

Impact des pratiques agricoles sur l'équilibre pH-Eh à l'échelle du système plante/sol

Présentation tirée de l'intervention de Monsieur HUSSON Olivier (Cirad)

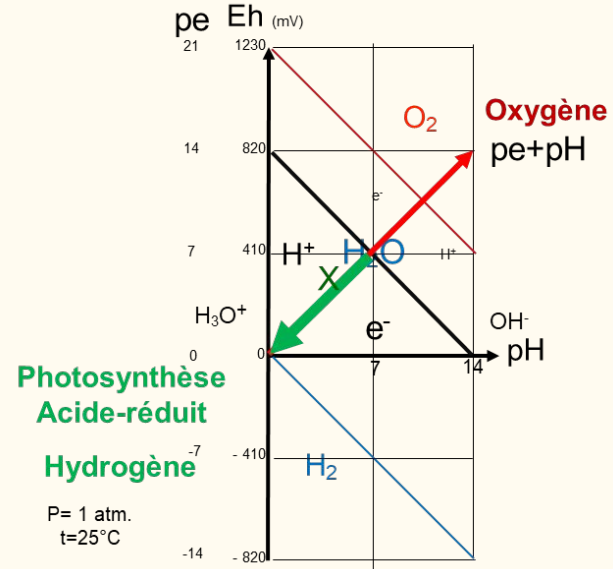
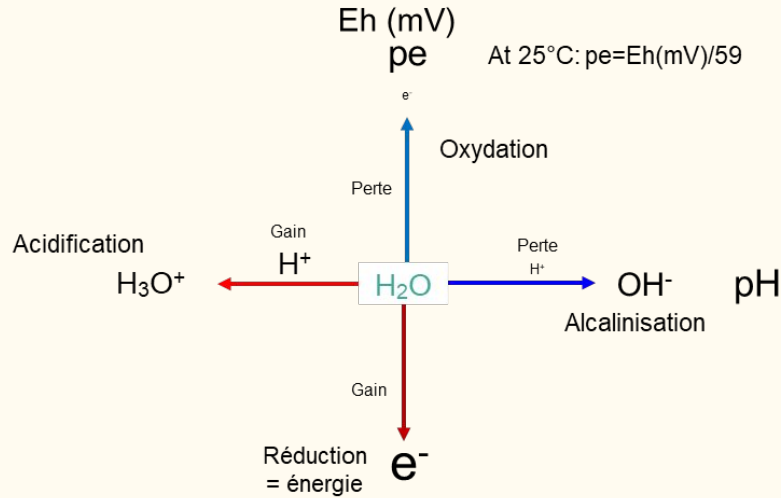
Rodrigo SCHIFINI
Enzo ANDEL



BORDEAUX
SCIENCES
AGRO

I - Les mécanismes du pH et de l'Eh

La croix de l'équilibre ph-redox



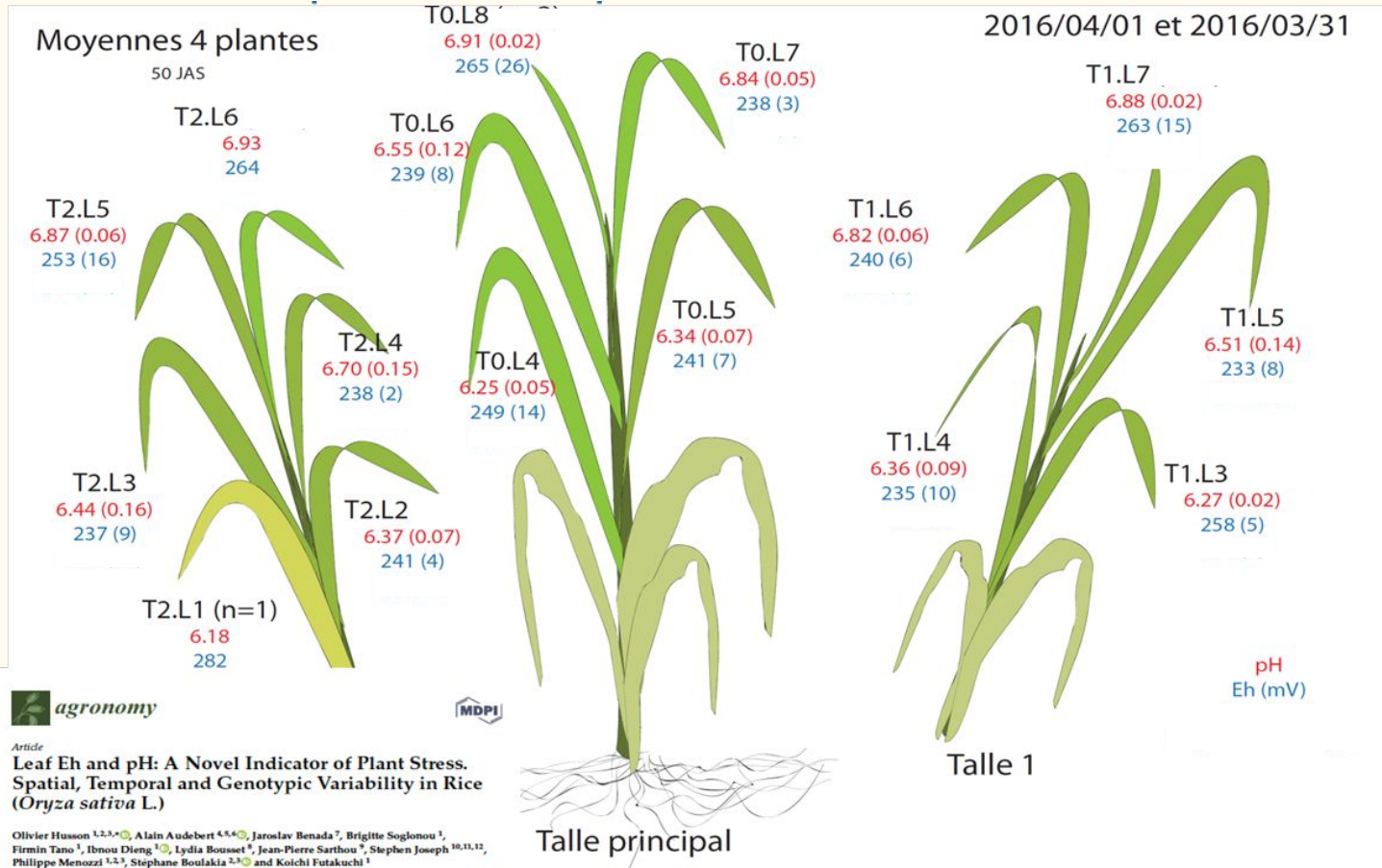
Définition de l'origine:
 $pH = 0 - Eh = 0$

Naturellement:
 évolution à 45°

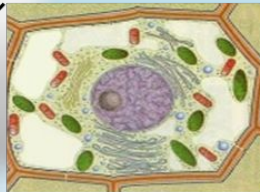
$Pe + pH = \text{constante}$

II - le système plante / sol, l'Eh-pH dans ses composantes

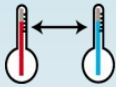
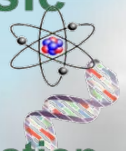
Différents équilibres en fonction de l'organe et de la phénologie



Compartmentation
Eh-pH (Tissus)



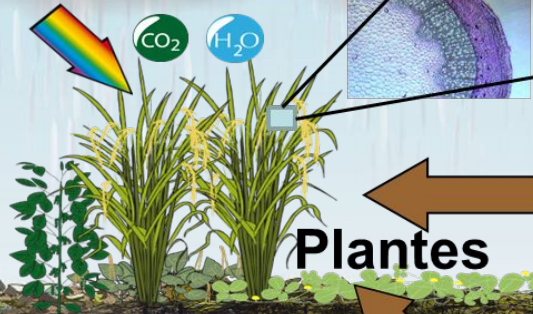
Homéostasie
Tampons
Transcription
Compartmentation
Eh-pH (Cellule)



Stress Abiotique
Stress Biotique



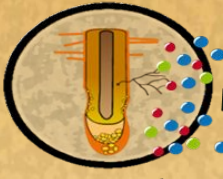
Plantes



Microflore



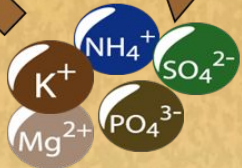
Racines



Eh-pH (Rhizo.)

Eh-pH (sol)

Fluctuations

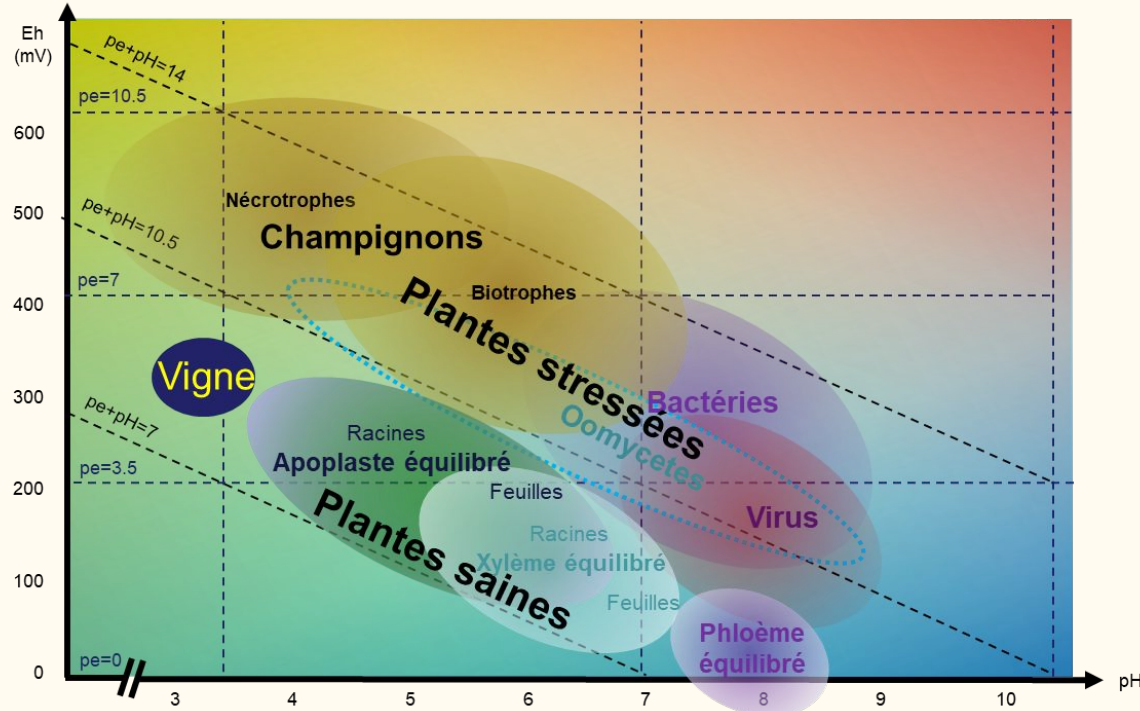


Conditions optimales d'Eh-pH pour les organes végétaux et certains de leurs pathogènes

Un concept qui repose sur quatre constats (> 5 000 articles), nous avons vu les 3 premiers :

- Les différentes parties des plantes correspondent à des niches Eh-pH variables
- Chaque organisme a un domaine pH-Eh optimal spécifique. Dont les bioagresseurs
- Les conditions Eh-pH des sols impactent celles des plantes et vice versa.

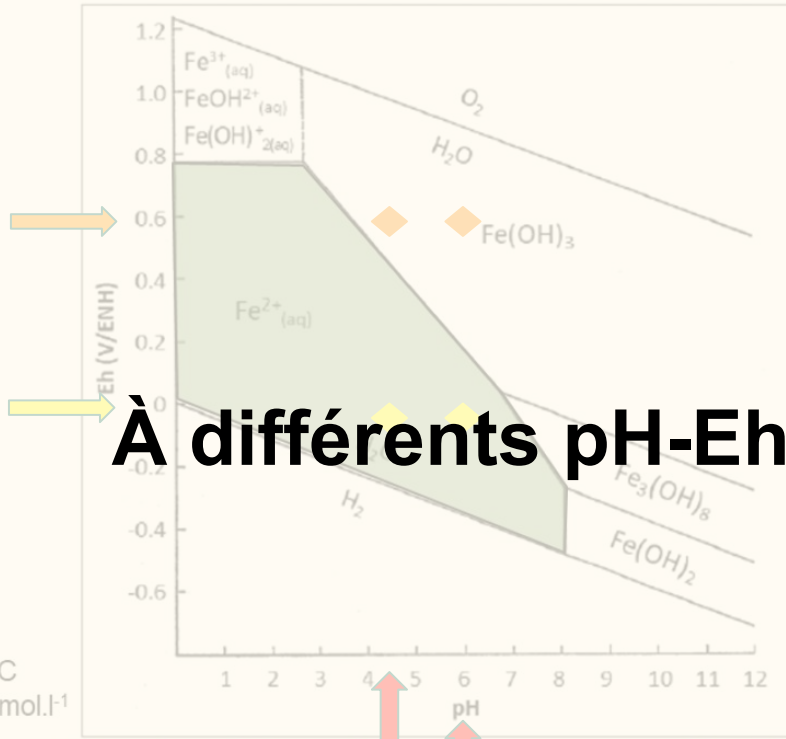
Une hypothèse : La santé des systèmes vivants repose en grande partie sur leur équilibre pH – Eh



III - La fertilisation et les pratiques culturales, quel impact sur les équilibres Eh-pH ?

Une grande hypothèse :

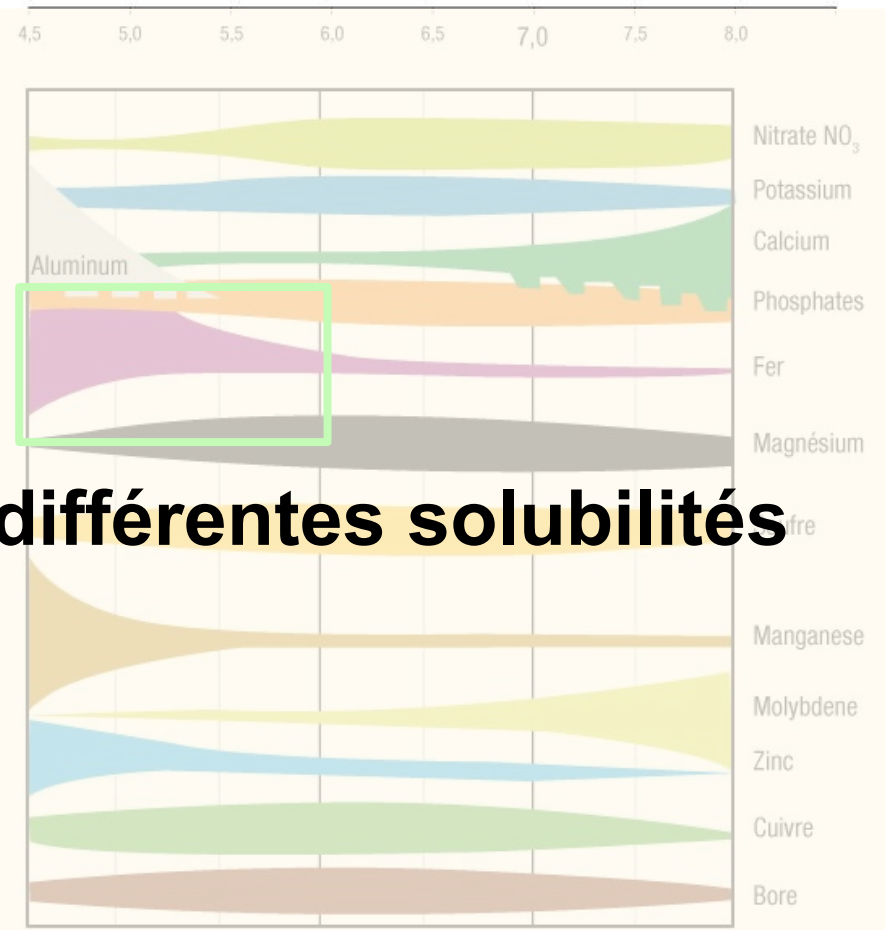
Les stress environnementaux (biotiques et abiotiques)
et les pratiques culturales (dont la fertilisation)
impactent Eh-pH des sols et des plantes



À différents pH-Eh, différentes solubilités

Diagramme de Pourbaix du fer tracé par Pourhamperuma et al. (1967).

$\text{Fe}(\text{OH})_3 - \text{Fe}_3(\text{OH})_8 - \text{Fe}^{2+}$



Exemple de l'absorption du fer par les plantes

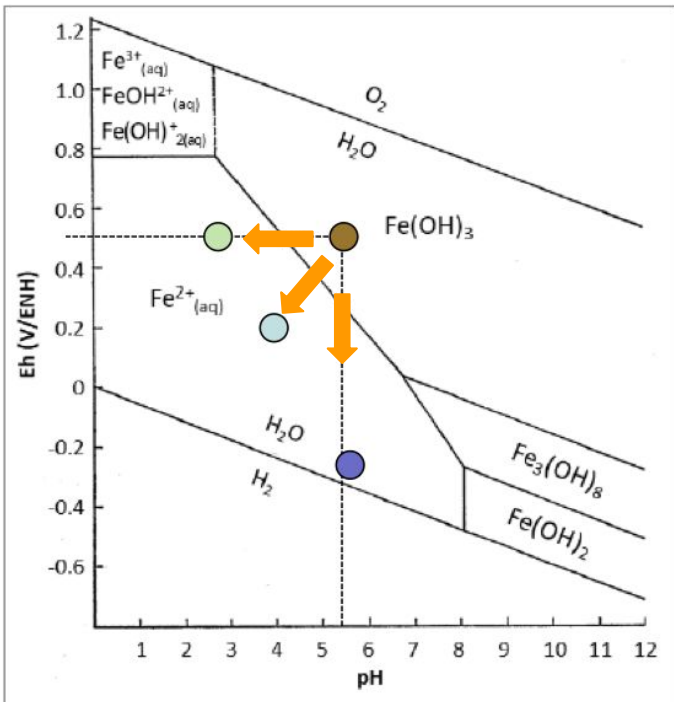


Diagramme de Pourbaix du fer tracé par Ponnamperuma et al. (1967).
 $Fe(OH)_3 - Fe_3(OH)_8 - Fe^{2+}$

Diagramme de Pourbaix

Pourbaix, M.J.N. 1945. Thermodynamique des solutions aqueuses diluées. Représentation graphique du rôle du pH et du Potentiel. PhD Thesis Delft.

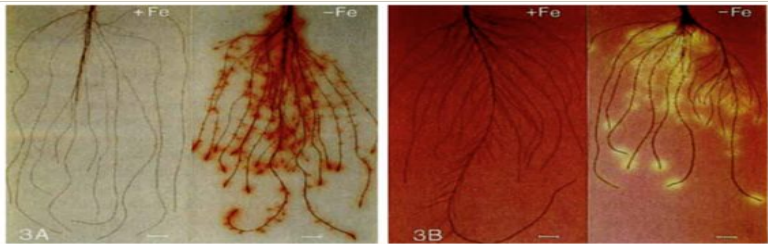


Figure 3: Iron deficiency-induced changes in the rhizosphere of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) (see Marschner et al., 1982 for further details of the method). *A* – increase in the capacity of roots to reduce Fe^{III} by a plasma membrane-bound reductase. Roots were embedded in agar with $Fe^{III}EDTA$ and BPDS (4,6-di(4-phenylsulfate)1,10-phenanthroline). Left, control plant (Fe sufficient); right, Fe deficient plant with formation of red colored $Fe^{II}(BPDS)_3$ around the apical root zones. *B* – increase in the capacity of roots to acidify the rhizosphere from enhanced H^+ net extrusion. Roots were embedded in agar with bromocresol purple and a complete nutrient solution at pH 6.0 (N as nitrate was used). Left, control plant (Fe sufficient); right, Fe deficient plant with distinct acidification of the rhizosphere (yellow areas pH 4.0) around apical root zones. Bar = 1 cm.

Marschner et al, 1986

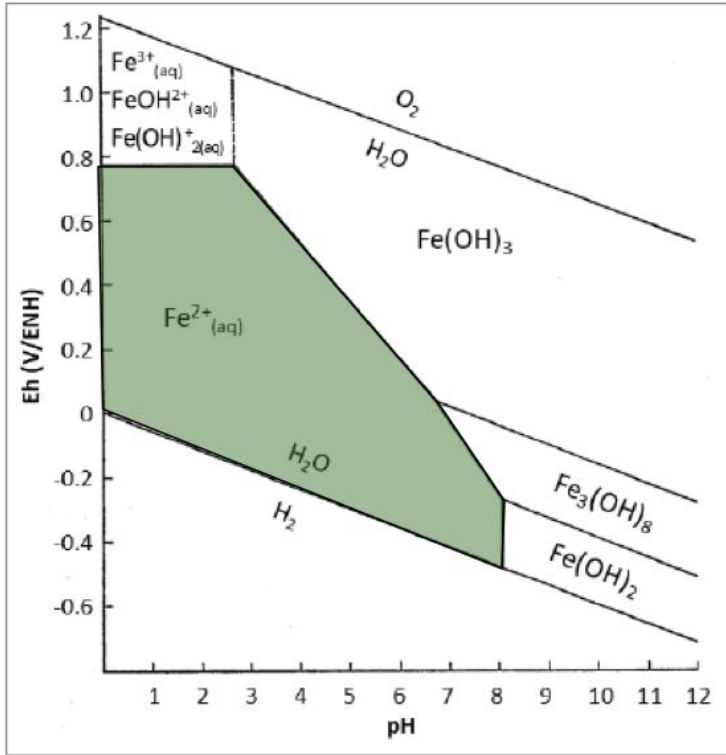
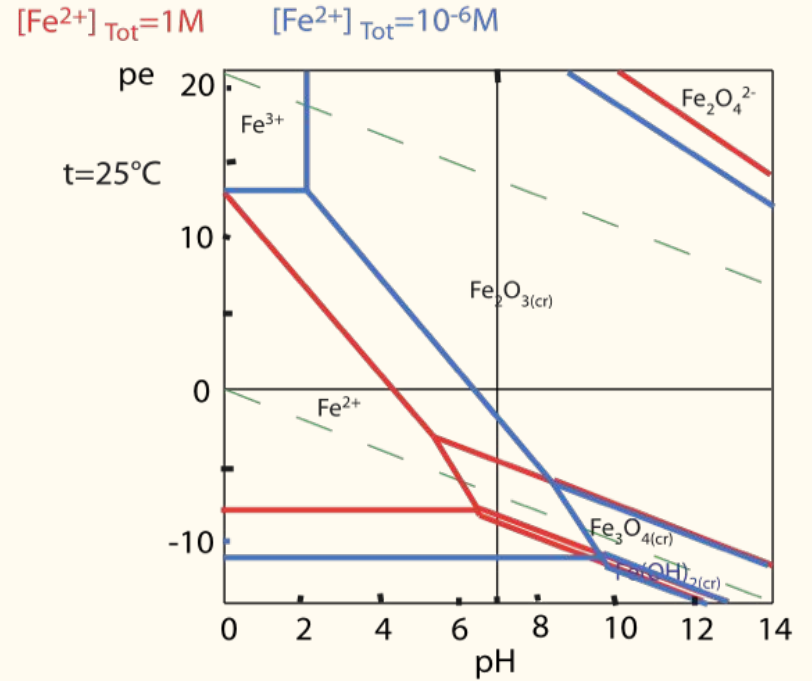


Diagramme de Pourbaix du fer tracé par Ponnampetuma et al. (1967).
 $\text{Fe(OH)}_3 - \text{Fe}_3(\text{OH})_8 - \text{Fe}^{2+}$



Ce qu'il faut retenir...

- La solubilité des éléments varient non seulement en fonction du pH mais aussi du potentiel redox et de la concentration de cet élément dans les compartiments du sol
- Il faut évaluer les autres éléments qui peuvent bloquer l'élément en carence pour savoir si c'est une carence vraie (manque de cet élément dans le sol) ou une carence induite (blocage par un élément antagoniste ou conditions de solubilité défavorables)
- Solution/Stratégie possible : fertilisation foliaire

Nutrition azotée des plantes

La forme des éléments (fonction de Eh-pH) impacte leur solubilité et leur absorption

Problèmes liés à l'absorption de NH_4^+ :

Métabolisation de NH_4^+ libère des H^+

→ Molécule antagoniste de l'absorption de Ca^{2+}
et de Mg^{2+}

Baisse du pH → Sol acide

Taux trop élevé = toxicité

Pas mobile → Coûts énergétiques de
prospection élevés

Problèmes liés à l'absorption de NO_3^- :

Métabolisation de NO_3^- libère OH^-

→ Respiration racinaire augmentée de 10-15%
pour absorber et transformer NO_3^-

Coût énergétique pour produire des AA : + 15%

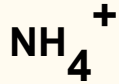
Augmentation du pH → Sol Alcalins

Efficiencce de l'eau réduite

Impact sur la santé des plantes riches en nitrate

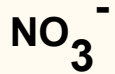
Les stress environnementaux (biotiques et abiotiques) et les pratiques culturales impactent Eh-pH des sols et des plantes

Impacts de la forme d'azote sur la Eh-pH des plantes et sensibilité aux bioagresseurs



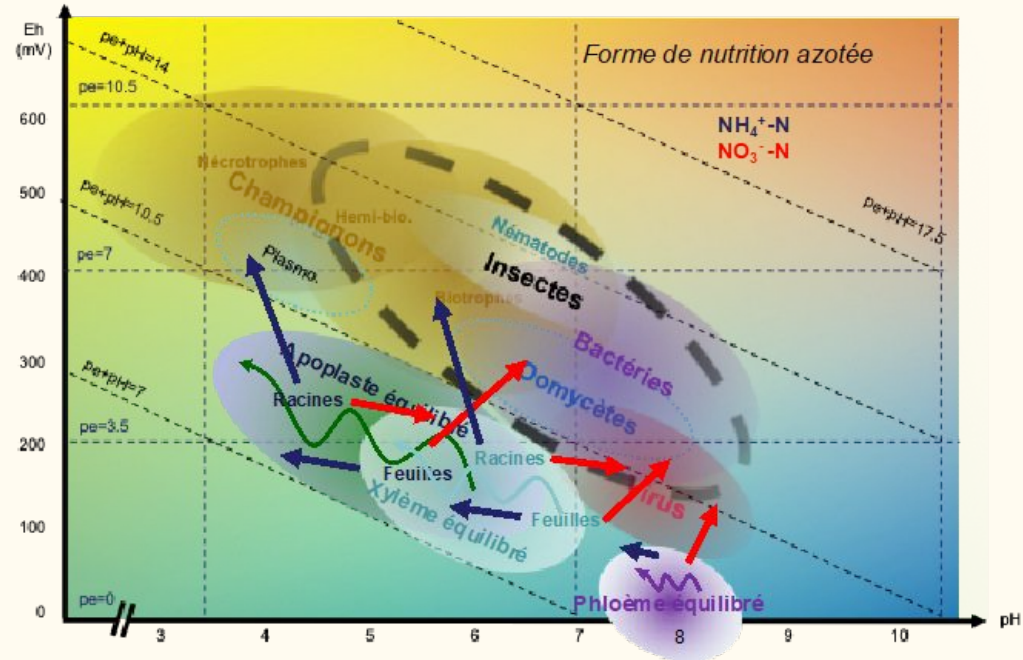
favorise les champignons des racines
(souvent nécrotrophes)

défavorise les champignons aériens, les
bactéries et les virus aériens



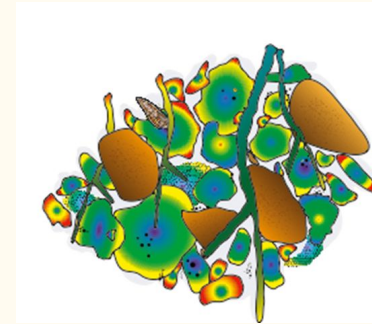
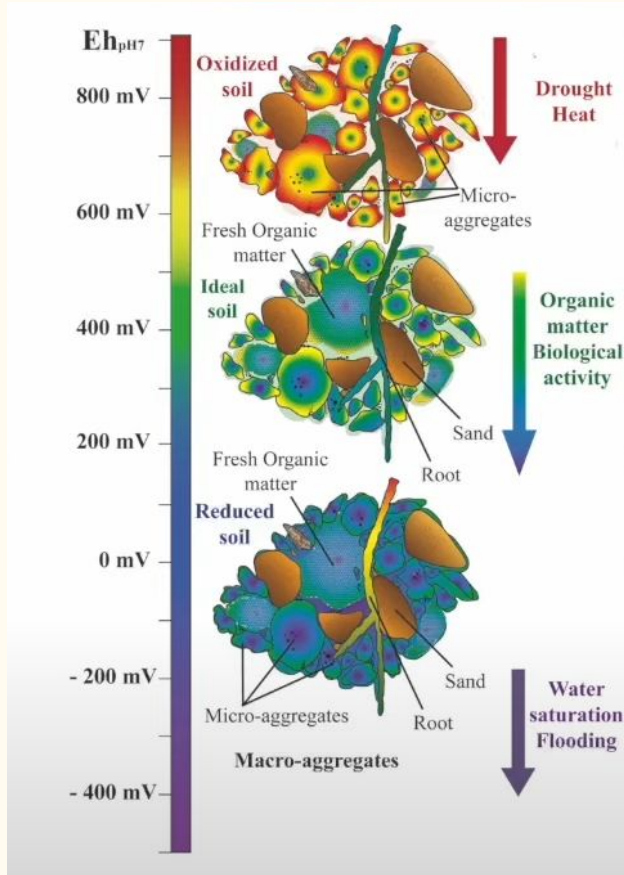
favorise les champignons, les bactéries et
les virus aériens

défavorise les champignons des racines
(souvent nécrotrophes)

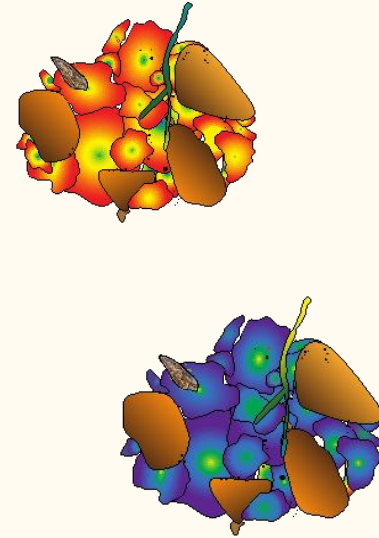


Il faut regarder le type de pathogène, les points d'entrée, les niveaux de déséquilibres, la période, les espèces, ... 15

La structure du sol, autre levier pour un équilibre Eh-pH optimal



VS



Tous les stress conduisent à une oxydation (perte d'énergie pour leur régulation)

Toute l'énergie du système (plante-sol) vient de la photosynthèse

Cela **déclenche un effet “boule de neige”** car l'énergie passée à la régulation (oxydation) n'est plus disponible pour la croissance ⇒ baisse de la photosynthèse

Baisse de la photosynthèse ⇒ Baisse de croissance, de rendement, fragilisation de la plante. Cela déclenche un cercle vicieux.

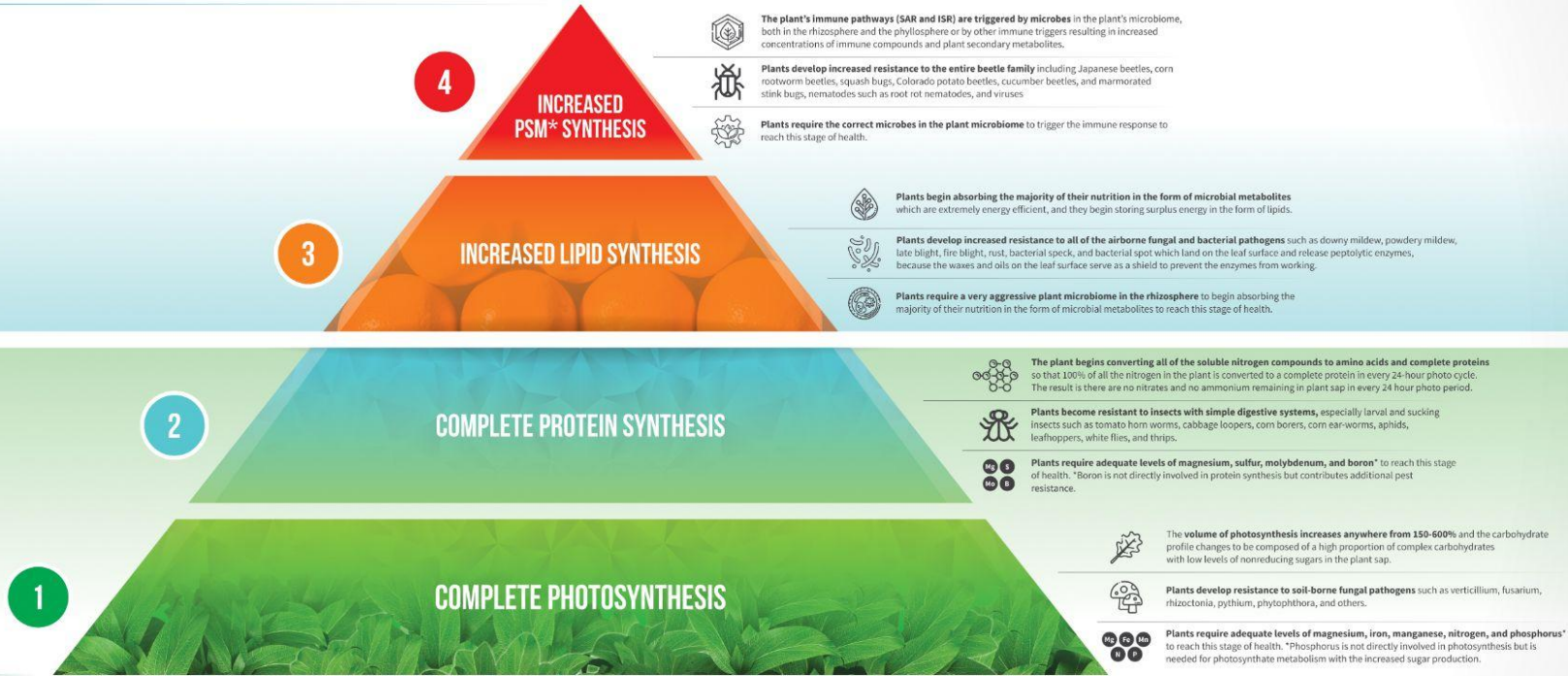
La **fragilisation de la plante**, sous entendu baisse de l'activité enzymatique, la rend alors encore plus vulnérable.

***⇒ Nécessité de considérer la nutrition de manière dynamique
autant du point de vue temporel que spatiale***

PLANT HEALTH PYRAMID

The upper 2 levels are **active immunity** and based on **vigorous biology**.

The lower 2 levels are **passive immunity** and based on **balanced chemistry**.



“Healthy plants can become completely resistant to diseases and insects.”

- John Kempf -



The plant's immune pathways (SAR and ISR) are triggered by microbes in the plant's microbiome, both in the rhizosphere and the phyllosphere or by other immune triggers resulting in increased concentrations of immune compounds and plant secondary metabolites.



Plants develop increased resistance to the entire beetle family including Japanese beetles, corn rootworm beetles, squash bugs, Colorado potato beetles, cucumber beetles, and marmorated stink bugs, nematodes such as root rot nematodes, and viruses



Plants require the correct microbes in the plant microbiome to trigger the immune response to reach this stage of health.



Plants begin absorbing the majority of their nutrition in the form of microbial metabolites which are extremely energy efficient, and they begin storing surplus energy in the form of lipids.



Plants develop increased resistance to all of the airborne fungal and bacterial pathogens such as downy mildew, powdery mildew, late blight, fire blight, rust, bacterial speck, and bacterial spot which land on the leaf surface and release peptolytic enzymes, because the waxes and oils on the leaf surface serve as a shield to prevent the enzymes from working.



Plants require a very aggressive plant microbiome in the rhizosphere to begin absorbing the majority of their nutrition in the form of microbial metabolites to reach this stage of health.



The plant begins converting all of the soluble nitrogen compounds to amino acids and complete proteins so that 100% of all the nitrogen in the plant is converted to a complete protein in every 24-hour photo cycle. The result is there are no nitrates and no ammonium remaining in plant sap in every 24 hour photo period.



Plants become resistant to insects with simple digestive systems, especially larval and sucking insects such as tomato horn worms, cabbage loopers, corn borers, corn ear-worms, aphids, leafhoppers, white flies, and thrips.



Plants require adequate levels of magnesium, sulfur, molybdenum, and boron* to reach this stage of health. *Boron is not directly involved in protein synthesis but contributes additional pest resistance.



The volume of photosynthesis increases anywhere from 150-600% and the carbohydrate profile changes to be composed of a high proportion of complex carbohydrates with low levels of nonreducing sugars in the plant sap.



Plants develop resistance to soil-borne fungal pathogens such as verticillium, fusarium, rhizoctonia, pythium, phytophthora, and others.



Plants require adequate levels of magnesium, iron, manganese, nitrogen, and phosphorus to reach this stage of health. *Phosphorus is not directly involved in photosynthesis but is needed for photosynthate metabolism with the increased sugar production.