

# Santé et fertilisation des plantes

À l'invitation de GreenFarm et de Regenacterre, John Kempf, agriculteur et consultant en agriculture régénérative est venu présenter son approche de la santé des plantes. La conférence s'est tenue, 22/09/2016 à la ferme des Noyers de Nicolas Brabant à Corroy-le-Grand en Belgique.<sup>1</sup> Considérant que cette conférence est une excellente introduction aux réflexions de John Kempf en matière d'agriculture régénérative, j'ai pris le temps d'en traduire et illustrer le verbatim.

Bonne lecture

## Introduction

Juste une petite introduction. Mon nom est Nicolas Vorskur. Je suis associé avec Nicolas Braibant qui nous invite aujourd'hui également dans la ferme. Je voulais partager aujourd'hui avec vous la présence de John Kempf. Nous collaborons avec lui depuis quelques mois à l'étranger sur des projets agricoles de fruits et légumes principalement, et dans la recherche que l'on fait ici en Belgique dans notre profession, on essaye de réfléchir à comment comment changer les choses comment faire avancer l'agriculture comment trouver des solutions économiques comment trouver des solutions qui répondent aux problèmes actuels et futurs de l'agriculture.

Toutes les équipes de Green Farm, et les gens avec qui je travaille à l'étranger sont passionnées par ces sujets, et lors de cette recherche on a évidemment construit un réseau de personnes qui nous intéresse, de personnes qui ont des solutions, qui sont des agriculteurs, des scientifiques, des personnes qui avancent souvent à petite échelle des choses qui sont moins connues du grand public.

Lors de cette recherche et de ces discussions, j'ai eu l'occasion de rencontrer John Kempf grâce à internet. Et il fait partie des personnes que j'apprécie particulièrement dans ce réseau parce qu'il a les pieds sur terre. Il a également un background et des idées qui sont basées sur des éléments très concrets et très scientifiques. Il a également développé des idées qui sont des choses qui sont mesurables.

On sait bien qu'en agriculture il y a des grands principes qu'on aimerait atteindre : conserver les sols, avoir des sols vivants, plus de biodiversité... avec lesquels on est tous d'accord. Mais comment mettre en pratique ces idées au jour le jour ? Comment mesurer ce qu'on est en train de faire ? Comment savoir qu'on fait des choses qui vont dans le bon sens et pas dans le mauvais sens ? Je pense qu'en tant qu'entrepreneur agricoles et agronome que c'est vraiment un obstacle au changement à lever. On n'a pas suffisamment d'outils, ni suffisamment de preuves parfois pour vraiment aller dans la direction dans laquelle on aimerait aller.

Je vous encourage évidemment à bien écouter, c'est parfois assez technique mais ce qui est intéressant est important de comprendre c'est le message que John Kempf va vous transmettre. Ce n'est pas un message qui est lancé en l'air, il a un succès croissant aux États-Unis où ils suivent plusieurs milliers d'agriculteurs et sont aujourd'hui en train de s'étendre hors frontières de manière internationale. John, la parole est à toi.

---

1 La vidéo de la conférence est accessible via le lien : <https://www.youtube.com/watch?v=Bn1K6L1VSV4>

## Introduction par John Kempf

Merci pour l'invitation, je vous remercie d'être là. J'aimerais commencer par raconter mon histoire, mon parcours et pourquoi cela m'a amené à être ici aujourd'hui.

Mon histoire commence dans le nord-est de l'Ohio dans une petite ferme maraîchère. J'ai eu un parcours scolaire assez court. J'ai quitté l'école à l'âge de 14 ans pour travailler à la ferme familiale et m'occuper des programmes de fertilisation et de protection des cultures. C'était une ferme conventionnelle qui utilisait assez intensément les pesticides à l'époque. J'ai été chargé du programme d'aspersion de pesticides avec les systèmes d'irrigation que nous utilisions sur toute la ferme.

Au début des années 2000, nous avons traversé trois années très humides excessivement difficiles, pendant lesquelles nous étions impuissant à contrôler de nombreuses maladies et attaques d'insectes. Nous avons perdu presque 70 % de toutes nos cultures.

Au cours de cette période, c'était en 2004, nous avons acquis et commencé à cultiver une parcelle attenante aux nôtres. Alors que nous cultivions dans nos parcelles des légumes d'une manière conventionnelle depuis une dizaine d'années en appliquant des pesticides de manière intensive, la nouvelle parcelle, n'avait jamais été cultivée ; elle était dédiée à la production d'herbe pour un producteur laitier.

Nous y avons cultivé des légumes et je me suis rendu compte qu'alors que 70 % des plantes sur lesquelles on appliquait des pesticides régulièrement étaient infestées de mildiou dans nos anciennes parcelles, il n'y avait pas du tout de mildiou sur les plantes cultivées dans la nouvelle parcelle. C'était évident : la limite des deux parcelles marquait très nettement la frontière de la présence ou de l'absence de mildiou. La limite était visible et très claire.

J'ai voulu comprendre pourquoi une partie des cultures était infestée de mildiou et l'autre y était résistantes, alors qu'on avait de part et d'autre des plantes de la même variété, semées le même jour et cultivées de la même manière. J'ai commencé à chercher des réponses par la lecture, par des recherches et en interrogeant de nombreux scientifiques, qui sont devenus mes mentors.

## Système immunitaire des plantes

J'ai compris que, tout comme les humains, les plantes avaient un système immunitaire. On comprend facilement qu'on a tous un système immunitaire et que certains ont une immunité qui fonctionne mieux que d'autres. On connaît tous des personnes autour de nous qui ont un rhume dès qu'il fait froid quand d'autres ne tombent jamais malades. La seule différence entre ces gens est que certains ont une nutrition qui soutient un système immunitaire plus efficace.

J'ai eu l'intuition que les plantes pouvaient être complètement résistantes aux maladies et aux attaques d'insectes, si elles recevaient la nutrition qui leur convient. Nous avons donc engagé une transition rapide en réduisant d'abord les pesticides de 75 % en 2005 puis en supprimant totalement les pesticides l'année suivante. Et nous avons continué comme ça depuis. Sur la base de cette expérience, nous avons fondé en 2006 une société qui s'appelle *Advancing Eco Agriculture*, pour aider nos voisins et collègues agriculteurs en leur fournissant les cours, les outils et les stratégies nutritionnelles pour les plantes. Puis nous avons créé une fabrique d'intrants. Aujourd'hui nous suivons plus ou moins quatre mille agriculteurs avec l'objectif de rendre leurs cultures complètement résistantes aux maladies et aux insectes.

## Découvertes

Nous avons ont découvert deux choses importantes et enthousiasmantes :

- La première c'est que lorsque l'on améliore l'immunité des plantes pour les rendre résistantes aux maladies et aux insectes, la consommation de ces plantes induit également à une meilleure santé. Il y a un transfert d'immunité de la plante vers celui qui la mange.
- La deuxième chose très excitante, c'est que cultiver des plantes en bonne santé régénère le sol très rapidement. Produire une plante saine rend le sol plus sain. La plupart des agriculteurs bio affirment que produire des sols sains génèrent des plantes saines. Mais l'inverse est tout aussi vrai et en pratique, cultiver des plantes saines est la meilleure façon de régénérer les sols.

## Nutrition des plantes, des maladies et des parasites

La manière dont nous appréhendons la gestion des maladies et des insectes consiste à nous demander quels sont les besoins nutritionnels des plantes pour être en bonne santé et résister aux insectes et autres pathogènes.

Les insectes ont eux aussi des besoins nutritionnels très spécifiques. Les acides aminés et les hydrates de carbone dont se nourrissent les insectes ne se rencontrent que chez les plantes qui n'ont pas effectué une photosynthèse maximale. Lorsque la photosynthèse est complète, les insectes ne trouvent pas dans les plantes la nourriture dont ils ont besoin.

Je vais prendre un exemple avec la tavelure qui affecte le pommier. Dans les années 1990 des recherches ont montré que le développement de la tavelure dépend de la présence d'un seul acide aminé, l'arginine, sous forme libre. Si la plante ne contient pas d'arginine libre, la tavelure ne se développe pas. Lorsqu'on compare deux variétés de pommiers, l'une résistante, l'autre pas, on remarque que la variété résistante n'accumule pas d'arginine car cet acide aminé est rapidement métabolisé pour construire des protéines complexes. Pendant des années les pesticides développés pour protéger les pommier étaient tous des inhibiteurs de l'arginine pour essayer de ne pas trouver cet acide aminé dans la plante

Nous savons qu'il y a des pommiers résistants et des pommiers sensibles à la tavelure. Je me suis demandé pourquoi les variétés résistantes n'accumulaient pas d'arginine et je me suis rendu compte qu'en fait :

- ces pommiers : convertissent rapidement l'arginine en protéines
- cette conversion rapide dépend de la présence d'un cofacteur qui est le cobalt.

Nous avons donc expérimenté l'application foliaire de cobalt, et nous nous sommes aperçu que cela permet la conversion rapide de l'arginine en protéine. La tavelure ne trouvant plus sa source de nourriture, la maladie n'apparaît plus. Et c'est bien là, la différence entre les variétés de pommiers résistantes et non résistantes. Les variétés résistantes absorbent plus facilement le cobalt présent dans le sol ce qui induit une différence de nutrition et de sensibilité à la maladie.

Cet exemple illustre notre manière de penser la protection des plantes et la gestion des insectes et des maladies. Les insectes ont des besoins nutritionnels spécifiques. Tous ces besoins sont remplis par des plantes qui ne fonctionnent pas bien. Quand elles fonctionnent bien, tous ces problèmes disparaissent.

## Note du transcripteur

L'intime corrélation entre nutrition, santé et maladie des plantes a été étudié et théorisé à partir de la fin des années 1960 par le Francis Chaboussou sont intimement corrélées. Ce lien concerne tous les êtres et milieux vivants :

- le sol
- les plantes
- les animaux dont les humains

Francis Chaboussou a choisi d'appeler la relation d'interdépendance entre nutrition et santé la *trophobiose*, en accolant les racines grecques *trophikos* : « nourriture » et *biosis* : « la vie ».

En partant de l'examen des effets des intrants synthèse promus par l'agriculture dite conventionnelle, le chercheur a observé que « la perturbation du milieu nutritionnel » des plantes, c'est-à-dire la modification « de leur état biochimique par l'intrusion des nouveaux pesticides de synthèse » influence le système de défense et l'immunité des plantes vis-à-vis de leurs parasites.

Ce constat écrit Francis Chaboussou « *m'a conduit à cette conclusion fondamentale que les relations plante-parasite sont, avant tout, d'ordre nutritionnel* ».

Voilà « *en bref* », écrit le chercheur, « *la théorie de la trophobiose* » qui précise que « *cette conception met donc en cause celle de la résistance de la plante basée sur l'éventuelle présence de substances toxiques ou répulsives vis-à-vis du parasite (les phytoalexines)* ».

*Selon la trophobiose, en effet, la plante sera immunisée dans la mesure où elle sera dépourvue des facteurs nutritionnels nécessaires au développement du parasite. Il s'agit, en somme, d'un effet dissuasif et non pas d'une action toxique. »*

Autrement dit :

- une plante dont le milieu nutritionnel est perturbé par des intrants de synthèse devient appétente pour les parasites
- une plante dont le milieu nutritionnel correspond à ses besoins naturels n'attirent pas ces mêmes parasites.

Principales publications de Francis Chaboussou

- *Physiologie et résistance de la plante* (1978)
- *Les plantes malades des pesticides* (1980)
- *Santé des Cultures, Une révolution agronomique* » (1985)

## Phases de la construction de la résistance des plantes

Dans notre travail avec de nombreux agriculteurs qui cultivent des plantes différentes, nous avons observé qu'il y a plusieurs phases dans la construction de la résistance des plantes aux différents groupes d'insectes, aux différentes maladies, qui correspondent aux différentes phases de développement physiologique des plantes.

**La première étape** de cette construction d'immunité réside dans une photosynthèse très efficace qui permet la formation de sucres très élaborés. La photosynthèse d'une plante qui fonctionne normalement se déroule sur un cycle de 24 heures et permet que des sucres simples du glucose se transforment après une journée en ces sucres plus complexes, ce qui a pour corrélat qu'il n'y a plus de sucres libres simples – plus de glucose, ni fructose, ni sucrose, ni – en circulation dans la sève après 24 heures. Et on a alors une plante qui est résistante aux champignons du sol tels que *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* qui se nourrissent de ces formes de sucres libres simples. C'est une première base de la construction de résistance d'une plante.

**La deuxième étape** est atteinte quand les plantes accomplissent une synthèse complète des protéines. Cela implique qu'en 24 heures, l'azote qui est absorbé par la plante sous forme de nitrate, d'ammonium ou d'urée est transformé en acides aminés complexes puis en protéines complètes, ce qui fait qu'il n'y a plus d'acides aminés libres, plus de composés azotés dans la sève de la plante.

Lors de cette étape la plante développe une production de protéines efficace et quand elle produit des protéines complètes, elle devient résistante aux insectes suceurs et mâcheurs qui ont des systèmes de digestion simples. (il s'agit des insectes qui génèrent des larves, des pucerons...)

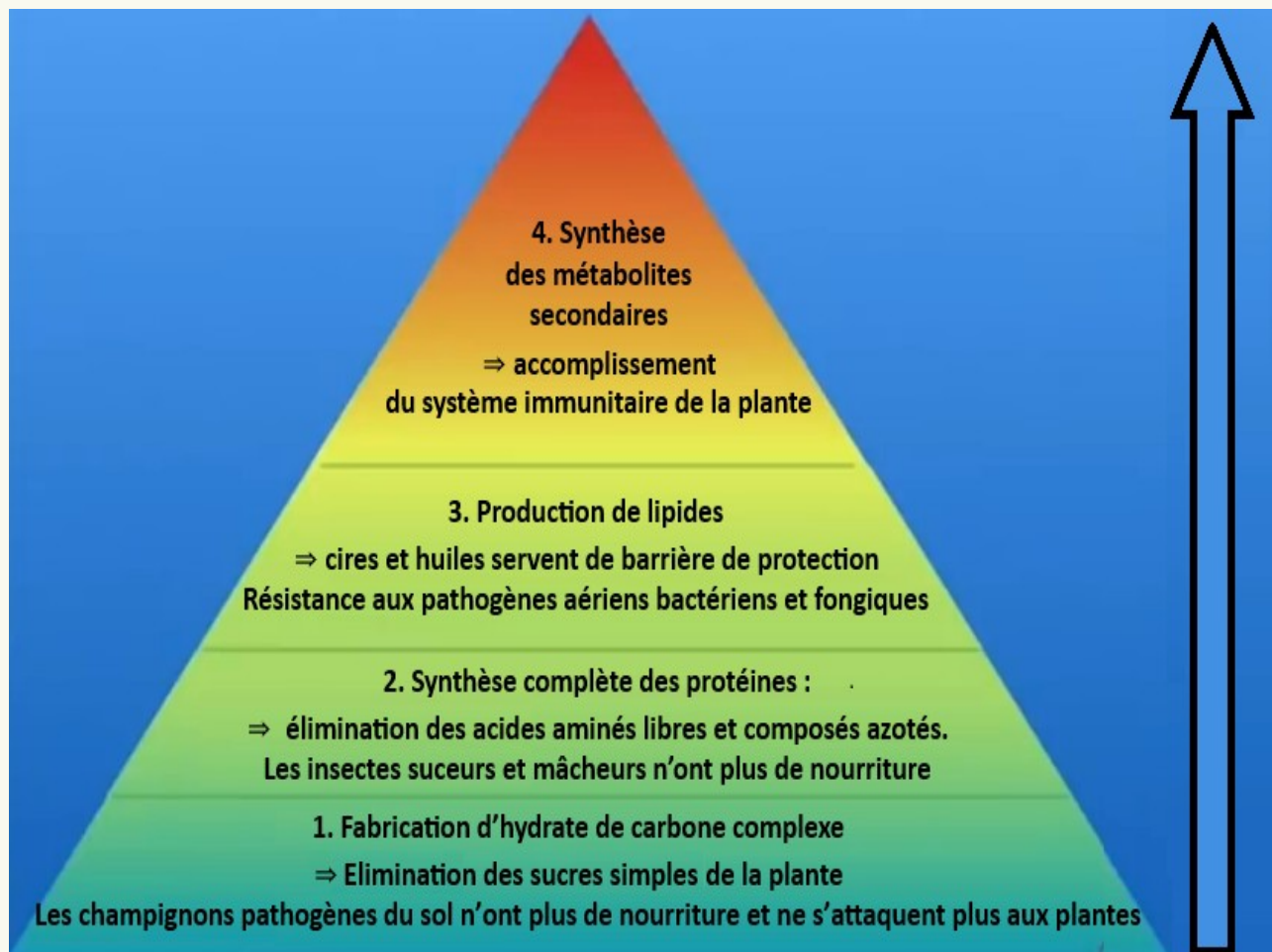
**La troisième étape**, pour les plantes qui ont effectué une photosynthèse complète et dispose de ce fait d'un surplus d'énergie qui est transformé en lipides. La concentration en lipides devient alors trois à quatre fois plus importante.

Dans la troisième étape, la production de lipides permet à la plante de se doter d'une couche cireuse et elle la plante augmente sa capacité à résister aux insectes et aux pathogènes provenant de l'air. Ces pathogènes vivent à la surface des feuilles. Les cires et huiles présentes sur la surface de la feuille servent de barrière de protection pour éviter que les enzymes des pathogènes ne fonctionnent ; il en résulte une résistance accrue aux pathogènes aériens bactériens et fongiques tels que le mildiou ou la rouille, différents champignons qui ont pour stratégie d'attaques de perforer la cuticule des feuilles grâce à ces enzymes.

**Dans la quatrième étape**, les plantes utilisent cette réserve de lipides formée à l'étape précédente, pour synthétiser des métabolites secondaires (tanins, phénols, polyphénols, terpènes, polyphénols, huiles essentielles...). Toutes les plantes produisent des huiles essentielles qui sont bactéricides, fongicides, virucides, qui sont capables de tuer les agresseurs par contact. Cette quatrième étape est la fondation du système immunitaire des plantes qu'elles utilisent pour se protéger des radiations et des attaques d'insectes. Ces métabolites secondaires peuvent également être transférés aux personnes qui mangent ces plantes.

Quand on accède au quatrième niveau, la plante devient résistante aux insectes qui ont des systèmes digestifs hautement sophistiqués de la famille des scarabées. À cette étape les plantes deviennent très résilientes aux aléas climatiques extrêmes et résistantes à la plupart des maladies et des insectes.

## **John Kempf représente les quatre étapes de la construction de la santé des plantes sous la forme d'une pyramide**



### **Importance d'une photosynthèse maximale**

Ce que nous essayons de faire avec les agriculteurs, c'est activer le système biologique des plantes et le point clé est l'optimisation de la photosynthèse.

Aujourd'hui, la plupart des plantes cultivées n'accomplissent que plus ou moins à 20 % de leur capacité photosynthétique liée à leur potentiel génétique en 24 heures. En travaillant sur la nutrition des plantes on peut augmenter cette capacité jusqu'à 60, 70, 80 % et avoir beaucoup plus de sucres complexes. Les plantes disposent ainsi de beaucoup plus d'énergie et elles croissent plus vite.

La première conséquence de notre réflexion est donc qu'il faut d'abord se focaliser sur l'augmentation de la capacité de photosynthèse des plantes que nous cultivons pour qu'elle passe de 20% à 80%.



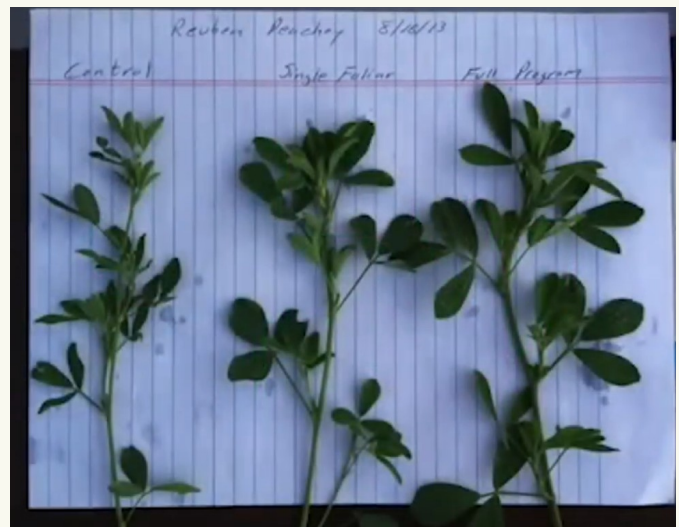
## Retour d'expérience

Lors d'une expérimentation sur la luzerne. Nous avons divisé une parcelle en trois : avec une partie dans laquelle il n'y avait pas l'application ; une parcelle dans laquelle nous avons fait une application foliaire d'engrais et une autre dans laquelle il y avait deux applications foliaire qui se succédaient entre la première et la deuxième coupe.



Voici le résultat visuel des différents traitements avec de gauche à droite, le résultat du contrôle sans application, avec une seule application et avec deux applications.

Entre la modalité sans application et une simple application l'écart de rendement a été de trois quart de tonne par acre. Et il a été d'une tonne et demi entre la modalité application unique et double applications.

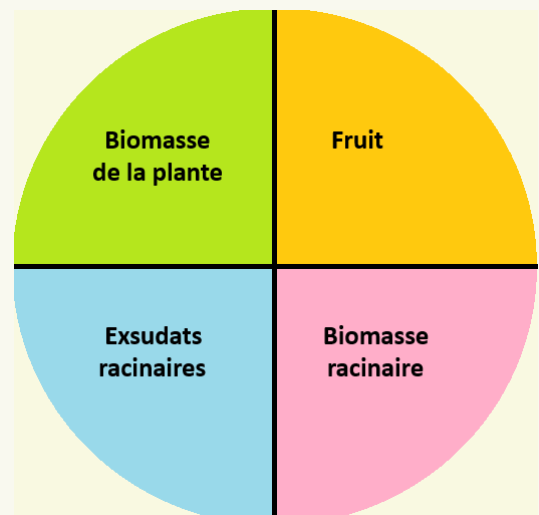


Il y a eu un gain financier mais ce n'était pas le plus important bénéfice a été le gain de matière organique dans le sol grâce aux exsudats racinaire de carbone liquide qui été équivalent à la biomasse aérienne.

## Comment construire rapidement de la matière organique dans le sol

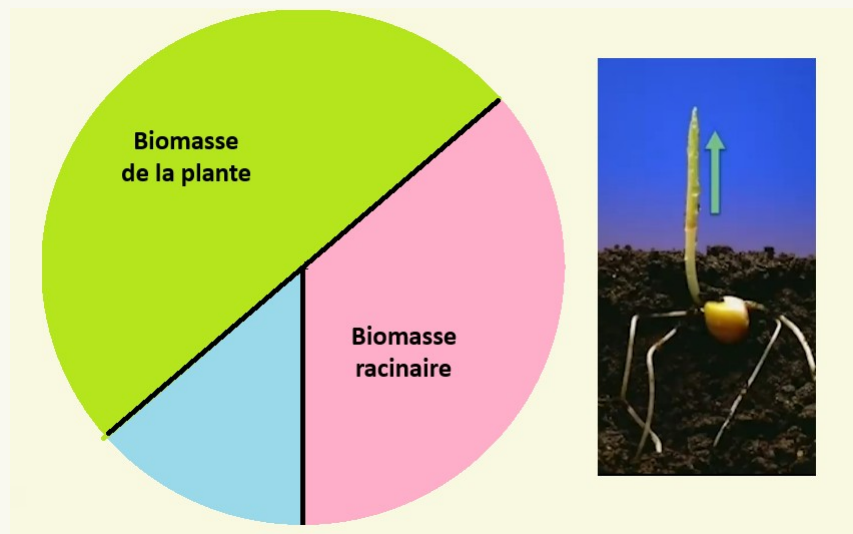
J'aimerais vous expliquer ce que nous avons appris concernant la régénération et la reconstruction rapide des sols.

Si on regarde une plante qui fonctionne bien qui est en bonne en bonne santé, et ce qu'elle produit de sa naissance à la récolte de ses fruits ou de ses graines, la production de sucre qui proviennent de la photosynthèse se divisent en quatre : 50% des sucres provenant la photosynthèse sont utilisés pour les parties aériennes et les autres 50 % de sucre de synthèse sont utilisés pour les parties souterraines.

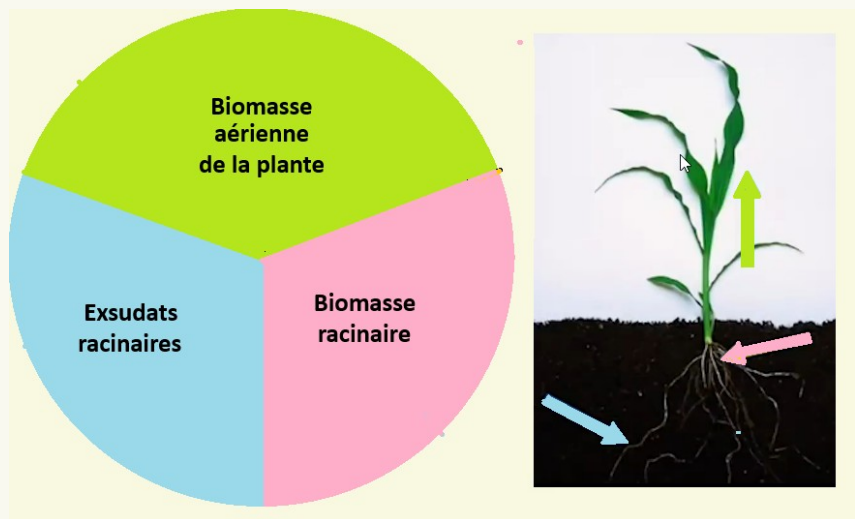


La répartition des sucres dans les parties aériennes et souterraines varie aux différents stades de développement de la plante.

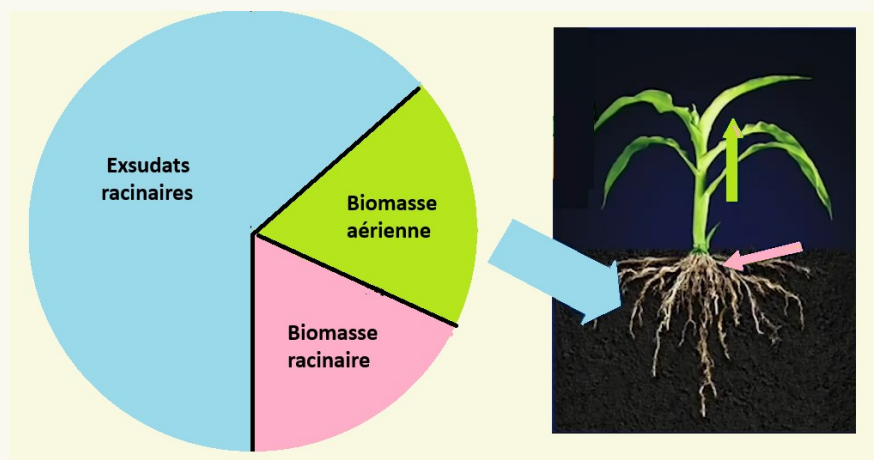
Lors de la germination la majorité des sucres est dédiée à la biomasse aérienne



Quand la plante construit sa structure, elle répartit les sucres qu'elle produit grâce à la photosynthèse de manière égale entre la biomasse aérienne, la biomasse racinaire et les exsudats racinaires.

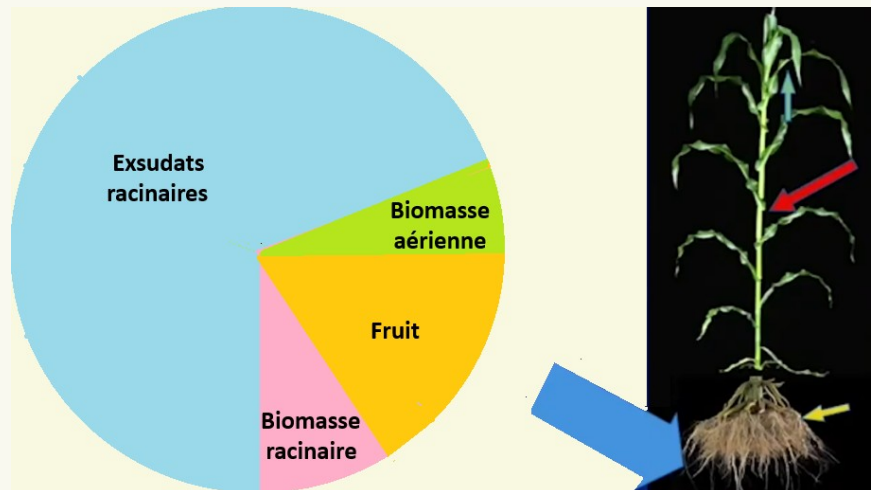


Si on prend l'exemple, du maïs, à partir du moment où cinq ou six feuilles se sont développées, la plante investit et concentre énormément de sucres dans les racines à travers les exsudats. Cela prend environ six semaines

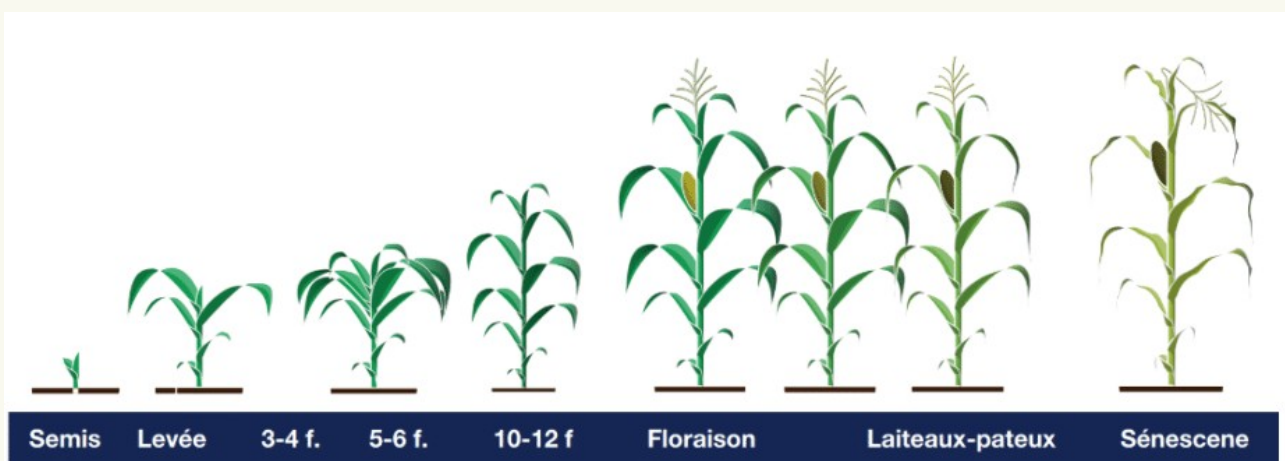
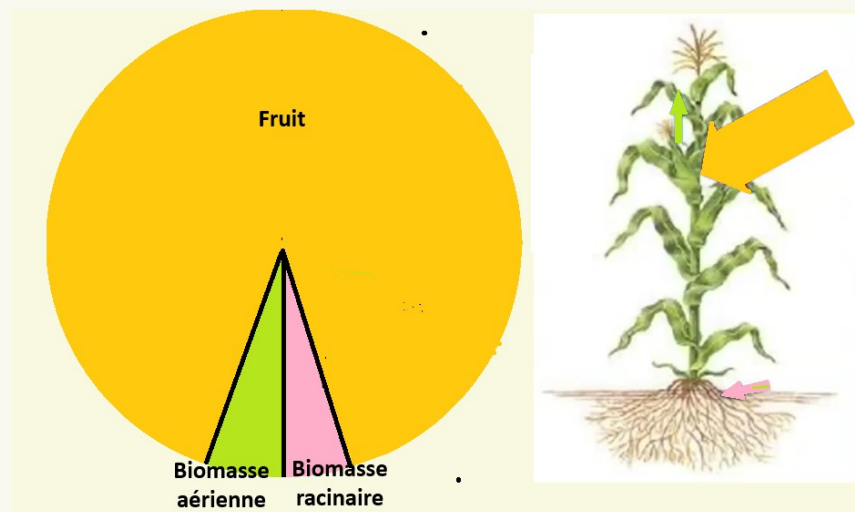




Lors des six semaines suivantes, la biomasse croît très rapidement et les sucres sont majoritairement alloués aux racines via les exsudats racinaires. Pourquoi est-ce qu'une plante investit autant d'énergie dans les exsudats racinaires à ce stade ?

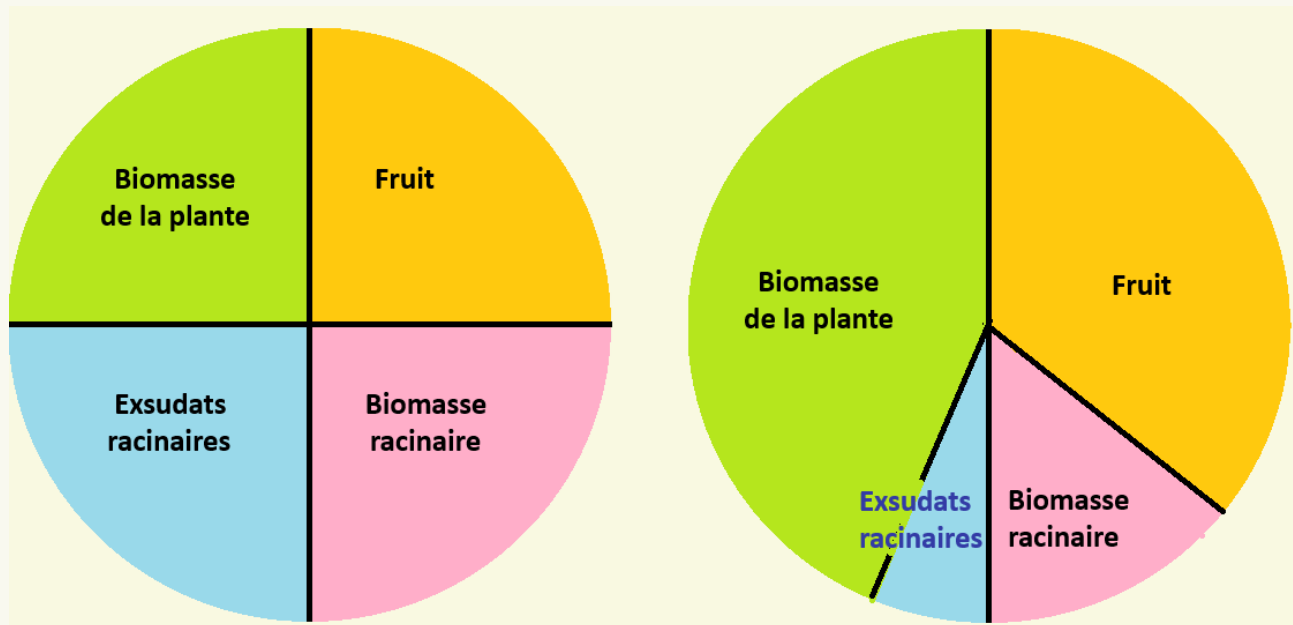


Au stade de production des grains, la plupart de l'énergie est dédiée aux fruits. Presque toute l'énergie de la plante est utilisée pour remplir les fruits.



À la fin du cycle de la plante on a cette répartition que j'indiquais au départ si la plante parvient à au moins 60 % de photosynthèse. Ce qui n'est pas le cas si on les gève comme on le fait en agriculture conventionnelle.

**Le schéma montre la répartition des sucres produit selon l'efficacité de la photosynthèse**



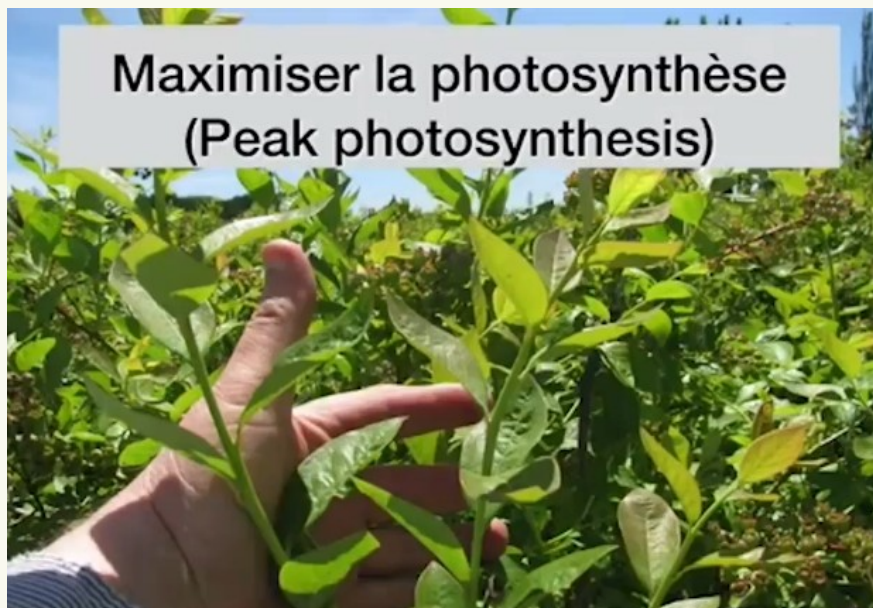
Répartition des sucres quand l'efficacité de la photosynthèse atteint 60 %

Répartition des sucres quand l'efficacité de la photosynthèse n'est que de 15 à 20 %.  
(moyenne des plantes cultivées au États-Unis)

On voit que les ratios sont très différents. La production de sucre et la teneur en sucre des plantes est bien moindre. La plupart sont investis dans la biomasse, puis dans les fruits, mais très peu sont dédiés au racines et encore moins aux exsudats racinaires.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Note du transcripteur : La plante n'injectant que très peu de carbone liquide dans le sol, la constitution d'humus stable et la séquestration de carbone dans les sols est très faible.

## Voies de génération rapide de la matière organiques du sol



Deux voies principales peuvent être mobilisée pour construire rapidement la matière organique du sol : La première est voie de l'intensification maximale de la photosynthèse par les plantes cultivées destinée à production commerciale et par les couverts végétaux. La seconde celle de la digestion fongique par la présence importante de champignons dans le sol. Nous avons compris qu'on peut produire de la biomasse, non seulement grâce aux plantes de couverture, mais aussi par les plantes cultivées pour elles-mêmes.



Nous avons observé que trois environnement et écosystèmes produisent et séquestrent de la matière organique plus rapidement que les autres : le premier est la forêt de conifères, le deuxième est prairie gérée de manière dynamique par pâturage tournant, repos et rotation intelligente (polyculture prairiale) et la troisième est la production de maïs. Mais nous avons aussi pu développer de la matière organique avec des cultures de tomates, de fraises, de soja.

## Diagramme des interactions sol-plante

Nous avons conçu un diagramme pour expliquer l'interaction sol-plante et la manière de développer de la matière organique rapidement.

**La première étape déjà évoquée est celle de la photosynthèse maximale** pour produire une grande quantité d'exsudats racinaires qui vont nourrir le microbiome du sol<sup>3</sup>. Les sucres injectés dans le sol, via le réseau racinaire, stimulent la digestion bactérienne. Les bactéries digèrent ces sucres, c'est-à-dire des hydrates de carbone qui intègrent de l'oxygène et de l'hydrogène dans des chaînes carbonées. On ne trouve ni magnésium, ni calcium, ni minéraux dans ces sucres. Ce sont les bactéries vont aller chercher ces éléments minéraux dans le sol.

Lors du cycle de vie des populations microbiennes, les bactéries se développent et meurent. Les constituants de ces bactéries mortes qui sont en partie des sucres et des acides aminés, et en partie d'éléments minéraux qu'elles ont pu capter sont relargués dans la rhizosphère sous des formes très biodisponibles pour les plantes. Les cadavres de bactéries se dégradent et, en se dégradant, ils se transforment en chélates<sup>4</sup> et autres éléments qui sont à ce moment là disponibles pour les plantes.

**Commentaire du traducteur en direct de la conférence :** J'ouvre juste une parenthèse. Ce que vient de dire John Kempf est pour moi le cœur du sujet. C'est en tout cas quelque chose que j'ai réappris et que je comprends mieux. La plante produit du sucre à travers sa propre photosynthèse, elle injecte dans le sol ce sucre qui va nourrir la communauté bactérienne. Elle ne le fait pas gratuitement. Elle sait que les bactéries vont aller chercher des éléments auxquels elle n'a pas directement accès et qui lui sont essentiels. Elle utilise donc ces sucres pour que les bactéries aille chercher ces éléments et, une fois que les bactéries qui ont une cycle de vie très court meurent et se dégradent, la plante est capable de se nourrir de ces bactéries mortes et du coup d'avoir accès à ces éléments minéraux qui n'était pas disponibles jusque-là.

**À l'étape suivante, les plantes commencent à absorber ces acides aminés**, ces acides organiques issus du métabolisme microbiens et les combinent avec ces minéraux, ce stade elles deviennent très efficaces énergétiquement après avoir absorbé ces symbiontes. C'est l'équivalent de l'absorption de composés préfabriqués par les plantes

**Commentaire du traducteur :** Sans activité biologique dans le sol, la plante va prélever des éléments simples, mais à partir moment où l'activité bactérienne fonctionne bien et que les bactéries se dégradent en chélates, les bactéries dégradées offrent à la plante des molécules qui sont ce que John Kempf appelle des éléments déjà préfabriqué. Par rapport à une plante qui ne s'alimente qu'avec des éléments simples, la plante qui se nourrit d'éléments préfabriqués par les bactéries épargne de l'énergie parce qu'elle va pouvoir s'alimenter à moindre coût.

---

3 Les exsudats racinaires des plantes sont un cocktail complexe d'eau, de sels minéraux, de sucres, d'acides organiques (formique, malique), d'acides aminés, d'enzymes, de vitamines, et de composés phénoliques, qui servent à nourrir les micro-organismes du sol et à défendre la plante, influençant grandement la santé du sol et les interactions avec le microbiote racinaire.

4 Les chélates sont des complexes stables formés par la liaison d'une molécule (le chélateur) à un ion métallique, agissant comme une pince pour entourer le métal, ce qui les rend utiles pour transporter des métaux important pour nutrition des plantes. Ils séquestrent les ions métalliques, empêchant leurs effets toxiques et les rendant plus assimilables par les organismes vivants.

La plante est maintenant dans une position où elle va épargner de l'énergie de manière très efficace parce que les bactéries ont fait une partie du travail. Elle plante va être capable de stocker cette énergie excédentaire de haut niveau trois à quatre fois supérieur à ses propres besoins, elle va pouvoir utiliser cette énergie excédentaire pour la transformer en lipides.

Comme elle l'a fait avec les sucres, la plante va réinjecter et réinvestir une partie de ces lipides dans le sol. Les bactéries ne sont pas capables de les digérer. Ce sont les champignons qui vont s'en charger.

**Commentaire du traducteur :** On est toujours en train de monter la pyramide qui a été montrée au départ et on est au sommet, on est à la fin de la chaîne, car ces lipides qui sont digérés par les champignons vont se transformer en matière organique stable, en humus stable.

Ce processus de digestion fongique est ce qu'on appelle l'humification des matières organiques qui contiennent des lipides et ce processus aboutit à la formation d'humus stable, de matière organique stables

Les substance humiques stables, l'humus stable, la matière organique stable est le résultat ultime de la digestion fongique. Quand les champignons commencent ce travail, la digestion des matières organiques est à son plus haut niveau. On ne peut aller plus loin que cette production de substance humique stable.

**Commentaire du traducteur :** J'ouvre de nouveau une petite parenthèse. Ce qui m'intéresse là dedans c'est de se rendre compte qu'on en a pas encore parlé de fumier dans n'a pas encore parlé d'apport de matières organiques, de compost. Ici on parle bien de la plante qui investit une partie de ses produits de photosynthèse dans le sol pour construire de la matière organique.

Les champignons continuent cette digestion des matières organiques jusqu'à un point ultime. Ce seuil est la concentration de lipides. L'humus, la matière organique stables ont un taux de concentration en lipides de 38 à 42%, donc en moyenne de 40 %.

Ainsi, la quantité de matériel organique est directement corrélé à la quantité de lipides que la plante produit. C'est aussi vrai pour les plantes de couverture. Si vous avez deux champs qui chacun produisent 5 tonnes de matière sèche par hectare, si l'un a un taux de lipide de 3 % et l'autre de 6 %, le champ dont la matière organique contient 6 % de lipides va produire le double de matière organique stable même le volume de biomasse est le même.

**La quantité de biomasse n'est pas corrélée  
avec la quantité de substances humiques stables**

Ainsi, quand on incorpore un couvert végétal qui a un ratio carbone/azote faible il stimule la digestion bactérienne qui aboutit à la minéralisation de cette biomasse et donc à la production de minéraux qui sont rapidement disponible pour la culture suivante, mais nous n'obtenons pas de matière organique stable par la digestion bactérienne



Quand, à l'inverse, on travaille avec des résidus culture des couverts végétaux qui ont des taux de carbone élevé, on favorise la digestion fongique, l'humification et la construction de matières organiques stables, mais ça ne va pas produire de fertilisant.

Les deux types d'ajout vont donc avoir des objectifs très différents ; servir de fertilisant aux cultures suivantes ou construire le sol et un humus stable. On ne peut pas avoir les deux fonctions en même temps.

## Étapes cruciales du cycle de croissance des plantes

Quand on cultive des plantes, notre but est d'obtenir la meilleure qualité et le meilleur rendement. Nous avons développé le concept de « critical point of influence » pour discerner les étapes clé où se joue l'actualisation du potentiel de production des plantes.

**Note du traducteur :** « critical point of influence », littéralement « moment critique d'influence », pourrait être traduit par « moment clé », « points de bascule », « période cruciale » « point de transition essentiel » du cycle de croissance, dont l'issue décidera si la plante pourra ou non exprimer son potentiel génétique maximal.

Le cycle de croissance de nombreuses plantes est ponctué de courtes phases qui sont des moments critiques dans leur cycle, qui détermine l'expression de son potentiel de qualité et de productivité, et nous avons appris que ce sont des moments où il faut gérer la nutrition des plantes à la perfection pour obtenir le meilleur rendement et la meilleure qualité.

On parle de potentiel génétique des cultures. Le potentiel génétique du soja est de 40 tonnes de graines par hectare ; celui des myrtilles est de 56 tonnes de fruits par hectare ; celui des tomates est de 134 tonnes de fruits par hectare. Or, on ne récolte généralement qu'une maigre proportion du potentiel génétique des plantes que nous cultivons. Le maïs par exemple à le potentiel génétique de produire 75 tonnes de grains par hectare, mais on ne récolte généralement que 10 à 15 % de ce potentiel.

Quand on prend le maïs pour exemple, des recherches menées dans les années 1990 aux États-Unis, ont montré que 9 à 12 jours après la germination des graines, le nombre d'épis qu'un pied de maïs peut (pas qu'il va) produire en fonction de son potentiel génétique est déterminé. Dans une deuxième étape, 14 à 21 jours après germination des grains, le nombre potentiel de rang de grains est déterminé. Puis, 42 à 49 jours après germination des grains, le nombre potentiel de grains par rang.





Il y a donc trois moments d'influence critique dans le cycle de production du maïs. Lors des trois jours du moment critique de la détermination du nombre d'épis du maïs, tout stress survenant au cours de cette période clé va affecter son potentiel de production. Il est important de noter que le potentiel de rendement (nombre d'épis, de rang de grains et de grains par rangée) est déterminé très tôt dans le cycle de vie du maïs. Le problème majeur est que tout ce qu'on pratique dans les fermes n'a aucune influence sur ce potentiel.

Le maïs a le potentiel génétique de produire 75 tonnes de grains par hectare. Cela veut dire, qu'au moment où il est planté, il a ce potentiel. Après, n'importe quel niveau de stress, une pluie, un froid pendant une semaine, peut réduire ce potentiel. Le rendement va par exemple diminuer de 75 à 60 tonnes par hectare. Parce qu'il y aura carence en azote, le rendement chutera à 40 tonnes par hectare, si bien que vous ne récolterez qu'une fraction du grain qui pouvait être produit.

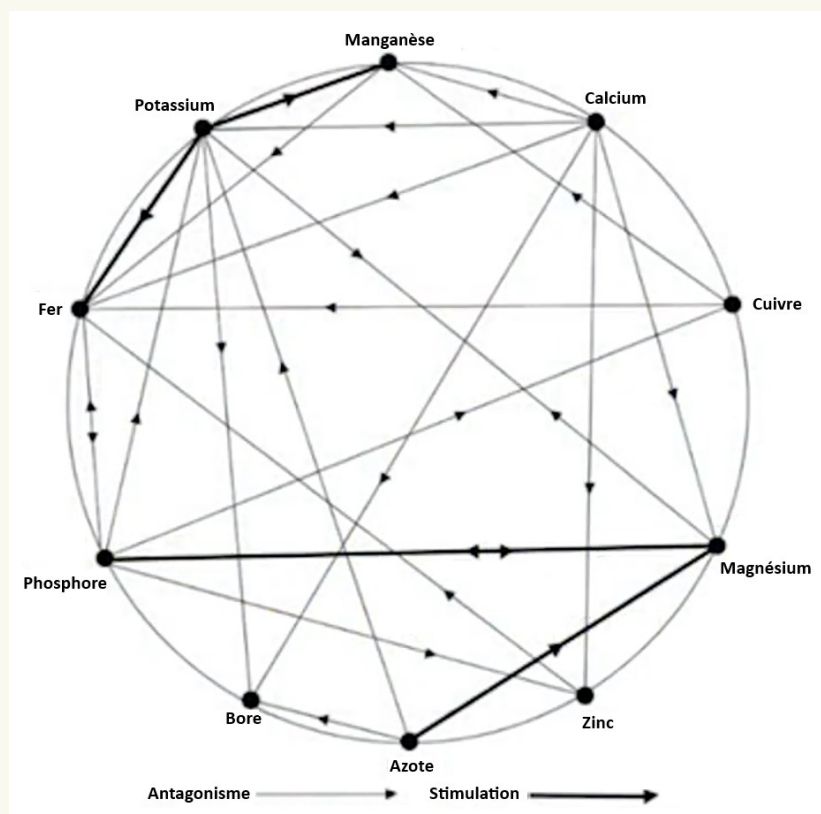
Quoi que l'on fasse, en appliquant des fongicides par exemple, nous n'accroissons pas le rendement nous essayons juste de limiter la chute de rendement.

Pour minimiser l'écart entre le potentiel de rendement du maïs et sa production finale, nous ne pouvons que nous focaliser sur la nutrition de la plante pour qu'elle diminue au mieux les stress pendant les périodes critiques qui vont influencer l'expression de son potentiel.

## Gestion de la nutrition des plantes

Travailler avec les agriculteurs nous a montré que le principal facteur limitant du rendement et de la qualité des récoltes sont les carences en éléments nutritifs qui sont impliquées dans la photosynthèse. Nous avons vu qu'il était extrêmement important de pouvoir identifier et mesurer très précisément ce qui se passe dans les champs, notamment de nos clients qui cultivent des plantes à haute valeur ajoutée comme les fruits et les légumes. Il faut mesurer ce qui se passe toutes les deux semaines concernant la concentration de ces différents éléments nutritifs essentiels pendant la période de croissance, et surtout pendant les périodes critiques dont on a parlé juste avant, pour pouvoir ajuster les pulvérisations foliaires et l'irrigation.

Je ne sais pas si vous êtes familier de ce genre de diagramme des interactions entre nutriments



### Note du transcripteur

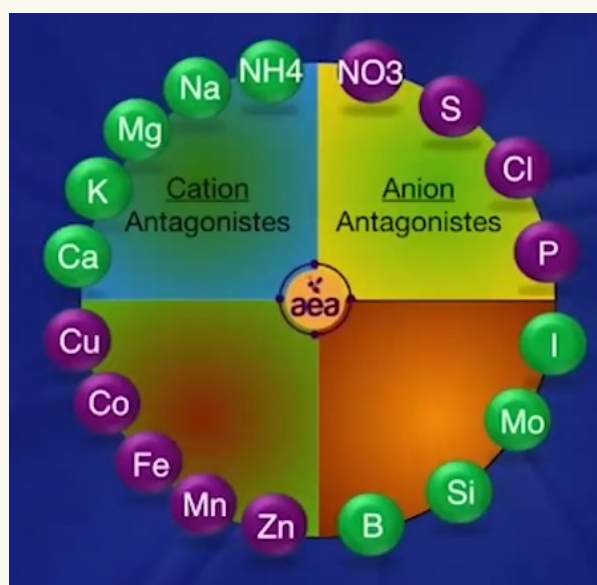
Ce schéma est appelé « diagramme de Mulder » (Mulder's chart). Dans ce diagramme en toile d'araignée, chaque nutriment est relié à d'autres par des flèches indiquant si leurs interactions favorisent ou entravent leur disponibilité. Les lignes pleines indiquent les éléments qui s'opposent. Les lignes en pointillés indiquent l'existence de synergie entre éléments<sup>5</sup>

Il y a quatre ans, nous avons commencé à travailler avec des analyses de sève en partenariat avec un laboratoire néerlandais. Chaque semaine nous envoyons une centaine d'échantillons provenant de tous les États-Unis. Nous avons développé avec ce laboratoire une manière d'interpréter correctement ces analyses de sève d'une manière plus simple qu'avec ce diagramme complexe.

Nous avons divisé le diagramme en quatre portions regroupant :

- les macronutriments-cations,
- les macronutriments-anions,
- les micronutriments-cations,
- les micronutriments-anions

Nous avons observé que dans les plantes, les macronutriments-cations sont antagonistes entre eux et que les macronutriments-anions sont également antagonistes entre eux.



Le réflexe des agronomes en général est de diagnostiquer la carence de tel ou tel élément. Ils identifient un manque de calcium et préconisent d'ajouter du calcium. Ils identifient un manque de magnésium et préconisent d'ajouter du magnésium.

5 Cf. Article Jean-Luc Galabert « Interactions entre nutriments »

Nos propres expériences et observations nous amènent à conclure que les déficits de nutriments, en particulier des macronutriments, sont rarement le problème.

Le problème est que les agriculteurs corrigent les prétendues carences d'éléments par des applications excessives des éléments considérés manquants.

Dans de nombreux cas, le fait d'avoir un élément déficient est lié au fait qu'on a un élément antagoniste qui est excédentaire et donc en général, le plus important est d'identifier quel élément est excédentaire et de diminuer cet élément pour activer l'élément « déficient » sans rien ajouter.

Par exemple, dans les cultures, nous observons souvent des « déficiences » de calcium et souvent les agriculteurs appliquent de grandes quantités de calcium déficiences alors que le problème est qu'il ont des excès de potassium. Or calcium et potassium sont antagonistes et le fait d'avoir un excès de potassium créer un déficit en calcium. En réduisant l'apport de potassium, le déficit en calcium se résorbe de lui-même.

Les agronomes et les agriculteurs conventionnels pensent en terme d'apport optimum de nutriment en se focalisant sur un seul but : augmenter et pousser les rendements à leur maximum. On connaît bien la quantité d'azote, de potasse et autres qu'il faut appliquer par tonne de maïs produit et le réflexe des agronomes et des agriculteurs conventionnels est d'essayer de pousser la productivité du maïs à son maximum.

Notre démarche et notre perspective sont complètement différentes, nous réfléchissons à l'équilibre nutritionnel qui permettra d'améliorer la qualité et d'optimiser le système immunitaire de la plante. Dans cette perspective, nous étudions l'impact de différents ratios et de différents profils. Ce faisant l'augmentation du rendement accompagne cette meilleure qualité et ce système immunitaire plus efficient ; le rendement de grandir de d'augmenter à des niveaux supérieurs à ceux de l'approche conventionnelle.

## **Gestion sur le terrain**

En étudiant la balance des nutriments avec les analyses de sève et en observant les effets de différents mode de gestion des nutriments sur le terrain, nous avons également découvert que la meilleure manière la plus économique d'avoir une réponse optimum des plantes, est de faire des pulvérisation et non des applications au sol, car le sol transforme ces éléments et ils ne sont plus sous des formes disponibles pour les plantes.

Quand nous utilisons les analyses de sève pour rééquilibrer la nutrition des plantes.

Notre première priorité est d'apporter l'antidote aux excès.

- Si vous avez un excès de potassium, vous le gérez avec du manganèse
- Si vous avez un excès d'azote, vous le gérez avec du magnésium

Nous nous focalisons donc d'abord sur la correction des excès et ensuite nous rectifions les carences

En résumé dans notre approche l'augmentation de la photosynthèse est notre priorité absolue et les applications foliaires sont un moyen de l'optimiser.