

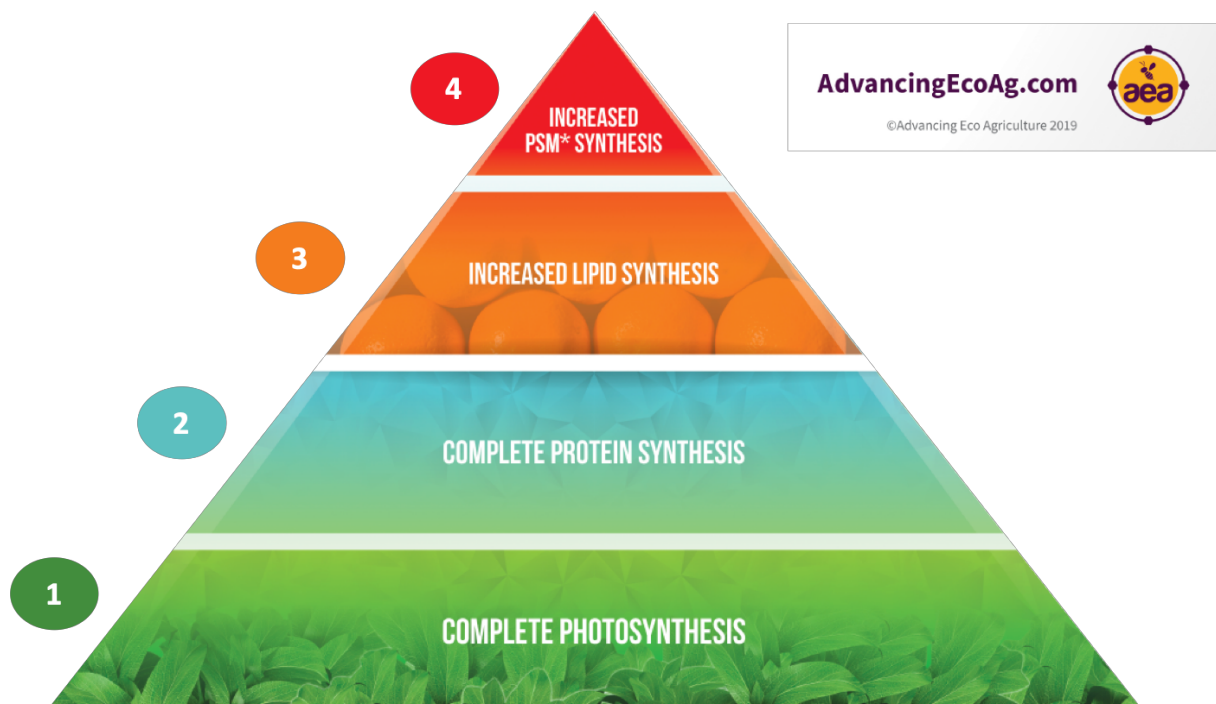
LA PYRAMIDE DE SANTÉ DE LA PLANTE

Extraits traduits et résumés de l'article de John Kempf, Advancing Eco Ag

Original : <https://www.advancingecoag.com/plant-health-pyramid>

Une nutrition optimale permet un fonctionnement plus évolué de la plante.

Lorsque les sols et les plantes sont en transition vers une agriculture régénérative, ils passent par différents stades d'amélioration de la santé. La progression vers une meilleure santé rétablit les capacités naturelles et biologiques du système plante et sol. Pendant ce processus, la plante montre une immunité grandissante envers les pathogènes du sol et aériens, une meilleure résistance face aux insectes, une production supérieure de lipides menant à des membranes cellulaires plus fortes pour des fruits plus savoureux avec une meilleure durée de vie et plus.



Les niveaux 1 et 2 de santé de la plante sont simplement et uniquement une fonction de l'intégrité nutritionnelle (équilibre et quantité des éléments nutritifs) et sont en général pas difficile à atteindre avec la majorité des cultures et sols, surtout lorsqu'il est possible d'utiliser des applications foliaires de compléments nutritifs. Sur la majorité des cultures, nous espérons généralement atteindre le niveau 1 et 2 dans les premiers 3-4 mois.

Les niveaux 3 et 4 ne sont pas aussi simples à atteindre. Afin d'arriver au niveau 3, il est indispensable d'avoir un « système digestif » dans le sol qui est en bonne santé et vigoureux, capable de fournir à la plante la majorité des éléments nutritifs dont elle a besoin. Sans ce processus digestif microbien, les plantes n'auront jamais le surplus d'énergie nécessaire pour atteindre des niveaux élevés de production de lipide et stocker de l'énergie.

Dans les deux premiers niveaux de cette pyramide, des changements ont lieu dans la chimie végétale. Les niveaux 3 et 4 impliquent des changements dans la biologie et ne peuvent être atteints que par une agriculture régénérative.

Niveau 1 : Photosynthèse accomplie / totale

Le taux de photosynthèse augmente entre 150-600% et le profil glucidique de la sève change pour être composé d'une grande proportion de glucides complexes et d'un faible taux de sucres non réducteurs.

Les plantes développent une résistance face aux champignons pathogènes du sol tels que Verticillium, Fusarium, Rhizoctonia, Pythium, Phytophthora et autres.

Les plantes nécessitent des taux suffisants de magnésium, fer, manganèse, azote et phosphore pour atteindre ce niveau de santé. Le phosphore n'est pas directement impliqué dans la photosynthèse mais est nécessaire pour le métabolisme des photosynthétats (produits issus de la photosynthèse) avec l'augmentation de la production de sucres

Niveau 2 : Synthèse totale des protéines

La plante commence à convertir l'ensemble des composants azotés solubles en acides aminés et protéines complètes / accomplies, de manière à ce que 100% de l'azote de la plante soit convertie en une protéine dans chaque cycle de 24h. Le résultat est qu'il n'y a pas de nitrates et aucun ammonium restant dans la sève à chaque photo période de 24h.

Les plantes deviennent résistantes aux insectes au système digestif simple, notamment les larves et les insectes suceurs.

Les plantes nécessitent des taux suffisants de magnésium, soufre, molybdène et bore pour atteindre ce niveau de santé. Le bore n'est pas directement impliqué dans la synthèse des protéines mais apporte une résistance aux insectes pathogènes supplémentaire.

Niveau 3 : Synthèse des lipides augmentée

Les plantes commencent à absorber la majorité de leurs éléments nutritifs sous forme de métabolites microbiens qui sont extrêmement efficaces énergétiquement, et elles commencent à stocker un surplus d'énergie sous forme de lipides.

Elles développent une résistance accrue à tous les pathogènes aériens bactériens et fongiques tels que le mildiou, la rouille... qui se posent sur la surface foliaire et libère des enzymes pectolytiques, parce que 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.

Les plantes ont besoin d'un microbiome végétal très dynamique et agressif dans la rhizosphère afin de commencer à absorber la majorité de leur nutrition sous forme de métabolites microbiens pour atteindre ce niveau de santé.

Niveau 4 : Synthèse augmentée des métabolites secondaires de la plante

Les voies immunitaires de la plante sont enclenchées par des microorganismes dans le microbiome de la plante : dans la rhizosphère et dans la phyllosphère, ou par d'autres agents déclencheurs de l'immunité, résultant en une concentration supérieure en composants immunitaires et métabolites secondaires de la plante.

Les plantes développent une résistance supérieure à l'ensemble de la famille des coléoptères, nématodes et virus.

Les plantes ont besoins des bons microorganismes dans le microbiome végétal pour déclencher la réponse immunitaire afin d'atteindre ce niveau de santé.

Les métabolites secondaires sont impliqués dans des interactions écologiques entre la plante et son environnement. La plupart des métabolites secondaires exercent des fonctions de défense contre les prédateurs et les agents pathogènes, agissant comme agents allélopathiques (qui ont des effets sur d'autres plantes), ou pour attirer les pollinisateurs ou comme disséminateurs des graines.

LA PYRAMIDE DE SANTÉ DE LA PLANTE

Extraits traduits et résumés de la vidéo de John Kempf, Advancing Eco Ag

Original : <https://www.youtube.com/watch?v=D1wJefaFrVI>

1) Photosynthèse totale

2 changements ont lieu :

- La quantité / le volume total de photosynthétats augmente pour chaque photo période de 24h : jusque 3 à 4 fois plus → peut être mesuré en laboratoire ou en champs grâce au réfractomètre par mesure du Brix. La capacité de photosynthèse augmente et donc le volume de photosynthétat aussi
- La qualité de glucides produits est différente : le niveau de sucres non réducteurs est faible, le niveau de sucres complexes augmente → tous les sucres produits sur une photopériode sont transformés en sucres beaucoup plus complexes

→ Augmentation du volume et de la qualité sur une photo période

Il a été accepté aujourd'hui / il paraît normal qu'une plante ne soit qu'à 20-25% de son potentiel génétique photosynthétique. Or, si les plantes sont alimentées avec une bonne nutrition, on peut augmenter cette capacité et s'approcher du réel potentiel de la plante. C'est-à-dire, si les plantes bénéficient de l'ensemble de leurs cofacteurs enzymatiques nécessaires à leur bon fonctionnement. Il y a alors une augmentation du volume et de la qualité des photosynthétats.

Une fois que la plante photo synthétise bien, elle produit beaucoup plus de sucres qui sont de meilleure qualité et semble devenir beaucoup plus résistante à tous les pathogènes fongiques du sol. C'est la qualité des sucres mais aussi l'équilibre / le ratio entre sucres réducteurs vs non réducteurs qui sont excrétés à travers le système racinaire sous forme d'exsudat, qui déterminent le profil biologique dans la rhizosphère du sol → ils développent alors soit un microbiome à caractère « suppressif de maladies », soit un microbiome à caractère « stimulateur de maladies ».

Chaque plante a des groupes de microorganismes avec lesquels elle a des relations symbiotiques (bactéries, champignons...). Ce profil microbien dans la rhizosphère peut basculer et changer complètement selon la qualité des glucides et autres composants ↔ qualité des photosynthétats que les plantes libèrent à travers les exsudats par leur système racinaire.

Exemple : Problème de maladie sur l'avoine dans les années 60-70 dans le Nord de l'Amérique, Don Huber. Maladie qui a causé la perte de la majorité des surfaces en avoine dans l'Amérique du Nord, sur plusieurs années. Les sélectionneurs ont cherché puis trouvé une variété résistante, qui a très rapidement été adoptée par les agriculteurs.

Avant le développement de cette variété, l'avoine avait ce qu'on appelle un microbiome stimulateur de maladies → elle stimulait des microorganismes dans sa rhizosphère qui ont un effet oxydant, c.-à-d. que les processus microbiens libèrent des minéraux et anions sous forme oxydée.

La nouvelle variété produit une quantité beaucoup plus importante de glucosinolates qui lui ont donné plus de résistance face à la maladie et ont modifié le microbiome qui est devenu suppressif de maladies. Les microorganismes ont alors un effet réducteur sur les minéraux et anions issus de leur processus.

→ La qualité des produits issus de la photosynthèse, qui sont envoyés à travers le système racinaire sous forme d'exsudats, détermine la qualité et les caractéristiques fonctionnels du microbiome de la rhizosphère.

Pour atteindre ce niveau de santé, il faut s'intéresser à 5 éléments minéraux en particulier : Mg, Fe, Mn, N et P → il faut des taux adéquats de ces minéraux. Les 4 premiers sont directement impliqués dans la photosynthèse :

- Mg et N sont part de la molécule de chlorophylle : on peut augmenter la quantité de chlorophylle en adaptant les niveaux de Mg et N
- Fe : ne fait pas parti de la chlorophylle mais est essentiel dans sa synthèse
- Mn : cofacteur enzymatique fondamental pour l'hydrolyse de l'eau, qui est la première étape de la photosynthèse. Si Mn manque, la photosynthèse reste limitée / bloquée
 - o / ! \ Aux formes présentes pour de Fer et Mn. Les analyses de feuilles et de sol peuvent montrer des quantités suffisantes en Fer mais pas dans la sève. Le fer présent dans le sol et visibles par les analyses de feuilles peut être sous une forme physiologiquement non active → Présent mais inactif → L'application de Fer en foliaire sous forme réduite et chélaté (donc reste sous forme réduite) donne d'importantes réponses en termes de photosynthèse et santé de la plante
- P : ne fait pas parti du processus de photosynthèse directement. Cependant, il a été observé que lorsqu'on s'intéresse aux 4 autres éléments et qu'on obtient une forte augmentation de la photosynthèse, la plante doit métaboliser une quantité de sucre bien plus importante → Besoin en ATP (Adénosine Tri Phosphate) augmente fortement

Remarque : Tout ceci ne signifie pas qu'il faut automatiquement apporter chacun de ces 5 éléments mais suggère qu'il faut s'assurer que les plantes possèdent les quantités adéquates de ces éléments pour atteindre ce premier palier de santé. Si un seul de ces éléments est en quantité limitée, automatiquement il y a une diminution de la quantité de photosynthèse et de la production de sucre, puis une augmentation de la sensibilité de la plante face aux pathogènes présents à ce niveau et donc automatiquement à tous les niveaux supérieurs. Les niveaux 2, 3 et 4 sont dépendants du fonctionnement du niveau 1 de la pyramide.

→ Sans un fonctionnement excellent de la photosynthèse, aucun autre niveau de santé ne pourra être atteint.

2) Synthèse totale des protéines

Chaque jour, tout l'azote absorbé – sous forme d'ammonium, nitrates, urée ou acides aminés du sol – est rapidement converti en peptides, acides aminés et protéines. Il n'y a pas de restes d'ammonium ou nitrates présents dans la sève de la plante.

L'analyse de sève est utilisée pour analyser les niveaux de nitrates et ammonium, l'objectif étant d'avoir des niveaux à 0 avec une quantité d'azote totale abondante. Facile à atteindre et mène à une résistance supérieure face aux insectes au système digestif simple. Ces derniers utilisent les plantes comme source d'azote pour former leurs propres protéines → besoin de nitrates et ammonium.

A ce niveau, les plantes deviennent donc résistantes à de nombreux insectes, en particulier les larves et les insectes suceurs → tous les insectes qui dépendent des nitrates solubles présent dans la plante. Les plantes avec des niveaux élevés d'ammonium semblent plus sensibles aux thrips et tétranyques. En diminuant ces niveaux, la résistance est augmentée.

Pour atteindre le stade 2 de santé, il faut s'intéresser à 4 éléments :

- Mg, S et Mo : si l'analyse de sève montre des taux adéquats de ces 4 éléments, il est possible d'atteindre des taux de nitrates nuls tout en ayant une quantité généreuse d'azote totale. Les 3 doivent être aux bons niveaux
- B : il n'est pas un cofacteur enzymatique essentiel dans la conversion de l'azote mais il semble fortement contribuer à la résistance face aux insectes pathogènes

Une application foliaire d'un mélange de ces 4 éléments peut donner une forte résistance face aux insectes. En général, la réponse est visible dans les 24-48h. C'est un résultat de la modification de la biochimie de la plante et de son profil protéique → l'alimentation des insectes (N sous forme de nitrate et ammonium) est totalement retiré.

→ Ces 2 premiers niveaux de la pyramide de santé de la plante, sont atteints en modifiant le profil chimique de la plante. En s'occupant des taux de ces éléments nutritifs, donc de la nutrition de la plante, on peut basculer la santé de la plante de manière considérable. Pour les niveaux suivants, ce n'est pas le même discours...

3) Augmentation de la synthèse en lipides

Les plantes développent un surplus d'énergie et commencent à stocker ce surplus sous forme de lipides (graisses végétales et huiles). Lorsqu'il y a une **très bonne activité biologique** dans le sol, il est possible d'atteindre une synthèse lipidique qui est 2 à 3 fois plus importante.

Il y a un seuil minimal de lipides dont toutes les plantes ont besoin pour les phospholipides des membranes cellulaires. Pour beaucoup de cultures ce seuil est aux alentours de 1,5 – 1,75%, allant jusque 2% pour les brassicacées qui ont un taux d'huile supérieur. Lorsque les plantes commencent à réellement être en bonne santé, ces niveaux peuvent augmenter jusque 4-5% voir 6% (sur MS). Ces niveaux peuvent être observés en champs lorsque la surface de la feuille est brillante et cireuse. C'est une résultante d'une forte biologie dans la rhizosphère.

Alors que pour atteindre les niveaux 1 et 2 il suffit de s'intéresser à la nutrition de la plante, les niveaux 3 et 4 nécessitent un changement en terme de biologie ⇔ il est indispensable d'avoir une activité biologique très bonne et très forte. Ces niveaux de synthèse lipidique et PSM ne sont pas observés dans des situations d'hydroponie ou dans des sols où il y a un dysfonctionnement biologique au niveau de la rhizosphère.

Afin d'atteindre le niveau 3, il est nécessaire que les plantes commencent à absorber la majorité de leur nutrition sous forme de métabolites microbiens.

Exemple de la signification en terme d'efficacité énergétique : lorsqu'une plante de maïs absorbe 80% de ses besoins azotés sous forme de nitrates, cela exige 16% de l'énergie totale issue de la photosynthèse sur chaque photo période de 24h pour convertir ces nitrates en acides aminés → la plante consomme une grande partie de ses photosynthétats seulement pour le métabolisme et la conversion azotée. La forme nitrate est la forme azotée nécessitant le plus d'énergie à sa conversion dans les plantes. Lorsque les plantes peuvent absorber des acides aminés, qui sont les produits de l'activité bactérienne et microbienne dans la rhizosphère, elle n'a plus besoin de convertir. Non seulement dans ce cas la plante ne nécessite pas d'énergie à la conversion mais en plus, sous cette forme, il y a un apport d'énergie pour sa croissance et son développement.

→ Une absorption sous forme de métabolites microbiens rend la plante beaucoup plus efficace énergétiquement → Stockage de grandes quantités de lipides. *Le processus réel est bien plus complexe.*

Les plantes peuvent absorber des acides aminés et acides organiques directement du sol. On sait aujourd'hui qu'elles sont capables d'absorber des molécules ayant des poids moléculaires jusque 1000 → ce sont de larges molécules complexes : enzymes, protéines, acides aminés, peptides... et autres composés du sol → elles absorbent l'équivalent de composants préfabriqués leur permettant d'être très efficaces énergétiquement puisqu'il n'y a plus de conversion à faire. La plante peut alors commencer à stocker ces surplus d'énergie sous formes de lipides, graisses et huiles.

Ce qui est observé dans les champs lorsqu'il y a un niveau plus élevé de lipides, graisses et huiles, est que les plantes développent une résistance supérieure aux pathogènes aériens (mildiou, rouille...). Sont concernés les pathogènes qui viennent se poser sur la surface de la feuille et libèrent une enzyme pectolytique : enzyme qui a pour but de perforer la membrane cellulaire afin

de permettre à la bactérie ou au champignon pathogène de pénétrer dans les cellules et utiliser les nutriments de la cellule comme source énergétique.

Différents mécanismes peuvent expliquer ce phénomène de résistance. L'un d'entre eux serait qu'il y a une couche tellement importante de cires et huiles sur la surface de la feuille combinée à une densité accrue de la couche lipidique dans la membrane cellulaire qu'il y a un effet de bouclier de protection / de barrière à l'entrée de l'enzyme pathogène. Il semble aussi qu'il y a un analogue avec une augmentation de l'absorption de Ca et Si dans les plantes avec des niveaux de lipides, graisses et huiles supérieurs. Une quantité supérieure de Ca dans les membranes cellulaires a un effet neutralisant de l'enzyme pectolytique. Le Si quant à lui augmente la résistance et la force des membranes.

Il pourrait y avoir une combinaison de ces 3 facteurs, ou d'autres facteurs qui nous sont inconnus aujourd'hui, qui explique cette résistance supérieure aux pathogènes aériens, lorsqu'il y a une augmentation des niveaux de lipides.

Les plantes ont besoin d'avoir une communauté de microorganismes active et agressive dans la rhizosphère pour absorber la majorité de leurs nutriments sous forme de métabolites microbiens.

4) Production de PSM à niveaux élevés

Les plantes commencent à produire des niveaux élevés de PSM (métabolites secondaires de la plante) ou huiles essentielles : composés produits comme protection pour la plante face aux attaques d'insectes et maladies → voie immunitaire. Les PSM vont également protéger la plante contre le surpâturage, les rayons UV... Un grand nombre de ces composés ont des caractéristiques antibactériennes et antifongiques prononcées. Les PSM sont des mécanismes de protection de la plante.

Il y a deux voies immunitaires : la résistance systémique acquise (ASR) et la résistance systémique induite (ISR). Ces deux voies peuvent être enclenchées par la biologie = le microbiome végétale, sur la plante comme dans le sol. Elles peuvent aussi être enclenchées par l'application d'agents déclencheurs, qui vont avoir le même effet qu'un vaccin. Ces voies immunitaires sont faites pour être constamment stimulées par les microorganismes symbiotiques bénéfiques de la rhizosphère et de la phyllosphère. Il est possible d'avoir ces réponses immunitaires fonctionnant à des niveaux bien supérieurs à ce qui est accepté / considéré comme normal aujourd'hui, si on commence à gérer les plantes et la biologie différemment.

Ce qu'on observe à ce niveau est que les plantes deviennent plus résistantes à la famille des coléoptères, aux nématodes phyto-pathogènes et virus. On ne sait pas exactement comment cela fonctionne, mais il semblerait qu'à ce stade de santé, les virus deviennent dormants : une plante qui possède un virus n'a pas forcément les caractéristiques physiologiques qui y sont associés et reste ainsi en bonne santé. Le virus ne s'exprime pas.

Pour atteindre ce niveau, les plantes ont besoins d'avoir les microorganismes nécessaires et adéquats dans leur microbiome : dans la rhizosphère et la phyllosphère.

La pyramide de santé est schématique, il n'y a pas de limites bien définies entre les différents niveaux. Il est commun que les niveaux 1 et 2 aient lieu dans le même laps de temps. Si on apporte l'ensemble des éléments nutritifs manquants en une application foliaire, on peut observer un basculement dans la santé de la plante vers les niveaux 1 et 2 en 24 à 48h.

Un effet similaire est observé entre les niveaux 3 et 4 : une fois qu'une très bonne biologie s'est installée et produit des métabolites microbiens que la plante est capable d'absorber, les niveaux 3 et 4 peuvent être atteint quasi simultanément.

Ce phénomène n'est cependant pas continu sur la pyramide : il y a un gap / un basculement entre les niveaux 2 et 3.

Question / réponse :

- En plus d'assurer une bonne nutrition de la plante, que peut-on faire de plus pour améliorer le niveau de santé de la plante ?
 - C'est tout. Il n'y a pas besoin de faire plus que de s'assurer de la bonne nutrition de la plante. Pour J.K. s'assurer de la bonne nutrition de la plante implique automatiquement de s'assurer de la présence de la bonne biologie dans le microbiome et des minéraux.
- Il faut s'assurer de la présence des minéraux dans le profil du sol. On peut avoir tous les microorganismes présents, si la quantité en minéral est trop faible, la plante ne pourra pas en profiter.
- J.K. utilise en foliaire des mélanges de nutriments et des mélanges de composants qui stimulent les réponses immunitaires
- Une plante qui arrive au niveau 4, quel événement la fait rebasculer vers les niveaux inférieurs ?
 - il a été observé qu'une plante peut rechuter à des niveaux inférieurs en cas de stress important sur la biologie de son microbiome, de manière directe (sol saturé en eau pendant plusieurs jours, le milieu devient anaérobie) ou de manière indirecte donc par la plante (températures excessives pendant plusieurs jours et la plante n'est plus capable de photosynthétiser et donc d'alimenter la biologie du sol)
- Est-ce que la diversité de la biologie pour les niveaux 3 et 4 est plus importante que la présence d'espèces spécifiques ?
 - De manière générale, oui. Il y a tellement qu'on ignore sur la biologie. Ce qu'on comprend est que la diversité est plus importante. Il y a des champignons (mycorhizes...) ou bactéries où on est sûr qu'ils sont essentiels mais il doit y en avoir tellement plus qui sont importants que la diversité est indispensable.