pour les catégories bien pourvue, riche et très riche pour les cultures moyennement ou très exigeantes. Il est donc primordial de déterminer l'exigence de sa culture afin de déterminer la meilleure stratégie de fertilisation en potasse.

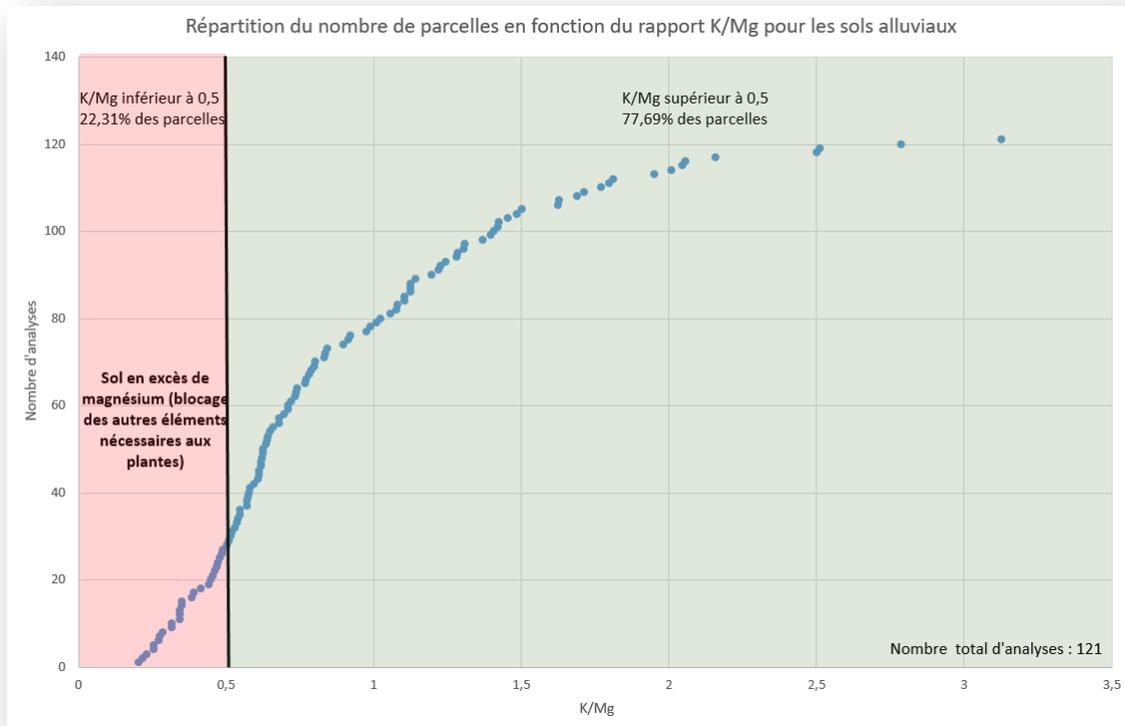




Il est possible de constater, depuis 2001, un appauvrissement des sols en potasse passant ainsi d'environ 0,38 g/Kg à 0,25g/Kg. Néanmoins, cette diminution n'entraîne pas de problèmes significatifs pour les cultures.

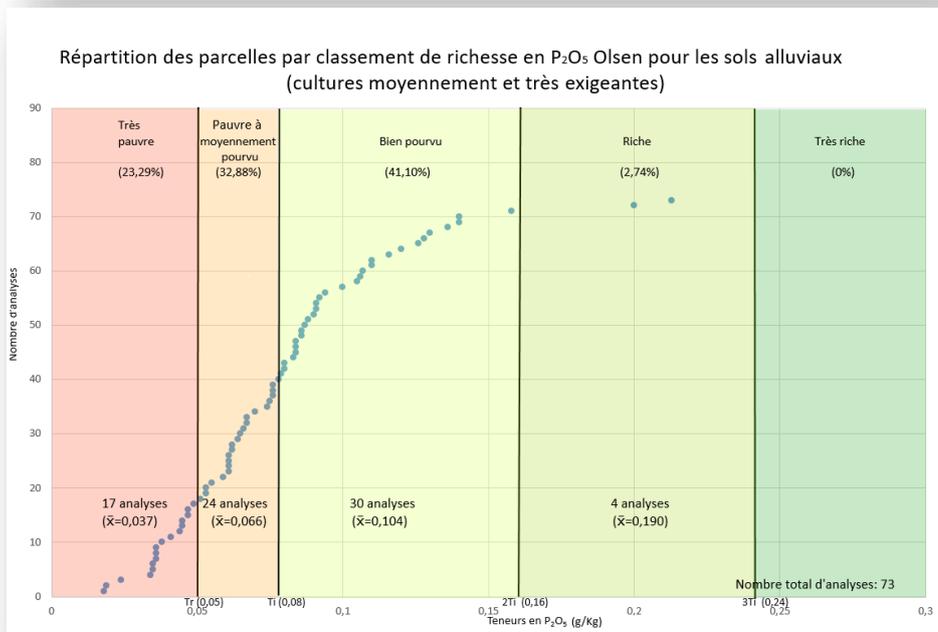
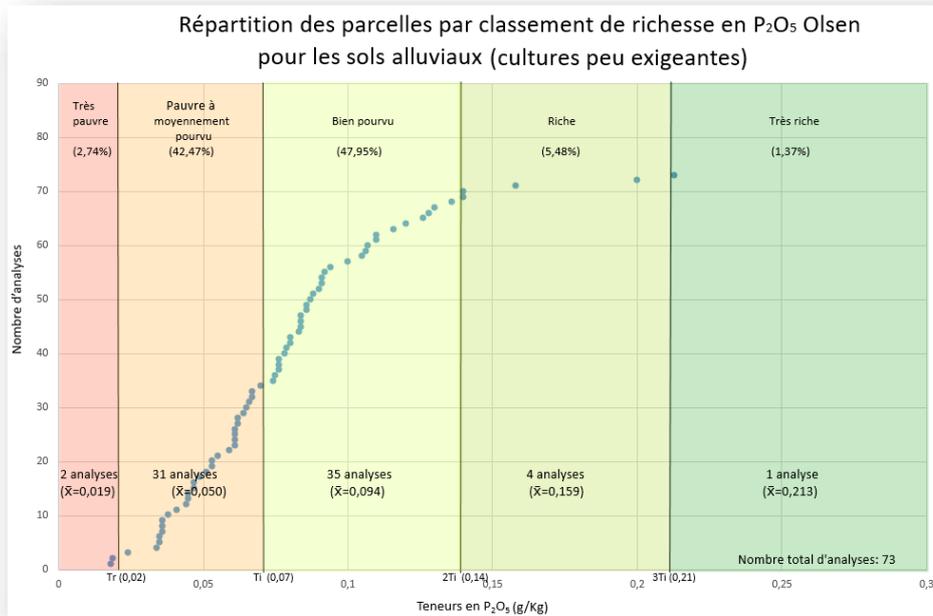


De plus, il peut être mis en évidence que 22,31% des parcelles prises en compte dans la construction de cet atlas possèdent un rapport K/Mg inférieur à 0,5. Par conséquent, il est primordial de raisonner la fertilisation de ces parcelles pour éviter des blocages d'éléments (potasse, calcium, etc.).

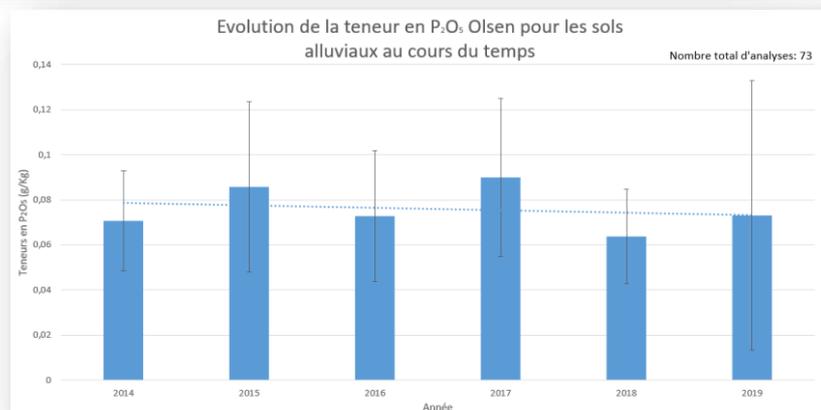


6.2. Teneur en phosphore (P_2O_5)

Comme il est visible sur ces deux graphiques, il peut être observé que les valeurs des teneurs-seuils sont différentes pour les exigences de cultures. En ce qui concerne le phosphore, il est possible de mettre en évidence qu'un plus grand nombre de parcelles est considéré comme très pauvre en phosphore pour les cultures moyennement et très exigeantes (23,29%) que pour les cultures peu exigeantes (2,74%). Il est donc primordial de connaître l'exigence de la culture afin de déterminer la stratégie de fertilisation optimale pour les éléments fertilisants et notamment pour le phosphore dans le cas des sols alluviaux.



Il est possible de constater, depuis 2001, un léger appauvrissement des sols en phosphore. Toutefois, cette diminution n'a pas de répercussions néfastes sur les cultures.



5. Argilo-sableux

1. Caractéristiques pédologiques

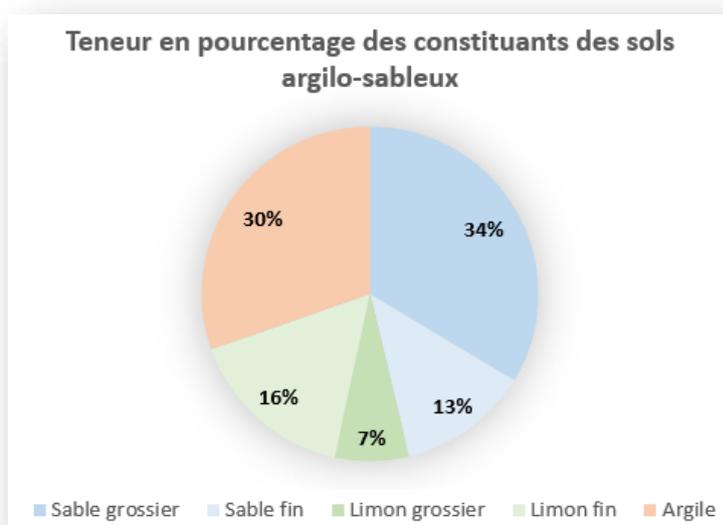
Les sols argilo-sableux sont présents dans le département le long des cours d'eau tout comme les sols alluviaux. Ces sols sont majoritairement compris le long de l'Allier en Limagne Nord. Leurs caractéristiques sont également proches des sols alluviaux à cause de leur passé géologique. En effet, ces sols ont une origine sédimentaire en se situant près des cours d'eau. Cela a également pour conséquence un risque plus important d'érosion. De plus, ces sols possèdent des teneurs en éléments fins moins importantes que les sols alluviaux, ce qui peut permettre un engorgement plus faible.

2. Valeurs moyennes pour les principaux critères analysés

Elément	Teneur moyenne	Interprétation
Matière organique	2,64%	Teneur élevée
pH	7,41	Sol neutre- légèrement alcalin
Phosphore (méthode Olsen)	0,09 g/Kg de terre	Teneur élevée
Potasse	0,41 g/Kg de terre	Teneur très élevée
Magnésie	0,55 g/Kg de terre	Teneur très élevée
CEC	184 Meq/Kg de terre	Teneur moyenne

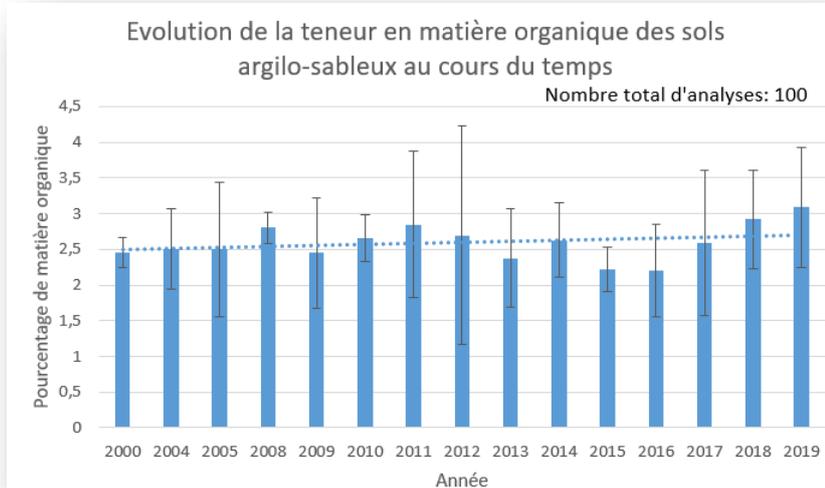
3. Texture

D'un point de vue granulométrique, ces sols comportent principalement du sable grossier (34%) et de l'argile (30%). Il est donc primordial de surveiller ces sols afin d'éviter les risques d'hydromorphie et leur déstructuration. Par ailleurs, il peut être mis en avant que ces sols sont sensibles à la formation de croûte de battance, ce qui a un impact négatif sur le travail des sols mais également sur la croissance des végétaux.



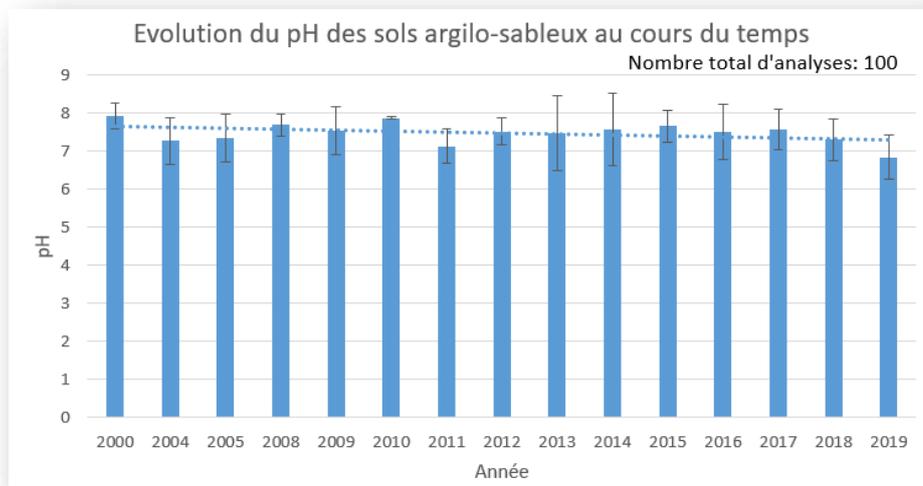
4. Matière organique

Les sols argilo-sableux présentent une teneur moyenne en matière organique satisfaisante en étant de 2,64%. Par ailleurs, il peut être observé que ce pourcentage de matière organique a peu évolué depuis 2000. En effet, seule une augmentation d'environ 0,20% peut être remarquée.



5. pH

Quant au pH de ces sols, il est généralement neutre ou légèrement alcalin avec un pH moyen de 7,41 unités. Par conséquent, ce pH est optimal pour les cultures. En effet, il va permettre de maintenir les activités microbiennes des sols mais également de rendre accessible les éléments indispensables à la croissance des végétaux. Il est donc primordial de surveiller le pH de ces sols afin d'éviter une élévation de ce dernier pouvant entraîner certaines contraintes telles que des carences pour les plantes. D'un point de vue évolutif, il est possible d'observer que le pH des sols argilo-sableux est constant au cours du temps.



6. Eléments fertilisants

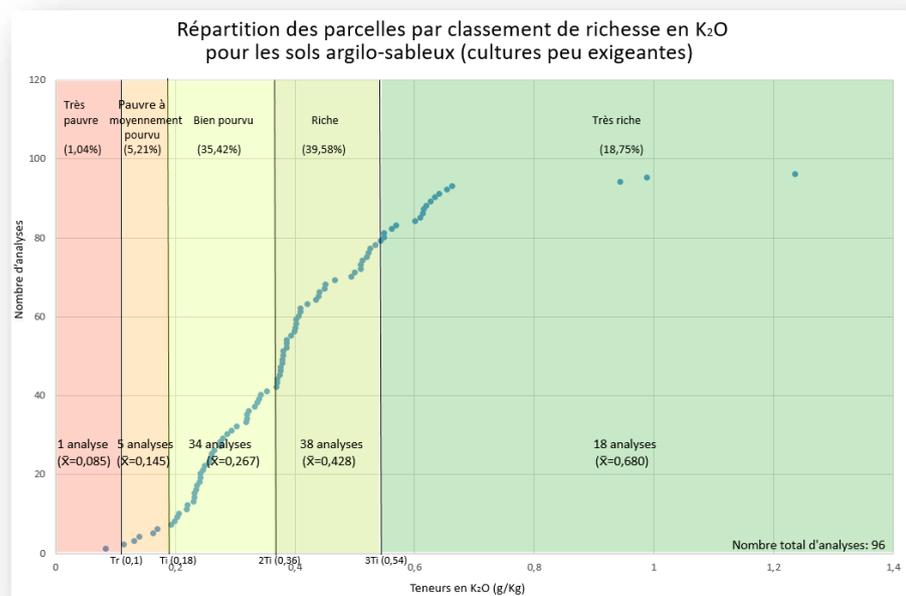
Ces sols sont également riches en potasse et en magnésium. De ce fait, il est possible de mettre en place des entretiens ou des impasses (partielles ou totales). Pour le phosphore, il est possible d'observer que les stratégies diffèrent selon les exigences des cultures. Pour les cultures peu exigeantes des entretiens ou des impasses sont pertinents. A l'inverse, les cultures moyennement et très exigeantes vont entraîner des stratégies de renforcement ou d'impasse pour le phosphore.

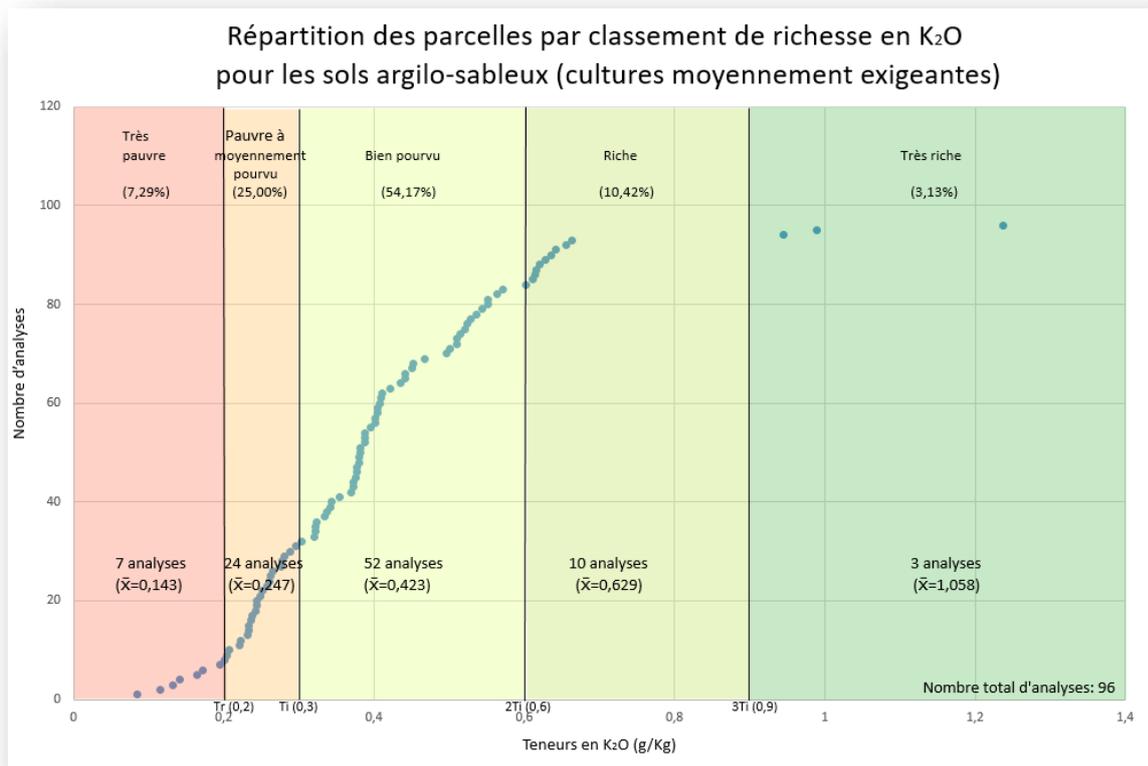
Répartition en pourcentage des parcelles de sols argilo-sableux en fonction de l'élément fertilisant, de l'exigence de la culture et de la stratégie de fertilisation

	Exigence	Stratégie de fertilisation		
		Renforcement	Entretien	Impasse
K ₂ O	Culture peu exigeante	1,04%	5,21%	93,75%
	Culture moyennement exigeante	7,29%	25,00%	67,71%
	Culture très exigeante	21,88%	78,12%	
MgO	Culture peu exigeante			100%
	Culture moyennement exigeante			100%
	Culture très exigeante		100,00%	
P ₂ O ₅	Culture peu exigeante	1,49%	46,27%	52,24%
	Culture moyennement exigeante	31,34%	23,88%	44,78%
	Culture très exigeante	31,34%	68,66%	

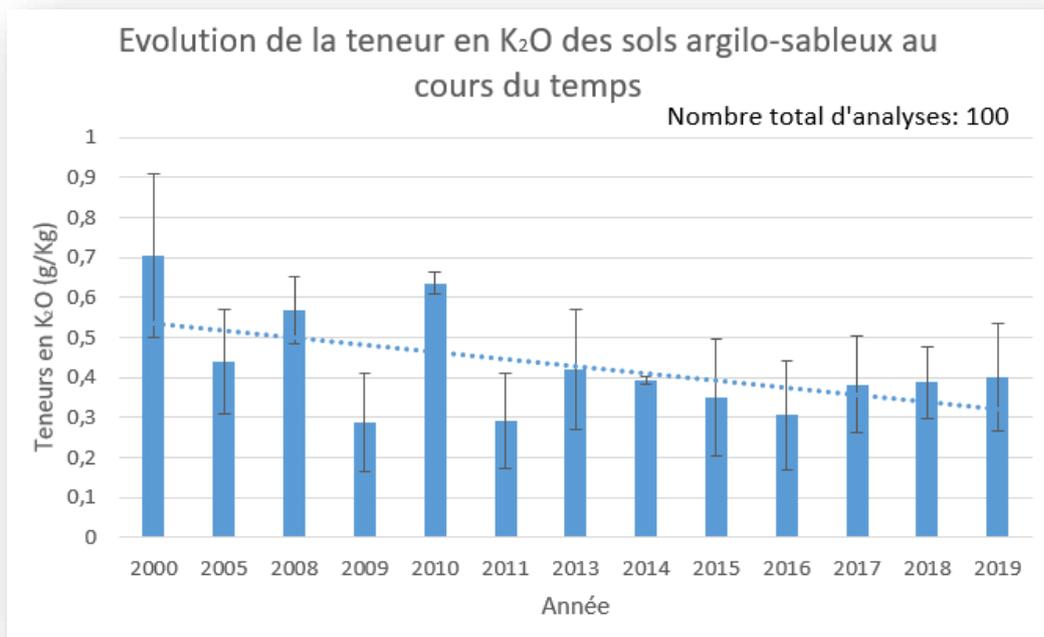
6.1. Teneur en potasse (K₂O)

La potasse est un élément particulièrement présent dans les sols argilo-sableux en des proportions différentes en fonction de l'exigence de la culture. Comme il est visible sur les graphiques ci-dessous, les pourcentages de parcelles pour chaque catégorie de fertilité sont différents selon que les parcelles sont peu ou moyennement exigeantes. Pour exemple, 35,42% des parcelles sont considérées comme bien pourvues en potasse pour les cultures peu exigeantes tandis que ce sont 54,17% pour les cultures moyennement exigeantes.

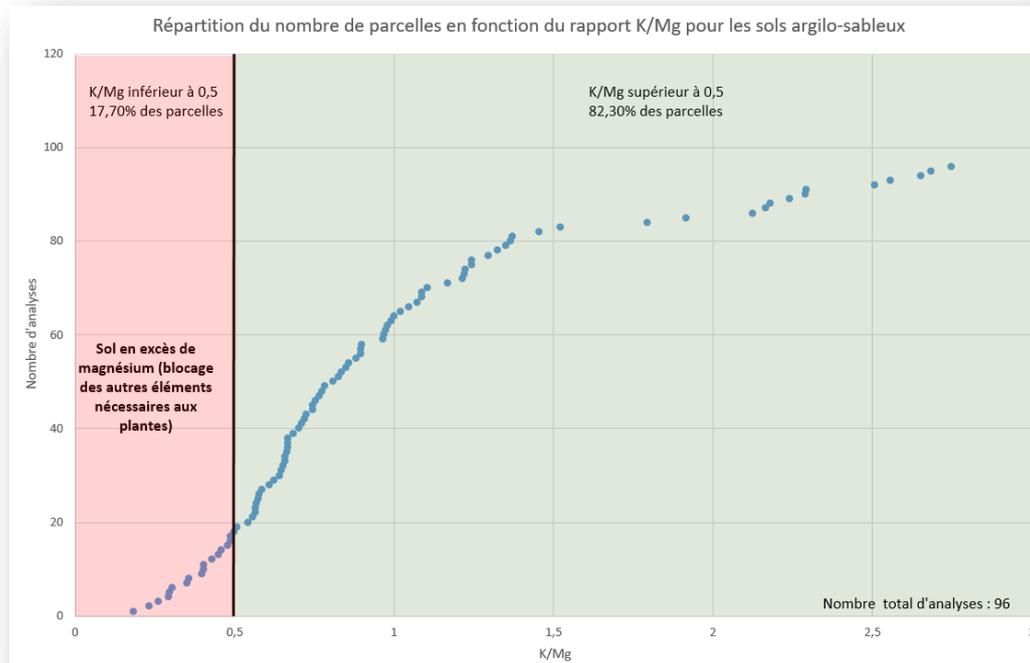




D'un point de vue évolutif, la teneur en potasse a subi une baisse au cours de ces dix-neuf dernières années. Néanmoins, le nombre d'analyses n'étant pas représentatif pour ce type de sol, il ne peut pas être avéré que cette diminution soit établie.

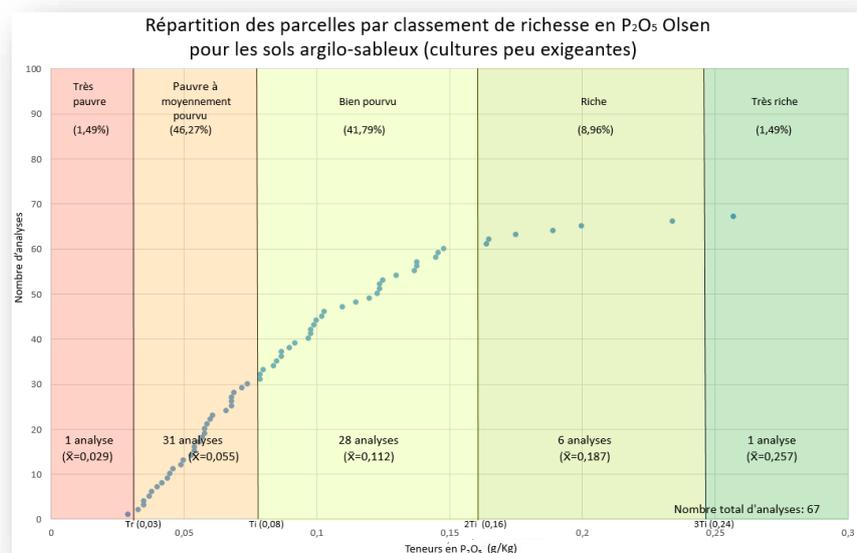


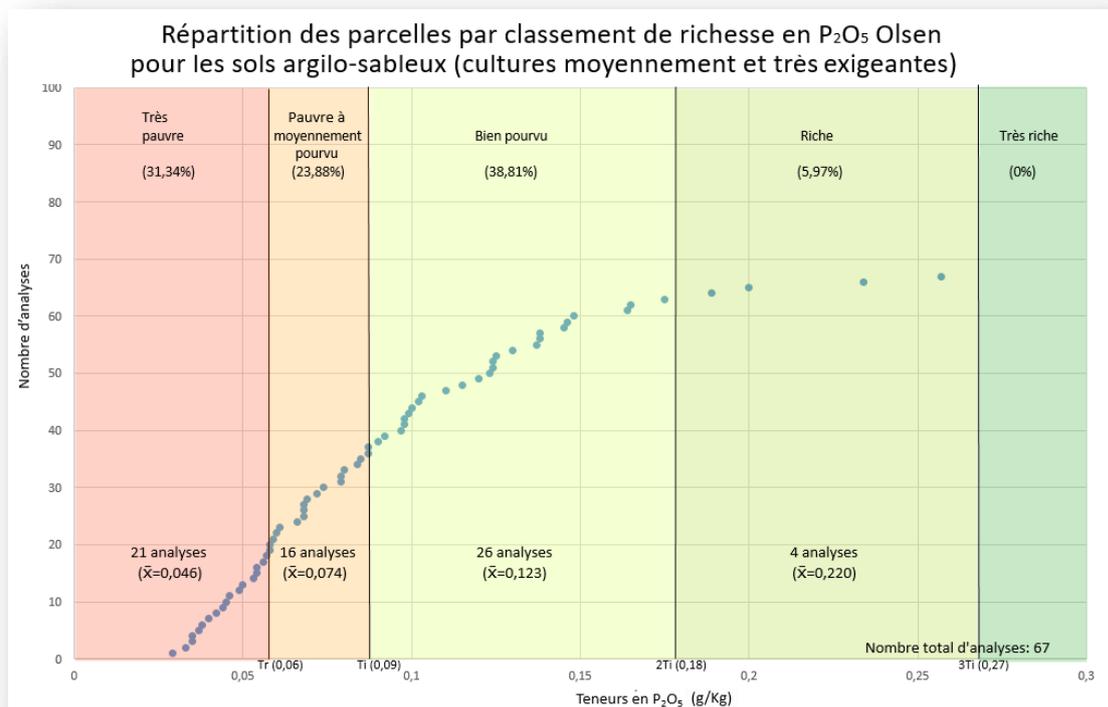
En ce qui concerne le rapport K/Mg, il peut être mis en évidence que 17,70% des sols argilo-sableux, cités dans l'atlas, présentent un rapport inférieur à 0,5. De ce fait, la fertilisation en potasse et en magnésium doit être réfléchiée pour éviter des excès de magnésium entraînant le blocage de certains éléments comme le fer ou le calcium.



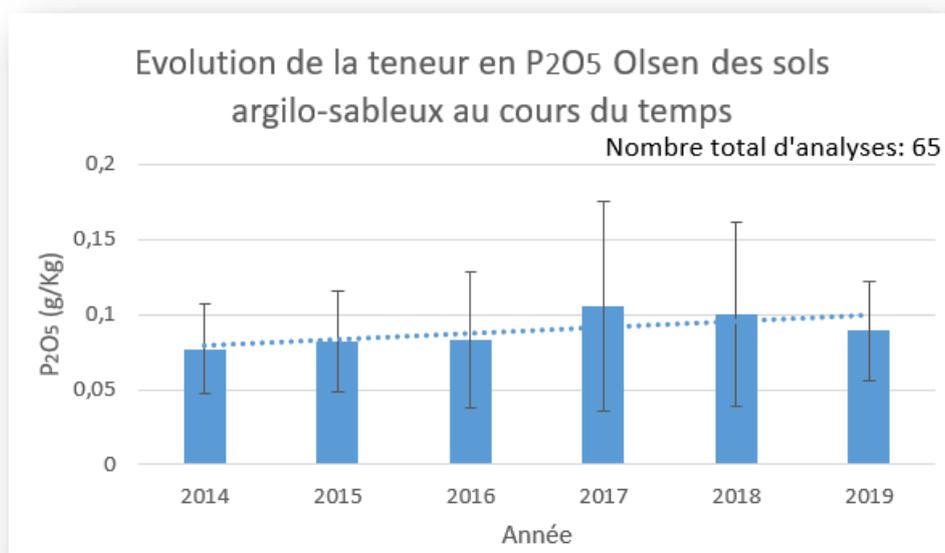
6.2. Teneur en phosphore (P_2O_5)

Pour le phosphore, il peut être observé que 46,27% des parcelles pour les cultures peu exigeantes sont pauvres ou moyennement pourvues. De plus, 41,79% des parcelles sont bien pourvues en phosphore. Pour les parcelles moyennement et très exigeantes, ce sont 31,34% des parcelles qui sont considérées comme très pauvres et 23,88% comme pauvres ou moyennement pourvues. Par ailleurs, 38,81% des parcelles sont qualifiées de bien pourvues en phosphore.





En ce qui concerne l'évolution des éléments fertilisants des sols argilo-sableux, il est possible d'observer de faibles variations. Toutefois, il peut être mis en évidence une légère hausse de la teneur en phosphore.



6. Sols granitiques

Suite au faible nombre d'analyses à disposition pour ce type de sol (68 analyses), les études sur l'évolution des éléments au cours du temps et la détermination des stratégies de fertilisation n'ont pas été réalisées.

1. Caractéristiques pédologiques

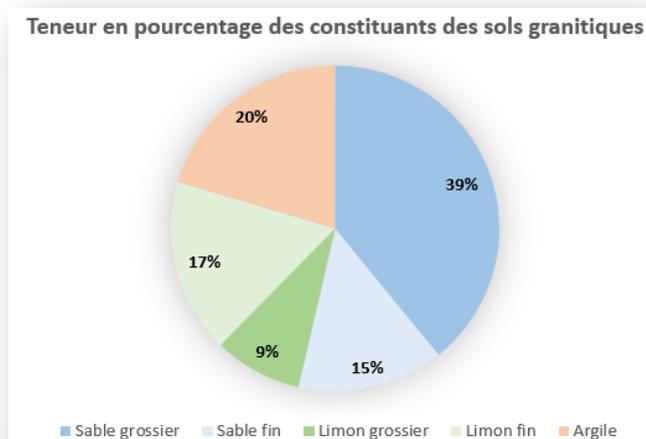
Les sols d'origine granitique sont présents dans le département au niveau des petites régions agricoles des Combrailles, des Hautes Combrailles et du Dore Livradois-Forez. Toutefois, ces sols sont principalement utilisés pour l'élevage avec des prairies naturelles. Ces sols ont été formés à partir d'une roche-mère granitique caractérisée par un pH acide et une teneur riche en silice. Avec l'érosion, cette roche-mère s'est vu altéré formant ainsi un sable nommé arène. Ce sol forme donc, grâce à l'humus, une terre propice à l'enracinement des plantes. Par ailleurs, il est nécessaire de garder à l'esprit que les sols granitiques sont sensibles à la sécheresse de par leur constitution.

2. Valeurs moyennes pour les principaux critères analysés

Élément	Teneur moyenne	Interprétation
Matière organique	4,69%	Teneur très élevée
pH	6,06	Sol acide
Phosphore (méthode Olsen)	0,09g/Kg de terre	Teneur satisfaisante
Potasse	0,26g/Kg de terre	Teneur satisfaisante
Magnésie	0,21g/Kg de terre	Teneur élevée
CEC	91 Meq/Kg de terre	Teneur faible

3. Texture

Les sols granitiques se caractérisent par une teneur en sable importante (54%). De ce fait, des risques de déstructuration ou de saturation en eau peuvent être observés. Par ce point, ces sols possèdent une texture grossière pour ces sols.



4. Matière organique

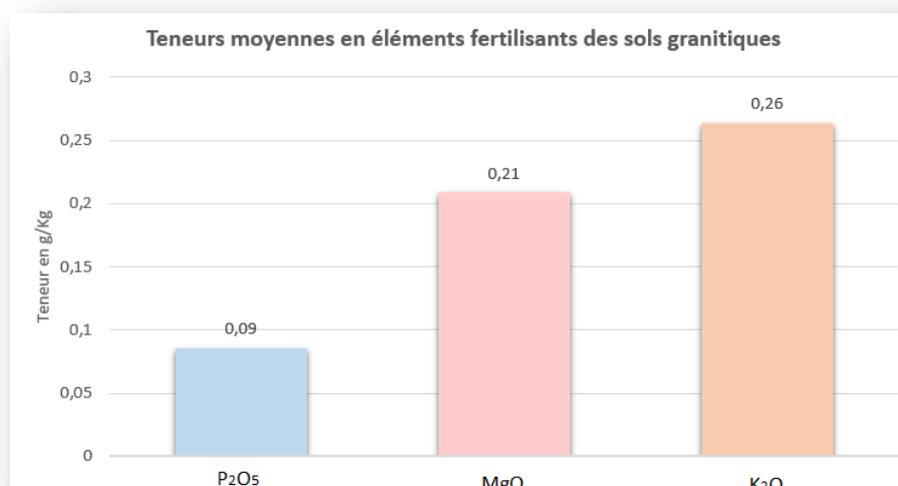
En ce qui concerne la matière organique, ces sols possèdent une fertilité importante avec un taux de matière organique moyen de 4,69%. Toutefois, il faut mettre en avant que ces teneurs élevées résultent de l'utilisation de ces sols pour l'élevage avec la présence de prairies et les apports de matière organique avec les déjections animales.

5. pH

Les sols granitiques se caractérisent par un pH acide (23,53% des parcelles) ou légèrement acide (42,65% des parcelles) avec une moyenne d'environ 6,06. Des chaulages peuvent s'avérer nécessaires pour éviter une diminution de l'activité microbienne et réduire les risques de toxicités aluminiques. On doit dans ce cas simplement avoir pour objectif de remonter le pH vers la zone de neutralité (6,6 à 7,4 unités de pH) sans oublier qu'il faudra renouveler ces chaulages étant donné la nature acide du sol et son origine.

6. Eléments fertilisants

Pour les éléments fertilisants, les sols granitiques confèrent une fertilité élevée en magnésie (provenant de l'apport de déjections animales). En ce qui concerne la potasse et le phosphore, leur fertilité est un peu plus faible. Toutefois, ces deux éléments sont présents en quantités suffisantes pour les plantes. Il peut également être observé que, pour les analyses à disposition, le rapport K/Mg est très rarement inférieur à 0,5 (rapport inférieur à 0,5 pour seulement 3 analyses). Toutefois, le faible nombre d'analyses à disposition ne permet pas d'obtenir d'informations représentatives. Il reste donc primordial de réfléchir au choix le plus pertinent en termes de fertilisation pour les cultures.



7. Sols volcaniques

Suite au faible nombre d'analyses à disposition pour ce type de sol (31 analyses), les études sur l'évolution des éléments au cours du temps et la détermination des stratégies de fertilisation n'ont pas été réalisées.

1. Caractéristiques pédologiques

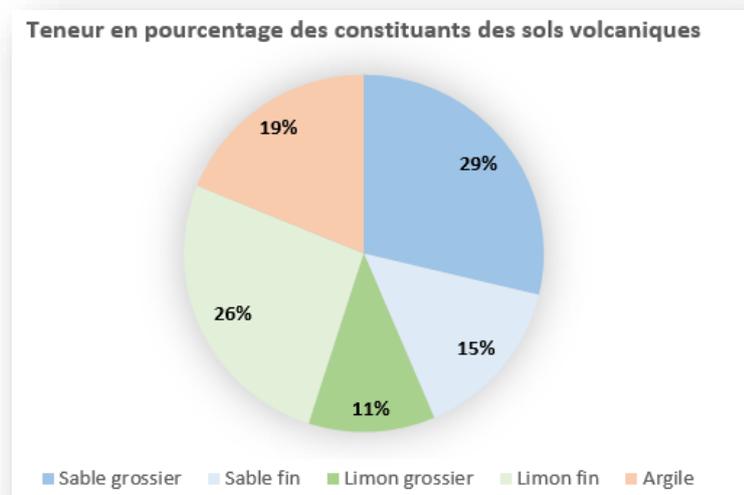
Les sols volcaniques se situent dans la petite région agricole de l'Artense Cézallier-Sancy ainsi que dans les Monts Dômes, soit dans les secteurs des chaînes de montagnes du département. Les sols volcaniques trouvent leur origine dans les laves ou les cendres volcaniques. De par leur origine, ces sols sont riches en alumine, ce qui favorise la stabilisation de la matière organique. De ce fait, les sols volcaniques peuvent se caractériser par un fort taux de matière organique tout en ayant un pH acide. Par ailleurs, le pH de ces sols empêche la destruction de la matière organique.

2. Valeurs moyennes pour les principaux critères analysés

Élément	Teneur moyenne	Interprétation
Matière organique	13,07%	Teneur très élevée
pH	5,88	Sol acide
Phosphore (méthode Dyer)	0,32g/Kg de terre	Teneur élevée
Potasse	0,31g/Kg de terre	Teneur élevée
Magnésie	0,58g/Kg de terre	Teneur très élevée
CEC	115 Meq/Kg de terre	Teneur satisfaisante

3. Texture

D'un point de vue granulométrique, les sols volcaniques sont constitués de sable grossier, de limon fin et d'argile. De ce fait, ces terres sont fertiles avec une structure grumeleuse. Toutefois, il peut être noté la présence de rochers dans ces sols, ce qui peut être un frein à la mécanisation.



4. Matière organique

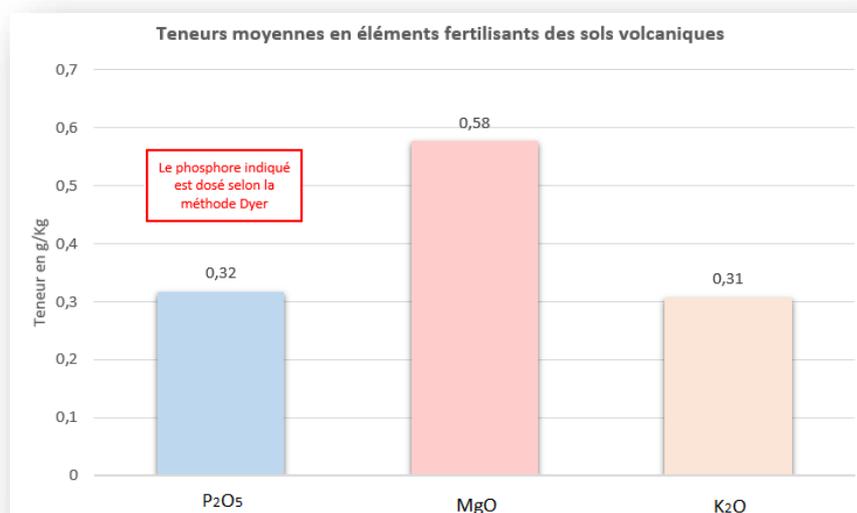
Grâce aux conditions environnementales et aux caractéristiques des sols volcaniques, ces derniers possèdent une très forte teneur en matière organique (13,08% en moyenne). Sous l'effet des températures froides dans ces zones géographiques et avec un pH acide, la matière organique se minéralise peu. Par conséquent, cette matière organique permet d'apporter aux sols volcaniques une fertilité importante.

5. pH

Le pH des sols volcaniques est particulièrement acide avec une valeur moyenne de 5,88 (51,61% des parcelles étant acides et 29,03% étant légèrement acides). Il est donc primordial de surveiller le pH afin d'éviter que ce dernier ne descende en dessous de seuil de 5,5. En effet, passé ce seuil, les risques de toxicités aluminiques sont très importants. Or, ces toxicités entraînent une perte de production importante. En effet, lorsque la teneur en aluminium est trop élevée, les racines des végétaux vont devenir courtes et peu ramifiées. De ce fait, les plantes ont un accès restreint aux éléments nutritifs et à l'eau, ce qui a un impact négatif sur leur croissance.

6. Eléments fertilisants

Pour les éléments fertilisants, il est possible d'observer une fertilité très importante en magnésie. Les fertilités en phosphore et en potasse sont, quant à elles, satisfaisantes voire élevées, ce qui est en lieu avec l'origine volcanique de ces sols. Il peut également être observé que le rapport K/Mg peut être inférieur à 0,5. Toutefois le faible nombre d'analyses à disposition ne permet pas d'obtenir d'informations représentatives. Il reste donc primordial de réfléchir au choix le plus pertinent en termes de fertilisation pour les cultures.



Chapitre 3 :

Méthode de raisonnement de la fertilisation phosphatée et potassique du COMIFER

Afin de déterminer la meilleure stratégie de fertilisation à mettre en place pour ses parcelles ainsi que la quantité d'engrais à épandre, il est possible de se baser sur la méthode du COMIFER de 2007-2009.

Cette partie de l'atlas s'organise comme suit :

1. La brochure du COMIFER : Grille de calcul PKMg (2007 et 2009) qui est également téléchargeable sur <https://comifer.asso.fr/fr/publications/les-brochures.html>

2. Les différentes étapes pour mener le calcul de doses d'engrais à apporter avec des fiches comportant les grilles de coefficients multiplicatifs des exportations pour les éléments fertilisants (MgO, K₂O et P₂O₅) des principaux types de sols du département (il est à noter que les valeurs des teneurs-seuils indiquées sur ces tableaux sont présentées en ‰ ou g/Kg)

3. La mise en pratique de la méthode de raisonnement de la fertilisation phosphatée et potassique du COMIFER à travers un exemple

4. La fiche-type de calcul vierge

TENEURS EN P, K et Mg des organes végétaux récoltés

pour les cultures de plein champ et les principaux fourrages

Le COMIFER propose un tableau des références actualisé des teneurs en P, K et Mg des organes végétaux récoltés concernant les cultures de plein champ et les principaux fourrages. Ces nouvelles références sont destinées à remplacer les valeurs actuellement utilisées.

Les teneurs en éléments minéraux, exprimées en unités conventionnelles (P_2O_5 pour le phosphore, K_2O pour le potassium et MgO pour le magnésium) permettent le calcul des **bilans culturaux**⁽¹⁾ F-E "fumure-exportation". Représentant la différence entre le total des apports (F) et les exportations des récoltes (E), ces bilans peuvent être calculés à diverses échelles et permettent un diagnostic des pratiques de fertilisation couplé à un suivi de l'évolution des stocks des éléments nutritifs dans le sol. On notera bien que produit récolté et sous produit facultativement récoltable (par exemple, grain et paille) sont présentés séparément ; il faut donc les additionner le cas échéant.

ATTENTION, on ne peut pas utiliser les teneurs de ce tableau pour le calcul de fertilisation suivant la méthode COMIFER 1993⁽²⁾ (grille 1993 et grille 1997) car les coefficients de calcul de cette méthode ont été calés pour des teneurs en P et en K des végétaux parfois forts différentes. Les doses ainsi calculées pourraient être inappropriées. Une nouvelle grille de calcul de la fertilisation PK est en cours d'élaboration pour répondre à ces évolutions des teneurs de référence.

Dans la majorité des cas, la référence correspond à la valeur moyenne des données d'analyses enregistrées dans une base de données créée à partir d'une enquête menée en 2005 auprès de tous les adhérents du COMIFER et d'une synthèse bibliographique actualisée ensuite. Dans les autres cas, la source de la référence est précisée dans le tableau. La méthode de travail est explicitée dans un document consultable sur le site du COMIFER www.comifer.asso.fr comportant en annexe les tableaux de calcul associés et des données sur des cultures peu répandues et non présentées ici⁽³⁾.

La tendance sensible à la baisse observée pour les teneurs en phosphore et dans une moindre mesure pour celles en potassium, pourrait s'expliquer par l'évolution des pratiques de fertilisation et l'augmentation de l'efficacité du phosphore et du potassium absorbés, probablement due au progrès génétique et à l'amélioration de la conduite des cultures. En l'absence de références anciennes similaires pour le magnésium, aucune tendance ne peut être identifiée pour cet élément.

La variabilité associée à ces teneurs moyennes est importante. Elle est quantifiée chaque fois que possible par quelques indicateurs dans le document méthodologique⁽³⁾. Les teneurs réelles peuvent couramment varier de l'ordre de 20% autour des moyennes indiquées ici. L'hétérogénéité des sources de données ne permet pas de fournir un indicateur statistique unique de la variabilité autour de chaque moyenne. Les causes de la variabilité sont nombreuses : climat, type de sol, variété, pratiques de fertilisation, état sanitaire, etc...

Les références COMIFER, fruit de l'état actuel des compilations de données, peuvent être utilisées sur le territoire français métropolitain. L'usage de références locales établies pour une culture ou une région donnée à partir d'enquêtes ou d'études plus approfondies ne peut qu'être encouragé.

Les tableaux de référence présentés dans les pages qui suivent pourront être mis à jour à la faveur de nouvelles actualisations de la base de données. Ils pourront être complétés pour d'autres éléments minéraux comme le calcium. On se reportera au site www.comifer.asso.fr pour disposer de la dernière version actualisée de ce tableau.

Le groupe PKMg du COMIFER 2007

(1) COMIFER 1993 Glossaire de la fertilisation N-P-K

(2) COMIFER 1993 Aide au diagnostic et à la prescription de la fertilisation phosphatée et potassique des grandes cultures

(3) COMIFER 2007 TENEURS EN P, K et Mg DES ORGANES VÉGÉTAUX RÉCOLTABLES MÉTHODE D'ÉTABLISSEMENT et VALEURS DE RÉFÉRENCE

Grandes Cultures, teneur par unité de récolte

NB : pour certaines cultures peu représentées en France, les quelques références disponibles sont reportées seulement dans le document COMIFER, 2007, Teneurs en P, K et Mg des organes végétaux récoltables. Méthode d'établissement et valeurs de référence

Espèce	Organe	% Mat. Sèche récolte ⁽¹⁾	Unité de teneur ⁽²⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Avoine	grain	85	kg / q	0.75	0.45	0.12
	paille ⁽³⁾	86	kg / t	3.00	12.0	1.00 ⁽⁴⁾
Betterave sucrière	racine	16% sucre	kg / t	0.50	1.80	0.35
Blé dur	grain	85	kg / q	0.85	0.45	0.19
Blé tendre	grain	85	kg / q	0.65	0.50	0.12
Blé	paille	88	kg / t	1.70	12.3	0.85
Chicorée	racine	20	kg / t	0.80	4.50	0.30
Colza	grain	91	kg / q	1.25	0.85	0.35
	paille	88	kg / t	1.70	14.5	0.75
Féverole	grain	86	kg / q	1.20	1.30	0.23
Lentille	grain	86	kg / q	0.90	-	-
Lin	grain	91	kg / q	1.35	0.80	0.55
	tige rouie	100	kg / t	2.05	7.20	1.30
Lupin	grain	86	kg / q	0.75	1.05	0.25
Maïs	épi entier	81	kg / q	0.65	0.45	0.14
	grain	85	kg / q	0.60	0.55	0.13
Millet	grain	85	kg / q	0.60	-	-
Orge	grain	85	kg / q	0.65	0.55	0.15
	paille	88	kg / t	1.00	12.9	0.75
Pois	grain	86	kg / q	0.80	1.15	0.18
	paille	88	kg / t	2.10	19.0	2.05
Pois chiche	grain	86	kg / q	0.70	0.70	0.17
Pomme de terre conso.	tubercule	20	kg / t	0.95	3.90	0.30
Pomme de terre fécule	tubercule	26	kg / t	1.25	5.10	-
Riz	grain ⁽⁵⁾	85	kg / q	0.60	0.30	-
Seigle	grain	85	kg / q	0.65	0.45	0.16
	paille ⁽³⁾	86	kg / t	3.00	12.0	2.0 ⁽⁴⁾
Soja	grain	86	kg / q	1.00	1.60	-
Sorgho	grain	85	kg / q	0.70	0.35	-
Tournesol	grain	91	kg / q	1.20	1.05	0.45
Triticale	grain	85	kg / q	0.65	0.50	0.14
	paille ⁽³⁾	88	kg / t	2.00	10.0	2.0 ⁽⁴⁾
Vesce	grain	85	kg / q	1.00	1.95	-
	paille	88	kg / t	2.00	12.7	1.30

(1) teneur de référence en MS pour l'organe considéré (conventionnelle ou habituelle à la récolte); cas particulier de la betterave sucrière pour tenir compte de l'unité conventionnelle de mesure des rendements

(2) quantité de P₂O₅, K₂O ou MgO par unité de masse de matière végétale à la teneur en MS de référence; t = tonne métrique, q = quintal

(3) CORPEN, 1988, Bilan de l'azote à l'exploitation

(4) Düngeverordnung 2001 (tableau de référence réglementaire fédérale allemande)

(5) World Fertilizer Use Manual, IFA, 1992



Légumes de plein champ & tabac, teneur par unité de récolte

Liste restreinte étant donné le grand nombre d'espèces. Pour plus de détail, voir les documents cités dans la bibliographie ou les instituts techniques correspondants

Espèce	Dest ⁽¹⁾	Organe	% Mat. Sèche récolte ⁽²⁾	Unité ⁽⁴⁾ de teneur	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Asperge	I & F	bourgeons	13	kg / t	1.30	3.70	0.20
Artichaut	F	têtes	17	kg / t	1.30	5.75	0.50
Brocoli	I	tête 18 cm	8	kg / t	1.40	3.95	0.22
Carotte jeune "Amsterdam"	I	racine	9	kg / t	0.60	3.85	0.30
Carotte grosse	I	racine	12	kg / t	1.00	5.50	0.23
Chou de Bruxelles	F	plante entière	9	kg / t	2.00 ⁽⁴⁾	3.70	0.30
Chou fleur automne	I	tête	7	kg / t	1.00	3.30	0.20
	F	tête couronnée	8	kg / t	1.00	4.00	0.20
Chou fleur hiver	I	tête	9	kg / t	1.30	4.30	0.20
	F	tête couronnée	10	kg / t	1.20	4.00	0.20
Chou pomme	F	tête	12	kg / t	1.30	4.30	0.25
Courgette	F	fruit	7	kg / t	0.65	2.10	0.30
Épinard	I	feuilles	7	kg / t	1.10	7.05	0.65
Haricot vert	I	gousse	10	kg / t	1.05	3.65	0.45
Haricot flageolet	I	grain	43	kg / q	4.55	9.40	1.25
Haricot	I	paille	88	kg / t	2.60	24.1	3.95
Maïs doux	I	épi	30	kg / t	2.15	3.40	0.55
Melon	F	fruit		kg / t	0.90	4.45	0.45
Navet	F	racine	6	kg / t	0.70	3.90	0.23
Poireau d'hiver	F	fût & feuilles	11	kg / t	0.80	4.20	0.20
Pois de conserve	I	grain ventilé	26	kg / t	2.95	4.00	0.70
Pomme de terre ½ primeur	F	tubercule	20	kg / t	1.00	7.20	0.40
Pomme de terre prim'primeur	F	tubercule	15	kg / t	0.75	4.50	0.30
Tabac brun	I	feuilles	79	kg / t	2.00	50.0	-
Tabac Virginie	I	feuilles	87	kg / t	2.50	30.0	5.00
Tabac Burley	I	feuilles	73	kg / t	3.00	80.0	10.0
Tomate	F	fruit	6	kg / t	0.50	2.90	0.20
Salade type laitue	F	feuilles	5	kg / t	0.55	3.50	0.18
Salade type Batavia	F	feuilles	5	kg / t	0.80	3.80	-

(1) destination : F = marché de frais ; I = industrie de transformation ; pour les légumes d'industrie, les références sont celles de l'UNILET ; pour les légumes pour marché "frais" les références sont issues des chambres d'agriculture de Bretagne et du CTIFL ; pour le tabac, les références sont issues de IANITTA. On a cherché à exprimer toutes les récoltes en unité de masse, bien que dans la pratique certaines unités très spécifiques subsistent pour les légumes frais

(2) teneur en MS de référence pour l'organe considéré (conventionnelle ou habituelle à la récolte)

(3) quantité de P₂O₅, K₂O ou MgO par quantité de matière végétale à la teneur en MS conventionnelle ou habituelle à la récolte ; t = tonne métrique, q = quintal

(4) Düngverordnung 2001 (tableau de référence réglementaire fédérale allemande)

NB : dans le cas des cultures légumières, en particulier pour le marché de frais, une part importante de la biomasse exportée du champ peut être écartée de la vente suite aux opérations de nettoyage, calibrage, etc. Il faut en tenir compte en sus dans le calcul du bilan des minéraux à la parcelle car les données ci-dessus ne concernent que les organes récoltés et commercialisés.

Fourrages et cultures fourragères

Teneurs relatives à la matière sèche pour les fourrages et le maïs, à la matière fraîche pour betterave et chou

NB : les teneurs dépendent beaucoup du stade de développement, des conditions de récolte et des états de nutrition minérale de l'herbe. Pour des références plus détaillées, voir les tables AFZ-INRA (Sauvant et al, 2004) et INRA 2007 (réf. ci-dessous).

Espèce	Type récolte	Valeurs observées par enquête			Valeurs "critiques" ⁽²⁾		Hypothèses t MS/coupe et (INN)
		Kg P ₂ O ₅ par t MS	Kg K ₂ O par t MS	Kg MgO par t MS	Kg P ₂ O ₅ par t MS	Kg K ₂ O par t MS	
● Brome	ensilage	6.4	-	2.0	7.3	35.5	5 (0.9)
● Dactyle	ensilage	7.0	-	2.6	7.3	35.5	5 (0.9)
	foin	5.1	24.6	2.7	6.2	30.8	4 (0.6)
● Dactyle & Luzerne	foin	5.0 ⁽¹⁾	22.1	-	6.2	30.8	4 (0.6)
● Fétuque élevée	ensilage	6.6	-	2.7	7.3	35.5	5 (0.9)
	foin	7.6	-	-	6.2	30.8	4 (0.6)
● Luzerne	déshydratée	5.8	31.8	2.2	-	-	-
	ensilage	6.0	-	-	-	-	-
	foin	6.3	26.2	3.9	-	-	-
● Prairie naturelle	pâturage	7.1	25.9	2.7	7.4	36.2	2 (0.7)
	ensilage	5.6	-	2.5	7.6	36.7	4 (0.9)
● Prairie temporaire	foin	6.9	29.9	2.6	6.5	32.0	3 (0.6)
	foin	5.7 ⁽¹⁾	26.5	3.6	6.2	30.8	4 (0.6)
● Ray Grass anglais	pâturage	6.8	-	-	9.2	43.4	2 (1.0)
	ensilage	7.5	-	-	7.3	35.5	5 (0.9)
● Ray Grass hybride	foin	6.7	28.6	2.7	6.2	30.8	4 (0.6)
	ensilage	6.8	44.1	2.6	7.3	35.5	5 (0.9)
● Ray Grass italien	foin	7.0	38.9	-	6.2	30.8	4 (0.6)
	ensilage	7.4	-	2.3	7.3	35.5	5 (0.9)
● Trèfle violet	foin	8.4	33.7	1.8	6.2	30.8	4 (0.6)
	ensilage	8.3	-	2.8	-	-	-
● Vesce	ensilage	6.9 ⁽¹⁾	22.7	-	-	-	-
	foin	2.3	14.4	1.5	-	-	-

(1) INRA 2007

(2) Les valeurs "critiques" sont calculées à partir d'équations (Thélier et al, 1999) permettant de définir l'état de nutrition P et K non limitant pour la croissance permise par l'azote. Les bases retenues pour le calcul (t MS par coupe et INN) figurent dans

la colonne de droite du tableau. L'Indice de Nutrition azotée (INN) est le rapport de la teneur en azote réelle de l'herbe à la teneur critique. Celle-ci correspond à la teneur minimale permettant d'assurer la vitesse de croissance maximale des plantes (INN=1 : azote non limitant de la croissance potentielle).

Espèce	Organe	% MS récolte ⁽¹⁾	Unité de teneur	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
● Betterave fourragère	racine	16	kg / t	0.55	1.95	-
● Chou fourrager	plante entière	13	kg / t	0.90 ⁽²⁾	1.50	-
● Maïs	plante entière ensilée	100	kg / t	4.20	11.9	1.85

(1) teneur de l'organe considéré en Matière Sèche, conventionnelle ou habituelle, à la récolte.

(2) INRA 2007

PRINCIPALES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- COMIFER, 2007 : Teneurs en P, K et Mg des organes végétaux récoltables. Méthode d'établissement et valeurs de référence Comifer, Paris, 40 p. (11 p. et annexes)
- Comité de Développement des agriculteurs de la zone légumière, 2002, L'agronomie et la fertilisation, des cultures légumières. Chambre d'Agriculture du Finistère, 142 p.
- INRA, 2007 : Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - Valeurs des aliments. Tables Inra QUAE Editions, 307 p.

- SAUVANT D., PEREZ J.M., TRAN G., 2004 : Tables de composition et de valeur nutritive de matières premières destinées aux animaux d'élevage ; 2nd édition. INRA Editions, 303 p.
- Thélier-Hubé L., Farrugia A., Castillon P., 1999 : L'analyse d'herbe, un outil pour le pilotage de la fertilisation phosphatée et potassique des prairies naturelles et temporaires. Institut de l'élevage, ITCF, INRA, ACTA, Chambres d'Agriculture, COMIFER.
- UNILET, 2006 : Guide fertilisation. N° Hors série de Unilet-Informations, 50 p.

FERTILISATION PK

GRILLE DE CALCUL DE DOSE

Coefficients à appliquer aux quantités d'éléments exportés prévisibles pour déterminer les quantités d'éléments à appliquer

Le COMIFER propose deux grilles de calcul de dose, pour P et pour K, version 2009, sous la forme de coefficients multiplicatifs des exportations pour les grandes cultures et les fourrages annuels ou pluriannuels (non permanents). Ce document s'adresse aux agriculteurs, aux techniciens, aux laboratoires d'analyse de terre et aux autres structures de conseil qui calculent ou fournissent des préconisations de dose PK.

Ces grilles ont été établies dans le prolongement de la nouvelle table des teneurs en P, K, et Mg des organes végétaux récoltés, publiée en 2007 par le COMIFER, et doivent être utilisées avec cette table.

Cette version 2009 a été construite dans la continuité des versions 1993⁽¹⁾ puis 1997⁽²⁾ de la méthode COMIFER, qu'elle remplace donc maintenant. Elle correspond aux principes édictés dans la brochure COMIFER de référence (1993), basés en grande partie sur les enseignements des essais de longue durée, alliant les deux objectifs généraux d'alimentation non limitante des cultures et de préservation de la fertilité P et K du sol à moyen terme.

Trois objectifs principaux ont guidé l'élaboration de cette version 2009 :

- Dans les sols à teneurs faibles en P ou en K, les coefficients multiplicatifs réévalués **maintiennent les doses précédemment préconisées** sur la base des résultats du réseau d'essais longue durée.
- Dans les sols à teneur élevée en P ou en K (teneur supérieure à Timpasse), les coefficients multiplicateurs ont été soit maintenus soit diminués, en privilégiant des valeurs inférieures ou égales à 1, conduisant à l'**utilisation plus importante des réserves du sol** pour l'alimentation des cultures. Par ailleurs, un seuil supplémentaire correspondant à la valeur de $3 \times \text{Timpasse}$ est défini, au-delà duquel les coefficients sont toujours égaux à 0, quels que soit le niveau des autres critères de raisonnement.
- Lorsque les résidus de récolte de la culture précédente sont enlevés (par exemple les pailles), la disponibilité en P mais surtout en K diminue pour la culture qui suit. Le supplément d'apport permettant de compenser les exportations de P et de K des pailles est alors **attribué à la culture suivante et non pas à la culture précédente**. Cette compensation ne s'envisage que dans les cas des sols qui n'ont pas une teneur élevée, c'est-à-dire lorsque la teneur du sol est inférieure au Timpasse.

Les valeurs des teneurs-seuils Timpasse et Trenforcé par classe d'exigence, définies régionalement par type de sol, ne sont pas modifiées, elles n'ont pas fait l'objet de révision.

$$\text{Dose } P_2O_5 \text{ ou } K_2O \text{ conseillée (en kg/ha)} = \text{Coefficient multiplicatif des exportations} \times \text{Rendement prévu (unité de rendement aux normes)} \times \text{Teneur en } P_2O_5 \text{ ou } K_2O \text{ dans les exportations (kg } P_2O_5 \text{ ou } K_2O \text{ par unité de rendement aux normes)}$$

avec un supplément éventuel dû aux exportations de résidus du précédent

Le groupe PKMg du COMIFER, 2009

RAPPEL

La définition de la dose P et K dépend de 4 critères de raisonnement:

- L'exigence des cultures
- La teneur du sol à l'analyse de terre
- Le passé récent de fertilisation
- Les résidus de culture du précédent

Les coefficients multiplicatifs des exportations sont définis d'après les 3 premiers critères.

Des précisions pour une meilleure utilisation de cette grille seront disponibles sur le site du COMIFER: www.comifer.asso.fr

(1) COMIFER 1993 Aide au diagnostic et à la prescription de la fertilisation phosphatée et potassique des grandes cultures

(2) COMIFER 1997 Éléments complémentaires à la méthode de raisonnement de la fertilisation PK permettant d'aider à sa mise en œuvre

Grille de calcul des doses de phosphore (P_2O_5) à apporter

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations, appliqué à la récolte principale (grains le plus souvent)

P_2O_5	Nb. d'années sans apport depuis la dernière fertilisation	Teneur du sol Positionner la teneur par rapport aux seuils						
		Teneur faible		Teneur moyenne			Teneur élevée	
		Tent.	Timp. -10%	Timp.	Timp. +10%	2x Timp.	3x Timp.	
Cultures très exigeantes Betterave sucrière Colza - Luzerne Pomme de terre	0	2.2	1.5	1.2	1.0	0.8	0	0
	1 an	3.3	2.0	1.5	1.2	1.0	0	0
	2 ans ou +	3.7	2.7	2.0	1.5	1.2	0.8	0
Moyennement exigeantes Blé/Blé - Blé dur Maïs fourrage - Pois Orge - R.G. - Sorgho	0	1.6	1.0	1.0	0	0	0	0
	1 an	1.8	1.2	1.0	1.0	0.8	0	0
	2 ans ou +	2.0	1.7	1.5	1.2	1.0	0.6	0
Cultures peu exigeantes Avoine - Blé tendre Maïs grain - Seigle Soja - Tournesol	0	1.3	1.0	0.8	0	0	0	0
	1 an	1.6	1.0	1.0	0	0	0	0
	2 ans ou +	1.6	1.2	1.0	1.0	0.8	0	0

► Cette grille P s'applique à toutes les cultures y compris fourragères, à leur récolte principale, mais ne s'applique pas aux résidus à enlèvement facultatif (pailles).

► Si les résidus de la culture précédente sont récoltés (paille, fanes...), un supplément de dose est proposé selon la règle suivante :

- pas de supplément en cas de sol à teneur élevée (teneur > Timp) qu'il y ait un conseil de dose nulle ou non d'après la grille ;
- le supplément correspond à l'exportation de P_2O_5 des pailles sur la culture qui suit dans les autres cas (teneur < Timp).

Supplément de kg P_2O_5 /ha sur la culture qui suit = Masse de résidus récoltés (t/ha) × teneur en kg P_2O_5 /t

Grille de calcul des doses de potassium (K_2O) à apporter (grandes cultures)

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations, appliqué à la récolte principale (grains le plus souvent)

K_2O	Nb. d'années sans apport depuis la dernière fertilisation	Teneur du sol Positionner la teneur par rapport aux seuils						
		Teneur faible		Teneur moyenne			Teneur élevée	
		Tent.	Timp. -10%	Timp.	Timp. +10%	2x Timp.	3x Timp.	
Cultures très exigeantes Betterave sucrière Pomme de terre	0	1.7	1.2	1.0	0.8	0.6	0	0
	1 an	2.0	1.4	1.2	1.0	0.8	0	0
	2 ans ou +	2.3	1.5	1.4	1.2	1.0	0.8	0
Moyennement exigeantes Colza - Maïs grain Pois - Tournesol Luzerne	0	1.6	1.2	1.0	0	0	0	0
	1 an	2.2	1.4	1.2	1.0	0.5	0	0
	2 ans ou +	2.2	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0
Cultures peu exigeantes Blé tendre - Blé dur Orge - Avoine - Seigle	0	1.2	1.0	1.0	0	0	0	0
	1 an	1.2	1.1	1.0	0	0	0	0
	2 ans ou +	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	0	0

► Cette grille K s'applique à toutes les grandes cultures, à leur récolte principale mais ne s'applique pas aux résidus à enlèvement facultatif (pailles).

► Pour ces cultures, la dose sera plafonnée à 400 kg K_2O /ha/an.

► Si les résidus de la culture précédente sont récoltés (paille, fanes...), un supplément de dose est proposé selon la règle suivante :

- pas de supplément en cas de sol à teneur élevée (teneur > Timp) qu'il y ait un conseil de dose nulle ou non d'après la grille ;
- le supplément correspond à l'exportation de K_2O des pailles sur la culture qui suit dans les autres cas (teneur < Timp).

Supplément de kg K_2O /ha sur la culture qui suit = Masse de résidus récoltés (t/ha) × teneur en kg K_2O /t.

Grille de calcul de dose de potassium (K_2O) à apporter sur les cultures fourragères (récolte plante entière)

K_2O	Cas des fourrages Pour toute destination des résidus du précédent	Nb. d'années sans apport depuis la dernière fertilisation	Teneur du sol Positionner la teneur par rapport aux seuils						
			Teneur faible		Teneur moyenne			Teneur élevée	
			Tent.	Timp. -10%	Timp.	Timp. +10%	2x Timp.	3x Timp.	
Cultures Moyennement exigeantes Maïs fourrage Ray-Grass - Luzerne	0	1.0	1.0	0.8	0.6	0	0	0	
	1 an	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0	0	
	2 ans ou +	1.5	1.2	1.0	1.0	0.8	0.4	0	

► En cas de sol n'ayant pas une teneur élevée (teneur < Timp), la dose sera partagée entre avant et après la culture fourragère.

► Pour les cultures fourragères, la dose est plafonnée à 200 kg K_2O /ha; des suppléments de dose au-delà n'ont jamais été valorisés dans les essais de longue durée.

2. Etapes nécessaires au calcul des doses à apporter (phosphore et potasse)

Trois composantes principales sont à prendre en compte pour déterminer la quantité nécessaire de phosphore et/ou de potasse à apporter à la culture :

$$\text{Dose de P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O} \text{ conseillée (Kg/ha)} = \text{Rendement prévu (q/ha ou t/ha)} \times \text{Coefficient multiplicatif des exportations} \times \text{Teneur en P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O dans les exportations (kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O/unité de rendement)}$$

+ supplément éventuel dû aux exportations de résidus du précédent

De ce fait, pour mener à bien ce calcul, trois étapes sont nécessaires :

A. Connaître les informations suivantes au préalable du calcul

- La culture mise en place
- Le rendement souhaité
- Le type de sol de la parcelle
- Le nombre d'années sans apport d'engrais (depuis la dernière fertilisation)
- Les résultats de l'analyse de sol pour les éléments fertilisants

B. Déterminer les teneurs en phosphore, potasse et magnésie des organes végétaux récoltés

Pour cette deuxième étape, les tableaux du COMIFER de teneurs en P, K et Mg des organes végétaux récoltés (trois tableaux de la première partie de la brochure du COMIFER) sont à utiliser pour :

- les grandes cultures
- les légumes de plein champ & tabac
- les fourrages et cultures fourragères

C. Déterminer l'exigence de la culture et le coefficient multiplicatif pour les éléments fertilisants

Pour connaître l'exigence de la culture, le tableau suivant est à utiliser.

Phosphore (P ₂ O ₅)	
Exigence de la culture	Cultures
Très exigeante	Betterave sucrière, colza, pomme de terre, Luzerne
Moyennement exigeante	Blé dur, blé/blé, sorgho, orge, maïs fourrage, pois, ray-grass
Peu exigeante	Blé tendre, maïs grain, triticale, tournesol, avoine, seigle, soja

Potasse (K ₂ O)	
Exigence de la culture	Cultures
Très exigeante	Betterave sucrière, pomme de terre
Moyennement exigeante	Maïs grain, tournesol, colza, pois, luzerne
Peu exigeante	Blé dur, blé tendre, triticale, orge, avoine seigle

Une fois l'exigence de la culture connue, les coefficients multiplicatifs peuvent être déterminés grâce aux tableaux ci-dessous selon l'élément et le type de sol de la parcelle.

Valeurs des coefficients multiplicatifs des éléments fertilisants pour les terres noires

1. Coefficients pour la magnésie (MgO)

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour la magnésie des terres noires

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,050	0,090	0,100	0,110	0,200	0,300	
Très exigeante	0	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0	0
	1 an	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,050	0,090	0,100	0,110	0,200	0,300	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,2	1,0	0	0	0	0
	1 an	2,2	1,4	1,2	1,0	0,5	0	0
	2 ans et plus	2,2	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,040	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Peu exigeante	0	1,2	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,2	1,1	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,2	1,2	1,0	1,0	0	0	0

2. Coefficients pour la potasse (K₂O)

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour la potasse des terres noires

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,250	0,270	0,300	0,330	0,600	0,900	
Très exigeante	0	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0	0
	1 an	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,200	0,270	0,300	0,330	0,600	0,900	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,2	1,0	0	0	0	0
	1 an	2,2	1,4	1,2	1,0	0,5	0	0
	2 ans et plus	2,2	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,100	0,162	0,180	0,198	0,360	0,540	
Peu exigeante	0	1,2	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,2	1,1	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,2	1,2	1,0	1,0	0	0	0

3. Coefficients pour le phosphore (P₂O₅)

3.1. Phosphore dosé avec la méthode Dyer

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Dyer) des terres noires

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,160	0,198	0,220	0,242	0,440	0,660	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,140	0,198	0,220	0,242	0,440	0,660	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
		0,110	0,189	0,210	0,231	0,420	0,630	

3.2. Phosphore dosé avec la méthode Joret-Hebert

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Joret-Hebert) des terres noires

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,120	0,162	0,180	0,198	0,360	0,540	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,080	0,135	0,150	0,165	0,300	0,450	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
		0,050	0,117	0,130	0,143	0,260	0,390	

3.3. Phosphore dosé avec la méthode Olsen

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Olsen) des terres noires

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,050	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,050	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
		0,020	0,063	0,070	0,077	0,140	0,210	

Valeurs des coefficients multiplicatifs des éléments fertilisants pour les sols argilo-calcaires

1. Coefficients pour la magnésie (MgO)

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour la magnésie des sols argilo-calcaires

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,050	0,090	0,100	0,110	0,200	0,300	
Très exigeante	0	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0	0
	1 an	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,050	0,090	0,100	0,110	0,200	0,300	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,2	1,0	0	0	0	0
	1 an	2,2	1,4	1,2	1,0	0,5	0	0
	2 ans et plus	2,2	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,040	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Peu exigeante	0	1,2	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,2	1,1	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,2	1,2	1,0	1,0	0	0	0

2. Coefficients pour la potasse (K₂O)

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour la potasse des sols argilo-calcaires

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,250	0,270	0,300	0,330	0,600	0,900	
Très exigeante	0	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0	0
	1 an	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,200	0,270	0,300	0,330	0,600	0,900	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,2	1,0	0	0	0	0
	1 an	2,2	1,4	1,2	1,0	0,5	0	0
	2 ans et plus	2,2	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,100	0,162	0,180	0,198	0,360	0,540	
Peu exigeante	0	1,2	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,2	1,1	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,2	1,2	1,0	1,0	0	0	0

3. Coefficients pour le phosphore (P₂O₅)

3.1. Phosphore dosé avec la méthode Dyer

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Dyer) des sols argilo-calcaires

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,160	0,198	0,220	0,242	0,440	0,660	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,140	0,198	0,220	0,242	0,440	0,660	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,110	0,189	0,210	0,231	0,420	0,630	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0

3.2. Phosphore dosé avec la méthode Joret-Hebert

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Joret-Hebert) des sols argilo-calcaires

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,120	0,162	0,180	0,198	0,360	0,540	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,080	0,108	0,120	0,132	0,240	0,360	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,050	0,108	0,120	0,132	0,240	0,360	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0

3.3. Phosphore dosé avec la méthode Olsen

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Olsen) des sols argilo-calcaires

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,060	0,081	0,090	0,099	0,180	0,270	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,060	0,081	0,090	0,099	0,180	0,270	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,030	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0

Valeurs des coefficients multiplicatifs des éléments fertilisants pour les sols alluviaux

1. Coefficients pour la magnésie (MgO)

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour la magnésie des sols alluviaux

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,050	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Très exigeante	0	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0	0
	1 an	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,050	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,2	1,0	0	0	0	0
	1 an	2,2	1,4	1,2	1,0	0,5	0	0
	2 ans et plus	2,2	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,030	0,054	0,060	0,066	0,120	0,180	
Peu exigeante	0	1,2	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,2	1,1	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	0	0

2. Coefficients pour la potasse (K₂O)

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour la potasse des sols alluviaux

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,100	0,135	0,150	0,165	0,300	0,450	
Très exigeante	0	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0	0
	1 an	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,070	0,090	0,100	0,110	0,200	0,300	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,2	1,0	0	0	0	0
	1 an	2,2	1,4	1,2	1,0	0,5	0	0
	2 ans et plus	2,2	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,060	0,090	0,100	0,110	0,200	0,300	
Peu exigeante	0	1,2	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,2	1,1	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	0	0

3. Coefficients pour le phosphore (P₂O₅)

3.1. Phosphore dosé avec la méthode Dyer

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Dyer) des sols alluviaux

Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,100	0,252	0,280	0,308	0,560	0,840	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,100	0,198	0,220	0,242	0,440	0,660	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
		0,070	0,144	0,160	0,176	0,320	0,480	

3.2. Phosphore dosé avec la méthode Joret-Hebert

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Joret-Hebert) des sols alluviaux

Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,060	0,144	0,160	0,176	0,320	0,480	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,060	0,144	0,160	0,176	0,320	0,480	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
		0,040	0,117	0,130	0,143	0,260	0,390	

3.3. Phosphore dosé avec la méthode Olsen

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Olsen) des sols alluviaux

Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,050	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,050	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
		0,020	0,063	0,070	0,077	0,140	0,210	

Valeurs des coefficients multiplicatifs des éléments fertilisants pour les sols argilo-sableux

1. Coefficients pour la magnésie (MgO)

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour la magnésie des sols argilo-sableux

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,050	0,090	0,100	0,110	0,200	0,300	
Très exigeante	0	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0	0
	1 an	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,050	0,090	0,100	0,110	0,200	0,300	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,2	1,0	0	0	0	0
	1 an	2,2	1,4	1,2	1,0	0,5	0	0
	2 ans et plus	2,2	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,040	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Peu exigeante	0	1,2	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,2	1,1	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,2	1,2	1,0	1,0	0	0	0

2. Coefficients pour la potasse (K₂O)

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour la potasse des sols argilo-sableux

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)					
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.
		0,250	0,270	0,300	0,330	0,600	0,900
Très exigeante	0	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0
	1 an	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0
	2 ans et plus	2,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8
		0,200	0,270	0,300	0,330	0,600	0,900
Moyennement exigeante	0	1,6	1,2	1,0	0	0	0
	1 an	2,2	1,4	1,2	1,0	0,5	0
	2 ans et plus	2,2	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8
		0,100	0,162	0,180	0,198	0,360	0,540
Peu exigeante	0	1,2	1,0	1,0	0	0	0
	1 an	1,2	1,1	1,0	0	0	0
	2 ans et plus	1,2	1,2	1,0	1,0	0	0

3. Coefficients pour le phosphore (P₂O₅)

3.1. Phosphore dosé avec la méthode Dyer

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Dyer) des sols argilo-sableux

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.
		0	1 an	0,160	0,198	0,220	0,242	0,440	0,660
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0	
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0	
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0	
				0,140	0,198	0,220	0,242	0,440	0,660
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0	
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0	
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0	
				0,110	0,189	0,210	0,231	0,420	0,630
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0	
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0	
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0	

3.2. Phosphore dosé avec la méthode Joret-Hebert

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Joret-Hebert) des sols argilo-sableux

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.
		0	1 an	0,120	0,162	0,180	0,198	0,360	0,540
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0	
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0	
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0	
				0,080	0,135	0,150	0,165	0,300	0,450
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0	
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0	
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0	
				0,050	0,117	0,130	0,143	0,260	0,390
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0	
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0	
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0	

3.3. Phosphore dosé avec la méthode Olsen

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Olsen) des sols argilo-sableux

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.
		0	1 an	0,060	0,081	0,090	0,099	0,180	0,270
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0	
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0	
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0	
				0,060	0,081	0,090	0,099	0,180	0,270
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0	
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0	
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0	
				0,030	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0	
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0	
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0	

Valeurs des coefficients multiplicatifs des éléments fertilisants pour les sols granitiques

1. Coefficients pour la magnésie (MgO)

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour la magnésie des sols granitiques

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,050	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Très exigeante	0	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0	0
	1 an	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,050	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,2	1,0	0	0	0	0
	1 an	2,2	1,4	1,2	1,0	0,5	0	0
	2 ans et plus	2,2	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,030	0,054	0,060	0,066	0,120	0,180	
Peu exigeante	0	1,2	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,2	1,1	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,2	1,2	1,0	1,0	0	0	0

2. Coefficients pour la potasse (K₂O)

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour la potasse des sols granitiques

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Timp.-10%	Timp.	Timp.+10%	2Timp.	3Timp.	
		0,170	0,270	0,300	0,330	0,600	0,900	
Très exigeante	0	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0	0
	1 an	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,120	0,144	0,160	0,176	0,320	0,480	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,2	1,0	0	0	0	0
	1 an	2,2	1,4	1,2	1,0	0,5	0	0
	2 ans et plus	2,2	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,080	0,135	0,150	0,165	0,300	0,450	
Peu exigeante	0	1,2	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,2	1,1	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,2	1,2	1,0	1,0	0	0	0

3. Coefficients pour le phosphore (P₂O₅)

3.1. Phosphore dosé avec la méthode Dyer

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Dyer) des sols granitiques

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Temp.-10%	Temp.	Temp.+10%	2Temp.	3Temp.	
		0,180	0,225	0,250	0,275	0,500	0,750	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,180	0,225	0,250	0,275	0,500	0,750	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,110	0,207	0,230	0,253	0,460	0,690	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0

3.2. Phosphore dosé avec la méthode Joret-Hebert

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Joret-Hebert) des sols granitiques

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Temp.-10%	Temp.	Temp.+10%	2Temp.	3Temp.	
		0,120	0,162	0,180	0,198	0,360	0,540	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,120	0,162	0,180	0,198	0,360	0,540	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,070	0,153	0,170	0,187	0,340	0,510	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0

3.3. Phosphore dosé avec la méthode Olsen

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Olsen) des sols granitiques

Exigence de la culture		Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)						
		Trenf.	Temp.-10%	Temp.	Temp.+10%	2Temp.	3Temp.	
		0,050	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,050	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,020	0,063	0,070	0,077	0,140	0,210	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0

3. Mise en pratique de la méthode de raisonnement de la fertilisation phosphatée et potassique du COMIFER

Cet exemple est mené sur une culture de blé tendre en rotation avec une culture de colza où une impasse a été réalisée en termes de fertilisation.

1. Informations à connaître au préalable

Culture mise en place	Blé tendre
Rendement souhaité	60 q/ha
Type de sol de la parcelle	Argilo-calcaire
Nombre d'années sans apport d'engrais	1 an
Résultats de l'analyse de sol pour les teneurs en phosphore et potasse	Phosphore (P ₂ O ₅ Olsen): 0.066 g/Kg Potasse (K ₂ O) : 0.170 g/Kg

2. Détermination de la dose de phosphore (P₂O₅) à apporter

2.1 Teneurs en phosphore (P₂O₅) dans les exportations

Le blé tendre étant une grande culture, il faut se référer au premier tableau de la brochure du COMIFER pour pouvoir déterminer les teneurs des exportations (« Teneurs en P, K et Mg des organes végétaux récoltés pour les Grandes Cultures, teneur par unité de récolte »). Pour cela, un extrait du tableau du COMIFER est présenté ci-dessous pour obtenir les exportations du blé tendre en ce qui concerne le phosphore.

Pour déterminer les exportations de la culture, il faut tout d'abord trouver la ligne correspond à la culture souhaitée (cultures présentées dans la première colonne du tableau) puis déterminer l'intersection entre cette ligne et la colonne correspondant à la teneur en phosphore P₂O₅ (5^{ème} colonne du tableau). Ainsi :

Exportations en phosphore du blé tendre : 0,65 kg/q

Tableau 2.1: Teneur des exportations en phosphore de la culture de blé tendre

Grandes Cultures, teneur par unité de récolte

NB : pour certaines cultures peu représentées en France, les quelques références disponibles sont reportées seulement dans le document COMIFER, 2007, Teneurs en P, K et Mg des organes végétaux récoltables. Méthode d'établissement et valeurs de référence

2. Élément fertilisant (phosphore)

Espèce	Organe	% Mat. sèche récolte ⁽¹⁾	Unité de teneur ⁽²⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Avoine	grain	85	kg / q	0.75	0.45	0.12
	paille ⁽³⁾	86	kg / t	3.00	12.0	1.00 ⁽⁴⁾
Betterave sucrière	racine	16% sucre	kg / t	0.50	1.80	0.35
Blé dur	grain	85	kg / q	0.85	0.45	0.19
1. Culture (blé tendre) → Blé tendre	grain	85	kg / q	0.65	0.50	0.12
Blé	paille	88	kg / t	1.70	12.3	0.85
Chicorée	racine	20	kg / t	0.80	4.50	0.30
Colza	grain	91	kg / q	1.25	0.85	0.35
	paille	88	kg / t	1.70	14.5	0.75
Féverole	grain	86	kg / q	1.20	1.30	0.23

(1) teneur de référence en MS pour l'organe considéré (conventionnelle ou habituelle à la récolte); cas particulier de la betterave sucrière pour tenir compte de l'unité conventionnelle de mesure des rendements
 (2) quantité de P₂O₅, K₂O ou MgO par unité de masse de matière végétale à la teneur en MS de référence; t = tonne métrique, q = quintal
 (3) CORPEN, 1988, Bilan de l'azote à l'exploitation
 (4) Düngerverordnung 2001 (tableau de référence réglementaire fédérale allemande)

Copie autorisée - Comifer PKMg - Novembre 2007

2.2 Coefficient multiplicatif des exportations

Exigence de la culture

Phosphore (P ₂ O ₅)	
Exigence de la culture	Cultures
Très exigeante	Betterave sucrière, colza, pomme de terre, luzerne
Moyennement exigeante	Blé dur, blé/blé, sorgho, orge, maïs fourrage, pois, ray-grass
Peu exigeante	Blé tendre, maïs grain, triticale, tournesol, avoine, seigle, soja

Grâce à ce tableau, il peut être mis en évidence que le blé tendre est une culture **peu exigeante pour le phosphore**.

Coefficient multiplicatif des exportations pour le phosphore

Une fois l'exigence de la culture, le type de sol et le résultat de l'analyse de sol (valeur obtenue et méthode utilisée) déterminés, il faut utiliser le tableau des coefficients multiplicatifs adéquat en fonction du type de sol, de l'élément observé et de la méthode d'analyse s'il s'agit du phosphore (tableau présent dans les fiches précédentes : Valeur des coefficients multiplicatifs des éléments fertilisants pour les différents types de sols). Ici, la grille utilisée est celle du phosphore dosé avec la méthode Olsen pour les sols argilo-calcaires.

Coefficient multiplicatif : 1,0

Tableau 2.2: Grille de coefficients multiplicatifs

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour le phosphore (Olsen) des sols argilo-calcaires

3. Résultat de l'analyse de sol (P₂O₅ Olsen: 0,066 g/Kg)

2. Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)

1. Exigence de la culture (blé tendre: culture peu exigeante en phosphore)

Exigence de la culture		3. Résultat de l'analyse de sol (P ₂ O ₅ Olsen: 0,066 g/Kg)						
		Trenf. 0,060	Timp.-10% 0,081	Timp. 0,090	Timp.-10% 0,099	2Timp. 0,180	3Timp. 0,270	
Très exigeante	0	2,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0	0
	1 an	3,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0	0
	2 ans et plus	3,7	2,7	2,0	1,5	1,2	0,8	0
		0,060	0,081	0,090	0,099	0,180	0,270	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,8	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,6	0
		0,030	0,072	0,080	0,088	0,160	0,240	
Peu exigeante	0	1,3	1,0	0,8	0	0	0	0
	1 an	1,6	1,0	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,6	1,2	1,0	1,0	0,8	0	0

Pour obtenir le coefficient multiplicatif de la culture à partir de ce tableau à trois entrées, il faut :

- 1- Déterminer la ligne correspondant à l'exigence de la culture
- 2- Reporter, sur la deuxième colonne, le nombre d'années sans fertilisation pour obtenir la ligne à observer
- 3- Positionner entre les valeurs bleues du tableau (valeurs correspondant aux différents teneurs-seuils de fertilisation) le résultat de l'analyse de sol pour le phosphore et déterminer l'intersection entre la colonne obtenue et la ligne établie avec l'exigence de la culture et le nombre d'années sans apport.

2.3 Calcul de la dose à apporter en phosphore

Récapitulatif des valeurs obtenues :

Tableau utilisé	Élément recherché	Valeur obtenue
2.1	Rendement	60 q/ha
2.1	Teneur en phosphore des exportations	0,65 Kg/q
2.2	Coefficient multiplicatif	1,0

Formule à utiliser :

$$\text{Dose de P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O} \text{ conseillée (Kg/ha)} = \text{Rendement prévu (q/ha ou t/ha)} \times \text{Coefficient multiplicatif des exportations} \times \text{Teneur en P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O} \text{ dans les exportations (kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O/unité de rendement)}$$

+ supplément éventuel dû aux exportations de résidus du précédent

$$\text{Dose de P}_2\text{O}_5 \text{ conseillée (Kg/ha)} = 60 \times 1,0 \times 0,65$$

$$\text{Dose de P}_2\text{O}_5 \text{ conseillée} = 39 \text{ Kg/ha}$$

3. Détermination de la dose de potasse (K₂O) à apporter

3.1 Teneurs en potasse (K₂O) dans les exportations

Le blé tendre étant une grande culture, il faut se référer au premier tableau de la brochure du COMIFER pour pouvoir déterminer les teneurs des exportations (Teneurs en P, K et Mg des organes végétaux récoltés pour les Grandes Cultures, teneur par unité de récolte). Pour cela, un extrait du tableau du COMIFER est présenté ci-dessous pour obtenir les exportations du blé tendre en ce qui concerne la potasse.

Pour connaître les exportations de la culture, il faut tout d'abord déterminer la ligne correspond à la culture souhaitée (cultures présentées dans la première colonne du tableau) puis déterminer l'intersection entre cette ligne et la colonne correspondant à la teneur en potasse K₂O (6^{ème} colonne du tableau). Ainsi :

Exportations en potasse du blé tendre : 0,50 kg/q

Tableau 3.1: Teneur des exportations en potasse de la culture de blé tendre

Grandes Cultures, teneur par unité de récolte

NB : pour certaines cultures peu représentées en France, les quelques références disponibles sont reportées seulement dans le document COMIFER, 2007, Teneurs en P, K et Mg des organes végétaux récoltables. Méthode d'établissement et valeurs de référence

Espèce	Organe	% Mat. Sèche récolte ⁽¹⁾	Unité de teneur ⁽²⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Avoine	grain	85	kg / q	0.75	0.45	0.12
	paille ⁽³⁾	86	kg / t	3.00	12.0	1.00 ⁽⁴⁾
Betterave sucrière	racine	16 % sucre	kg / t	0.50	1.80	0.35
Blé dur	grain	85	kg / q	0.85	0.45	0.19
1. Culture (blé tendre) → Blé tendre	grain	85	kg / q	0.65	0,50	0.12
Blé	paille	88	kg / t	1.70	12.3	0.85
Chicorée	racine	20	kg / t	0.80	4.50	0.30
Colza	grain	91	kg / q	1.25	0.85	0.35
	paille	88	kg / t	1.70	14.5	0.75
Féverole	grain	86	kg / q	1.20	1.30	0.23

2. Élément fertilisant (potasse)

(1) teneur de référence en MS pour l'organe considéré (conventionnelle ou habituelle à la récolte); cas particulier de la betterave sucrière pour tenir compte de l'unité conventionnelle de mesure des rendements

(2) quantité de P₂O₅, K₂O ou MgO par unité de masse de matière végétale à la teneur en MS de référence; t = tonne métrique, q = quintal

(3) CORPEN, 1988, Bilan de l'azote à l'exploitation

(4) Düngeverordnung 2001 (tableau de référence réglementaire fédérale allemand)

3.2 Coefficient multiplicatif des exportations

Exigence de la culture

Potasse (K ₂ O)	
Exigence de la culture	Cultures
Très exigeante	Betterave sucrière, pomme de terre
Moyennement exigeante	Maïs grain, tournesol, colza, pois, luzerne
Peu exigeante	Blé dur, blé tendre, triticale, orge, avoine seigle

Grâce à ce tableau, il peut être mis en évidence que le blé tendre est une culture **peu exigeante pour la potasse**.

Coefficient multiplicatif des exportations pour la potasse

Une fois l'exigence de la culture, le type de sol et le résultat de l'analyse de sol (valeur obtenue et méthode utilisée) déterminés, il faut utiliser le tableau de coefficients multiplicatifs adéquat (tableau présent dans les fiches précédentes : Valeur des coefficients multiplicatifs des éléments fertilisants pour les différents types de sols). Ici, la grille utilisée est celle de la potasse pour les sols argilo-calcaires.

Coefficient multiplicatif : 1,0

Tableau 3.2: Grille de coefficients multiplicatifs

Grille de coefficients multiplicatifs des exportations pour la potasse des sols argilo-calcaires

Exigence de la culture		3. Résultat de l'analyse de sol (K ₂ O : 0,170 g/Kg)						
		T _{tend.}	T _{imp.-10%}	T _{imp.}	T _{imp.+10%}	2T _{imp.}	3T _{imp.}	
		0,250	0,270	0,300	0,330	0,600	0,900	
Très exigeante	0	1,7	1,2	1,0	0,8	0,6	0	0
	1 an	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0	0
	2 ans et plus	2,3	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,200	0,270	0,300	0,330	0,600	0,900	
Moyennement exigeante	0	1,6	1,2	1,0	0	0	0	0
	1 an	2,2	1,4	1,2	1,0	0,5	0	0
	2 ans et plus	2,2	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0
		0,100	0,162	0,180	0,198	0,360	0,540	
Peu exigeante	0	1,2	1,0	1,0	0	0	0	0
	1 an	1,2	1,1	1,0	0	0	0	0
	2 ans et plus	1,2	1,2	1,0	1,0	0	0	0

2. Nb. d'années sans apport (depuis la dernière fertilisation)

1. Exigence de la culture (blé tendre: culture peu exigeante en potasse)

Pour obtenir le coefficient multiplicatif de la culture à partir de ce tableau, il faut :

- 1- Déterminer la ligne correspondant à l'exigence de la culture
- 2- Reporter, sur la deuxième colonne, le nombre d'années sans fertilisation pour obtenir la ligne à observer
- 3- Positionner entre les valeurs bleues du tableau (valeurs correspondant aux différents teneurs-seuils de fertilisation) le résultat de l'analyse de sol pour la potasse et déterminer l'intersection entre la colonne obtenue et la ligne établie avec l'exigence de la culture et le nombre d'années sans apport.

3.3 Calcul de la dose à apporter en potasse

Tableau utilisé	Élément recherché	Valeur obtenue
3.1	Rendement	60 q/ha
3.1	Teneur en potasse des exportations	0,50 Kg/q
3.2	Coefficient multiplicatif	1,0

Formule à utiliser :

$$\begin{aligned}
 \text{Dose de P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O} \\
 \text{conseillée (Kg/ha)} &= \text{Rendement prévu} \\
 &\quad (\text{q/ha ou t/ha}) \times \text{Coefficient} \\
 &\quad \text{multiplicatif des} \times \text{Teneur en P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O} \text{ dans les} \\
 &\quad \text{exportations (kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O/unité de} \\
 &\quad \text{rendement)} \\
 &+ \text{supplément éventuel dû aux exportations de résidus du précédent}
 \end{aligned}$$

$$\text{Dose de K}_2\text{O} \text{ conseillée (Kg/ha)} = 60 \times 1,0 \times 0,50$$

$$\text{Dose de K}_2\text{O} \text{ conseillée} = 30 \text{ Kg/ha}$$

En conclusion, pour une culture de blé tendre avec un an sans apport et sur un sol argilo-calcaire (dont les teneurs en phosphore et potasse sont connues), il faut apporter pour un rendement souhaité de 60q/ha :

- 39 Kg/ha de phosphore (P₂O₅)
- 30 Kg/ha de potasse (K₂O)

4. Fiche de calcul pour la fertilisation phosphatée et potassique du COMIFER

Informations à connaître au préalable :	
Culture mise en place	
Rendement souhaité	q/ha ou t/ha (1)
Type de sol de la parcelle	
Nombre d'années sans apport d'engrais	
Résultat de l'analyse de sol pour le phosphore (P ₂ O ₅)	g/Kg
Résultat de l'analyse de sol pour la potasse (K ₂ O)	g/Kg

$$\text{Dose de P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O} \text{ conseillée (Kg/ha)} = \text{Rendement prévu (q/ha ou t/ha)} \times \text{Coefficient multiplicatif des exportations} \times \text{Teneur en P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O} \text{ dans les exportations (kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ou K}_2\text{O/unité de rendement)}$$

+ supplément éventuel dû aux exportations de résidus du précédent

Calcul de la dose en phosphore (P₂O₅) à apporter	
Rendement souhaité	q/ha ou t/ha (1)
Coefficient multiplicatif des exportations	(2)
Teneurs en phosphore dans les exportations	Kg/q ou Kg/t (3)
Dose d'engrais en phosphore à apporter	(1) x (2) x (3) Kg/ha

Calcul de la dose en potasse (K₂O) à apporter	
Rendement souhaité	q/ha ou t/ha (1)
Coefficient multiplicatif des exportations	(2)
Teneurs en potasse dans les exportations	Kg/q ou Kg/t (3)
Dose d'engrais en potasse à apporter	(1) x (2) x (3) Kg/ha