

Des raisonnements fallacieux derrière la fertilisation azotée et potassique

Par John Kempf le 15 juillet 2020

Dans cet [épisode du podcast sur l'agriculture régénérative](#), John Kempf s'entretient avec le professeur [Richard Mulvaney de l'Université de l'Illinois](#). Le professeur Mulvaney est un scientifique et un chercheur prolifique dans le domaine de la fertilité des sols. Il a publié de nombreux articles sur l'absorption de l'azote et du potassium par les plantes. Son travail avec le Dr Saeed Khan a conduit à la mise au point du test de l'azote du sol de l'Illinois (ISNT). John et le Dr Mulvaney discutent de l'absorption de l'azote par les cultures, de la manière dont le sol devrait fournir la majeure partie de l'azote nécessaire au développement des plantes et de l'erreur selon laquelle les apports d'azote augmenteraient la matière organique du sol. Il décrit également le "paradoxe du potassium", les quantités abondantes de potassium disponibles dans le sol et le cycle de dégradation qui se met en place dès qu'on apporte de la potasse.

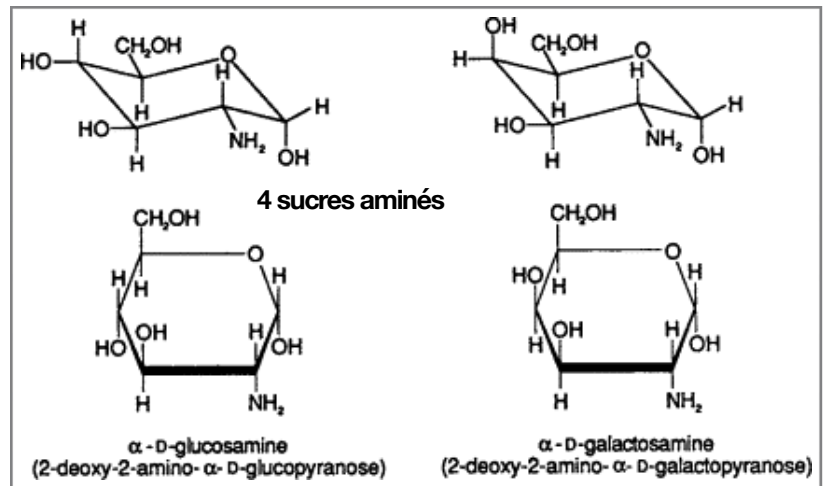


(00:00:53) - La fertilisation azotée et le "[paradoxe de l'azote](#)" (NdT)

Le Dr Mulvaney a commencé à travailler sur la fertilité des sols dans les années 1980 en cherchant à minimiser les pertes d'engrais azotés et à améliorer leur absorption par les cultures. Ces recherches étaient spécifiquement menées à l'aide de l'isotope N-15. En collaboration avec le Dr. Saeed Khan dans les années 1990, il a fourni la preuve que dans certains cas, l'azote des engrais apportés au maïs n'augmente pas le rendement de manière statistiquement significative. À l'époque, la plupart des pédologues portaient du principe que la quantité optimale d'engrais azoté est obtenue en multipliant par 1,2 un objectif de rendement attendu, puis en déduisant les crédits d'azote liés à un précédent de légumineuses. Dans le cadre d'un projet mené dans l'Illinois sur 75 parcelles agricoles, environ 33 des sites étudiés n'ont montré aucune augmentation de rendement significative liée à l'apport d'azote par les engrais, un résultat incompatible avec la méthode 1,2. Les rendements non fertilisés, ou rendements de contrôle, étaient déjà très élevés et n'augmentaient pas de manière significative avec un apport d'azote. Ainsi, le Dr Mulvaney a émis l'hypothèse que la méthode basée sur le facteur 1,2 était peut-être moins fiable que l'on pensait. Le Dr Khan et le Dr Mulvaney ont mené des recherches pour déterminer la différence entre les parcelles de cette étude qui répondaient aux apports

d'engrais azotés et celles où ce n'étaient pas le cas. Sa femme a fait remarquer que si les pédologues savent que le carbone des plantes est hétérogène et se décompose à des vitesses différentes, ils supposent, en revanche, que l'azote est partout le même. L'examen des différentes formes d'azote a montré clairement que les plantes sur les sites non réactifs avaient des niveaux suffisants d'azote disponible et n'avaient donc pas besoin d'azote supplémentaire. En utilisant un test de diffusion sur les échantillons de sol issus de la même étude, ils ont constaté que les sols non réactifs présentaient systématiquement des teneurs plus élevées en sucres aminés ([osamines](#)), c'est à dire de l'azote dans une forme organique.

La méthode 1,2 a été mise au point à partir d'essais sur des parcelles statiques. Ces parcelles de maïs ont reçu les mêmes apports d'engrais chaque année. Sur les parcelles non fertilisées, le maïs a utilisé les éléments nutritifs du sol sans ajout d'engrais azoté. Les micro-organismes utiliseront également l'azote du sol pour décomposer les résidus de culture, ce qui va épuiser l'azote pour la culture suivante et faire baisser les rendements. L'épuisement de l'azote pour la décomposition de la matière organique sur les parcelles non fertilisées se traduit donc par une baisse des rendements et fait apparaître un effet engrais de manière spectaculaire, mais parfaitement disproportionné. Etant basée sur des parcelles statiques, la méthode 1,2 et ses hypothèses connexes ne sont pas valables lorsqu'elles s'adressent à des parcelles telles qu'elles sont conduites dans une ferme. De même, l'hypothèse selon laquelle un tiers de l'azote proviendra du sol est incorrecte. En réalité, deux tiers de l'azote proviennent des sols et seulement un tiers ou moins provient des engrais. Ces idées fallacieuses ont induit les agriculteurs en erreur sur l'importance des apports azotés.



Comme le sol est la principale source d'azote des cultures, il faut analyser les sols pour déterminer la quantité d'engrais azoté à apporter. Dans ce but les docteurs Mulvaney et Khan ont mis au point le test de l'azote du sol de l'Illinois (ISNT) pour estimer la fraction de l'azote présente sous forme de sucres aminés en vue de pouvoir recommander des apports azotés qui correspondent à cette réalité nutritionnelle. Un ancien étudiant du Dr Mulvaney dirige le laboratoire de CropSmith, où ce Illinois Soil Nitrogen Test est pratiqué.

(00:24:15) - Plus d'information sur l'azote des sucres aminés

Produites par des micro-organismes, les sucres aminés (osamines) sont une forme organique de l'azote. Ils sont présents dans les parois cellulaires des micro-organismes, dans les spores et dans la chitine, les parois cellulaires étant assez facilement décomposables. L'azote est présent dans l'asparagine et la glutamine, des acides aminés essentiels, qui contiennent chacun un atome d'azote dans le groupe amino et le groupe amide, qui a

tendance à se désintégrer facilement. On estime que 5 à 10 % de l'azote organique du sol se trouve sous forme de sucres aminés, mais le Dr Mulvaney pense que ce taux est probablement bien plus élevé. L'azote sous forme de sucres aminés, plus précisément l'azote hydrolysable par des bases, augmentera également en fonction de l'activité biologique du sol. Les sols qui ont reçu du fumier en contiennent davantage, et ont donc moins besoin d'engrais azotés synthétiques. Bien que son laboratoire n'ait pas étudié directement les engrais verts, il pense que la présence de plantes dans le sol augmentera l'activité microbienne et donc l'azote amino-sucré.

Les [parcelles de Morrow](#) (Morrow Plots), situées à l'université de l'Illinois et établies en 1876, sont les plus anciennes parcelles de recherche en Amérique du Nord. Ce sont des parcelles statiques avec trois types de rotations, maïs en continu, maïs-soja et maïs-avoine-prairie (foin). Dans ses recherches, le Dr Khan a remarqué que les parcelles de maïs en continu n'étaient pas aussi saines et avaient des rendements inférieurs



à ceux des parcelles de maïs-avoine-prairie (foin), malgré le fait que les parcelles de maïs en continu recevaient beaucoup plus d'engrais azoté. Les plus mauvais résultats par rapport au Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT) dans les parcelles de maïs en continu, montrent que l'engrais azoté synthétique ne contribue pas nécessairement à la formation de matière organique. Des recherches comparant des échantillons de 1955, 1967 et 2005 ont montré une diminution de la matière organique sur tous les sous-parcelles qui ont été fertilisées. Le Dr Mulvaney explique que l'engrais a littéralement "brûlé" la matière organique. Le métabolisme des matières carbonées nécessite de l'azote, dans un rapport d'environ 7 carbones pour 1 azote, faisant en sorte que les micro-organismes n'ont accès au carbone des résidus végétaux qu'à l'aide de l'azote disponible dans le sol. Lorsque les micro-organismes disposent de trop d'azote, ils brûlent (oxydent) l'excès de carbone en formant du dioxyde de carbone au lieu de produire de la matière organique. De plus, les engrais conventionnels ont un effet oxydant sur les populations microbiennes du sol et stimulent ainsi les processus respiratoires qui libèrent le carbone du sol sous forme de dioxyde de carbone.

Le Dr Mulvaney note que William Albrecht a publié un article en 1938 dans un manuel de l'USDA où il affirme qu'une quantité suffisante d'azote est nécessaire pour la constitution de la matière organique. Plus tard dans l'année, Albrecht a publié un article dans le Soil Science Society of America Proceedings basé sur des résultats qui montraient que les parcelles non fertilisées avaient gagné de la matière organique alors que les parcelles fer-

tilisées en avaient perdue. Par la suite, Albrecht n'a plus jamais dit qu'il fallait apporter de l'azote en quantité.

(00:43:40) - [Le paradoxe du potassium](#)

Le Dr Mulvaney a travaillé avec le Dr Khan, un expert en potassium, pour rédiger des articles sur le paradoxe du potassium. Il faisait des analyses de sol par rapport au potassium dans la South Farm dans l'Illinois, en faisant des analyses sur la couche arable jusqu'à une profondeur d'environ 18 cm. Les parcelles non fertilisées ont vu leur niveau moyen de potassium augmenter, ce qui a permis de constater que le sol arrivait à libérer du potassium. Or il y a environ 40 000 kilos de potassium par hectare dans les 15 premiers centimètres dans de nombreux sols du Middle West. Un examen de nombreuses études sur le potassium a montré qu'il n'y a pas d'augmentation significative du rendement due à la fertilisation potassique. Les couches d'argile, que l'on trouve principalement dans le sous-sol plutôt que dans la couche labourée, contiennent des quantités importantes de potassium. Lorsque les racines des plantes atteignent ces horizons inférieures, elles trouvent de grandes quantités de potassium qu'elles arrivent à mobiliser grâce à des processus biologiques.

Comme le potassium est un cation majeur de la plante, il y a des niveaux élevés de carbonate de potassium soluble dans les résidus végétaux. Les sels sont lessivés lors des pluies, de sorte que la plus grande partie du potassium d'une culture de maïs retourne au sol et rend parfaitement inutile toute fertilisation au potassium. Le potassium est également fixé dans les argiles en raison de sa taille, ce qui entraîne une forte rétention du potassium dans les couches d'argile avec une humidité suffisante. Ces facteurs conduisent à des niveaux de potassium adéquats dans le sol. Un chercheur allemand, Mengel, a réalisé une étude en serre dans laquelle il a retiré la fraction d'argile du sol, et l'absorption de potassium restait toujours élevée. Ceci a mené à l'idée que le potassium dans les argiles n'est pas accessible aux plantes, une conclusion avec laquelle M. Mulvaney n'est absolument pas d'accord. Il constate que les plantes sont capables de mobiliser le potassium en sécrétant des acides. Les analyses de sol mesurent le potassium échangeable dans les sols, et ne montrent pas le potassium non échangeable et minéral. Cela signifie qu'on sous-estime le potassium disponible et préconise donc une fertilisation potassique, même si celle-ci n'est pas nécessaire. Comme preuve supplémentaire que la fertilisation au potassium est généralement inutile, le Dr Mulvaney fait référence à Cyril Hopkins, un pédologue du 20^e siècle, qui a affirmé que le potassium n'est pas un intrant nécessaire parce que le sol en contient déjà suffisamment.

Le paradoxe du potassium est basé sur le fait que la fertilisation au potassium rend le potassium moins disponible à cause de l'effondrement des couches d'argile. Pour le démontrer, le Dr Mulvaney raconte l'histoire d'un marchand d'engrais qui a apporté du potassium à des sols dont la teneur en potassium avait été testée comme étant faible. Lorsqu'ils ont refait les tests, les niveaux étaient encore plus bas. Ils ont supposé qu'ils se sont trompés de champ, ont à nouveau apporté du potassium sur le même champ, et

ont ensuite trouvé des niveaux de potassium encore plus faibles. Conclusion : la fertilisation au potassium peut aggraver une carence en potassium.

Le Dr Mulvaney conseille aux agriculteurs d'utiliser le test d'azote de l'Illinois ou un autre test similaire. Ces tests ne mesurent pas le nitrate, qui est fluctuant, mais un azote plus stable, spécifiquement l'azote des sucres aminés. Cela permet aux agriculteurs d'économiser de l'argent sur les achats d'intrants tels que les engrais azotés dans la mesure où ils n'en ont pas besoin. Plutôt que de tester le sol pour le potassium, il recommande des essais en bandes comparant des bandes sans engrais potassique et des bandes avec une petite quantité, car de grandes quantités ne sont jamais nécessaires. Il recommande également d'utiliser plutôt du sulfate de potassium, et non pas la forme chlorée, car le chlorure du KCl diminue l'absorption des nitrates.

Traduit de l'anglais par Ulrich Schreier



Lien de 2 publications scientifiques du Dr Mulvaney et al. sur l'azote et le potassium

[The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration.pdf](#)

[The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop production and human health](#)

Lien Internet de cet article :

http://vernoux.org/agriculture_regenerative/Kempf-Mulvaney-Des_raisonnements_fallacieux_-_derriere_la_fertilisation_azotee_et_potassique.pdf

***Pour rester informé sur les développements dans l'Agriculture Régénérative
inscrivez-vous à notre bulletin mensuel***



The Fallacy of Mainstream Potassium and Nitrogen Fertilization with Richard Mulvaney



REGENERATIVE AGRICULTURE PODCAST

The Fallacy of Mainstream Potassium and Nitrogen Fertilization with Richard Mulvaney

Jul 14, 2020

In this episode of the Regenerative Agriculture Podcast, John interviews Professor Richard Mulvaney from the University of Illinois. Dr. Mulvaney is a prolific soil fertility scientist and researcher with many published papers relating to nitrogen and potassium uptake in crops. His work with Dr. Saeed Khan led to the development of the Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT). John and Dr. Mulvaney discuss nitrogen uptake in crops, how soil should provide most of the needed nitrogen, and the fallacy that applying nitrogen builds soil organic matter. He also describes the “potassium paradox”, how significant amounts of potassium are available from the soil, and the damaging cycle that is created when applying potash.

Nitrogen Fertilization (00:00:53)

Dr. Mulvaney began working in soil fertility in the 1980s with a focus on minimizing nitrogen fertilizer loss to increase crop uptake, specifically in regard to the isotope N-15. In collaboration with Dr. Saeed Khan in the 1990s, he found evidence that in some cases, fertilizer nitrogen on corn has no statistically significant response. At the time, most soil scientists were operating with the assumption that the optimal amount of fertilizer nitrogen is found by multiplying 1.2 times an expected yield goal, then deducting nitrogen credits such as a previous legume. In a project in Illinois studying on-farm plots, around 33 of 75 studied sites showed no significant response to fertilizer nitrogen, a finding inconsistent with the 1.2 method. The unfertilized yields, or check yields, were very high and not significantly increased with an application of nitrogen. Thus, Dr. Mulvaney hypothesized that the 1.2 calculation might not be as reliable as previously thought. Dr. Khan and Dr. Mulvaney conducted research to determine the difference between plots used in that study that were responsive and those that were unresponsive to fertilizer nitrogen applications. His wife noted that while soil scientists understand how carbon in plants is heterogeneous and decomposes at different rates, they assume that nitrogen is all the same. Examining the differences within nitrogen forms made clear that the plants at the non-responsive sites had sufficient levels of nitrogen available from the soil and so did not need nitrogen fertilizer applications. Using diffusion on the soil samples from the

same study, they found that non-responsive soils were consistently testing higher in amino sugar nitrogen.

The prevailing thought at the time was that fertilizer is the primary source of nitrogen for crop uptake, especially for corn. However, Mulvaney's and Khan's data shows that at least two thirds of the nitrogen in the crop at harvest is supplied from the soils, rather than from applied fertilizer nitrogen. In soils with higher amounts of amino sugar nitrogen, applications of fertilizer nitrogen are a waste of money because most or all of the nitrogen is supplied by the soil. It follows that measured soil nitrogen is only correlated with crop response to applied nitrogen when soil tests measure amino sugar nitrogen.

The 1.2 method was developed from research trials on static plots. These corn plots received the same fertilizer treatments each year. On the unfertilized plots, corn used the nutrients from the soil with no nitrogen fertilizer added. Microbes will also use nitrogen from the soil to break down crop residues, depleting the following crop of nitrogen and depressing yields. The depletion of nitrogen resulting in depressed yields on the unfertilized plots makes the fertilizer effect appear more dramatic in comparison. Because the 1.2 method is based on static plots, it and its related assumptions are invalid when applied to farmer fields. Similarly, the assumption that one-third of the nitrogen will come from the soil is incorrect. In reality, two-thirds of the nitrogen is supplied from soils and only one third or less comes from fertilizer. These misconceptions have misled growers on the importance of nitrogen applications.

Because soil is the primary source of nitrogen for crop uptake, soils should be tested to determine how much nitrogen fertilizer should be applied. Dr. Mulvaney and Dr. Khan developed the Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT) to estimate the amino sugar fraction for variable-rate nitrogen application recommendations. A former student of Dr. Mulvaney runs the lab at [Cropsmith](#), where the Illinois Soil Nitrogen Test is available.

Expansion on Amino Sugar Nitrogen (00:24:15)

Amino sugars are an organic form of nitrogen produced by microbial activity. They occur in microbial cell walls, spores, and in chitin. The bacterial cell walls are more decomposable. Nitrogen shows up in asparagine and glutamine, essential amino acids, which contain one nitrogen atom each in the amino group and the amide group, which is prone to break down. It is estimated that 5-10% of soil organic nitrogen is in the form of amino sugars, but Dr. Mulvaney believes it is likely higher. Amino sugar nitrogen, more specifically referred to as alkali hydrolyzable nitrogen, will also increase with more soil biological activity. Manured soils have higher levels of it, and thus have a diminished need for synthetic fertilizer nitrogen. Although his lab has not studied cover crops directly, he believes having active plants in the soil will increase microbial activity and thus the amino sugar nitrogen.

The [Morrow Plots](#), located at the University of Illinois and established in 1876, are the oldest continuous research plots in North America. They are static plots with three rotations, continuous corn, corn-soybean, and corn-oats-hay. In his research, Dr. Khan noticed that the continuous corn plots were not as healthy and had lower yields than the corn-oats-hay plots, even though the continuous corn plots received significantly more nitrogen fertilizer. The results of the Illinois Soil Nitrogen Test were lower on the continuous corn plots, which shows that synthetic nitrogen fertilizer is not necessarily building

soil organic matter. Research comparing samples from 1955, 1967, and 2005 showed decreases in organic matter on the fertilized subplots. Dr. Mulvaney explains that the fertilizer actually “burned” organic matter. Carbon metabolism requires nitrogen, in a ratio of about 7 carbon to 1 nitrogen, so microbes can only access carbon from crop residue with nitrogen availability. When the microbes have too much nitrogen, they burn off the excess carbon as carbon dioxide rather than building soil organic matter. Additionally, conventional fertilizers have an oxidizing effect on soil microbial communities and stimulate respiration, which releases carbon from the soil as carbon dioxide.

Dr. Mulvaney notes that William Albrecht published a [paper in 1938](#) in a handbook from the USDA where he stated that adequate nitrogen is needed to build organic matter. Later that year, Albrecht published an [article](#) in the Soil Science Society of America Proceedings based on results which showed that unfertilized plots had gained organic matter while fertilized plots had lost it. Albrecht never again said adequate nitrogen is needed.

Potassium Paradox (0:43:40)

Dr. Mulvaney worked with Dr. Khan, an expert on potassium, to write papers on the [potassium paradox](#). He was doing soil testing for potassium on the South Farm at Illinois, testing from the surface plow layer to about seven inches into the soil. The unfertilized plots increased in their average potassium levels, leading to the realization that the soil was releasing potassium. There are about 40,000 pounds of potassium per acre in just the top six inches of many Midwestern soils. A review of numerous potassium studies showed that there is no significant yield increase from potash fertilization. Clay layers, mostly found in the subsoil rather than the plow layer, hold significant quantities of potassium. When the plant roots reach those lower levels, they find large quantities of potassium that they extract with the biological functions of the root system.

Because potassium is a major plant cation, there are high levels of soluble potassium carbonate in crop residue. Salts are leached from crop residue during rainfall, resulting in most of the potassium in a corn crop returning to the soil and making potassium fertilization unnecessary. Potassium is also fixed in the clay due to its size, leading to high potassium retention in clay layers with sufficient moisture. These factors lead to sufficient potassium levels in the soil. A German researcher, Mengel, performed a greenhouse study where he removed the clay fraction from soil, and potassium uptake was still high. This led to the idea that potassium in the clay layers is unavailable to plants, but Dr. Mulvaney disagrees. He finds that the plants are able to make the potassium available by producing acids. Soil testers measure the exchangeable potassium in soils, and do not measure the non-exchangeable and mineral potassium. This means that they will underestimate the available potassium and will recommend potassium fertilization, though it may not be necessary. As further evidence that potassium fertilization is typically unnecessary, Dr. Mulvaney refers to [Cyril Hopkins](#), a 20th-century soil scientist, who claimed that potassium is not a necessary input because the soil already contains enough.

The potassium paradox is based on the fact that applying potash to soil makes potassium less available by collapsing the clay layers. To demonstrate, Dr. Mulvaney tells a story about a fertilizer dealer who applied potassium to soils that had tested low for potassium. When they re-tested the field, the potassium levels were even lower. They assumed they had the wrong field, re-applied potassium on the same field, and again found

lower potassium levels afterward. Thus, applying potassium can worsen potassium deficiency.

Dr. Mulvaney advises growers to use the Illinois Soil Nitrogen Test or another similar test. It doesn't test for nitrate, which is dynamic, but tests a more stable nitrogen, specifically amino sugar nitrogen. This allows many growers to save money on purchased inputs such as nitrogen fertilizer if they do not need it. Rather than soil testing for potassium, he recommends strip trials comparing strips with no potassium fertilizer and strips with a small amount, as large amounts are never necessary. He also recommends using sulfate for potassium fertilizer, rather than Muriate of Potash, because the chloride content in Muriate of Potash diminishes nitrate uptake.

Resources:

- [Richard Mulvaney, Professor](#)
- [Cropsmith](#)
- [Solvita, invented by Will Brinton](#)
- [Solvita SLAN Test](#)
- [Rhizophagy Cycle: An Oxidative Process in Plants for Nutrient Extraction from Symbiotic Microbes by James White](#)
- [Ken Ferrie, Farm Journal](#)
- [Dr. Mulvaney's Research](#)
- [The Potassium Paradox, Mulvaney and Khan](#)
- [Morrow Plots](#)
- [William Albrecht, "Loss of Soil Organic Matter and Its Restoration" 1938](#)
- [William Albrecht, Variable Levels of Biological Activity in Sanborn Field after Fifty Years of Treatment](#)
- [Mengel paper, 1994](#)
- [Bulletin No. 182 "Potassium From the Soil" Cyril Hopkins](#)