



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Sol et santé des plantes.

Protons (pH) et électrons (Eh=potentiel redox) au cœur du fonctionnement des systèmes sols-plantes-microorganismes

Séminaire sols viticoles et changement climatique- Projet Laccave
24/11/2021, Domaine du Chapitre, Villeneuve-lès-Maguelone

Olivier Husson

UPR AIDA, Equipe PROSE

Olivier.husson@cirad.fr



Eh-pH et santé des sols et des plantes

Plant Soil (2013) 362:389–417
DOI 10.1007/s11104-012-1429-7

REVIEW ARTICLE

Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy

Olivier Husson

Soil & Tillage Research 176 (2018) 57–68

Contents lists available at ScienceDirect
Soil & Tillage Research
journal homepage: www.elsevier.com/locate/still

Research paper

Conservation Agriculture systems alter the electrical characteristics (Eh, pH and EC) of four soil types in France



Olivier Husson^{a,*}, Alexandre Brunet^a, Daniel Babre^b, Hubert Charpentier^d, Michel Durand^e, Jean-Pierre Sarthou^f

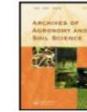
Analytica Chimica Acta 996 (2018) 99–109

Contents lists available at ScienceDirect
Analytica Chimica Acta
journal homepage: www.elsevier.com/locate/aca

Practical improvements in soil redox potential (Eh) measurement for characterisation of soil properties. Application for comparison of conventional and conservation agriculture cropping systems



Olivier Husson^{a,*}, Benoit Husson^b, Alexandre Brunet^c, Daniel Babre^c, Karine Alary^c, Jean-Pierre Sarthou^d, Hubert Charpentier^e, Michel Durand^f, Jaroslav Benada^g, Marc Henry^h



Archives of Agronomy and Soil Science

ISSN: 0365-0140 (Print) 1476-3567 (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03650140.2012.711042>

Article Leaf Eh and pH: A Novel Indicator of Plant Stress. Spatial, Temporal and Genotypic Variability in Rice (*Oryza sativa* L.)

Olivier Husson^{1,2,3,*}, Alain Audebert^{4,5,6}, Jaroslav Benada⁷, Brigitte Soglonou¹, Firmin Tano¹, Ibtou Dieng¹, Lydia Bousset⁸, Jean-Pierre Sarthou⁹, Stephen Joseph^{10,11,12}, Philippe Menozzi^{1,2,3}, Stéphane Boulakia^{2,3} and Koichi Futakuchi¹

Effects of soil redox potential (Eh) and pH on growth of sunflower and wheat

Hédoum Conté, Alio Conant, Ludovic Dalauret, Olivier Husson, Robin Baskin



agronomy



Article Spatial and Temporal Variability of Soil Redox Potential, pH and Electrical Conductivity across a Toposequence in the Savanna of West Africa

Chemosphere xxx (2018) xxx–xxx

Contents lists available at ScienceDirect
Chemosphere
journal homepage: www.elsevier.com

Designing biochar properties through the blending of biomass feedstock with metals: Impact on oxyanions adsorption behavior

Alba Dieguez-Alonso^{a,*}, Andrés Anca-Couce^a, Vladimír Fríták^b, Eduardo Moreno-Jiménez^b, Markus Bacher^c, Thomas Bucheli^d, Giulia Cimò^e, Pellegrino Conte^f, Nikolas Hagemann^g, Andreas Halle^h, Isabel Hilberⁱ, Olivier Husson^j, Claudia I. Kammann^k, Norbert Kienzl^l, Jens Leifeld^m, Thomas Rosenauⁿ, Gerhard Soja^o, Hans-Peter Schmidt^p

Science of the Total Environment 713 (2020) 136431

Contents lists available at ScienceDirect
Science of the Total Environment
journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Biochar-based fertilizer: Supercharging root membrane potential and biomass yield of rice

Jinkiat Chew^a, Longlong Zhu^a, Shaun Nielsen^b, Ellen Graber^c, David R.G. Mitchell^d, Joseph Horvat^e, Mohamad Mohammed^f, Minglong Liu^g, Lukas van Zwieteren^h, Scott Donneⁱ, Paul Munroe^j, Sarasadat Taherymoozavi^k, Ben Pace^l, Aditya Rawal^m, James Hookⁿ, Chris Marjo^o, Donald S. Thomas^l, Genxing Fan^a, Liangqing Li^a, Rongtun Bian^a, Anna McBeath^b, Michael Bird^b, Torsten Thomas^b, Olivier Husson^{l,m,n}, Zakaria Solaiman^o, Stephen Joseph^{a,b,p}, Xiaorong Fan^{a,q}

Contents lists available at ScienceDirect
Fungal Biology
journal homepage: www.elsevier.com/locate/funbio

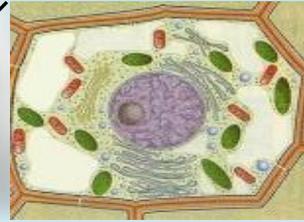
A method to measure redox potential (Eh) and pH in agar media and plants shows that fungal growth is affected by and affects pH and Eh
Lydia Bousset^{a,*}, Magali Ermel^a, Brigitte Soglonou^b, Olivier Husson^{b,c,d}

REVIEW ARTICLE

Soil and plant health in relation to dynamic s of Eh and pH homeostasis: A review

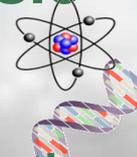
Olivier Husson^a, Jean-Pierre Sarthou^b, Lydia Bousset^c, Alain Ratn John Kempf^d, Benoit Husson^e, Sophie Tingry^b, Jean-Noël Aubertot^d, François-Régis Goebel^b, Jay Ram Lamichhane^b

Compartmentation Eh-pH (Tissus)



Homéostasie

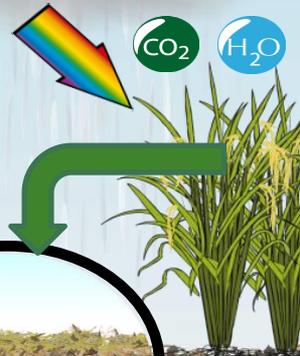
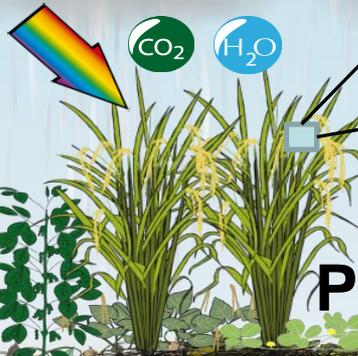
- Tampons
- Transcription
- Compartmentation



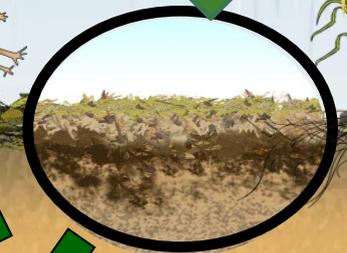
Régulation

Eh-pH (Cellule)

- Stress Abiotiques (<= crise climatique)
- Stress Biotiques



Plantes

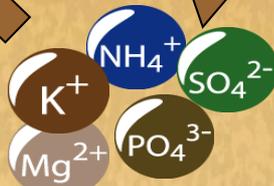


Microflore



Eh-pH (sol)

- Fluctuations (<= crise climatique)



Matière Organique



Eh-pH (Rhizo.)

Racines

Un concept très simple qui repose sur quatre constats (>5 000 articles) :

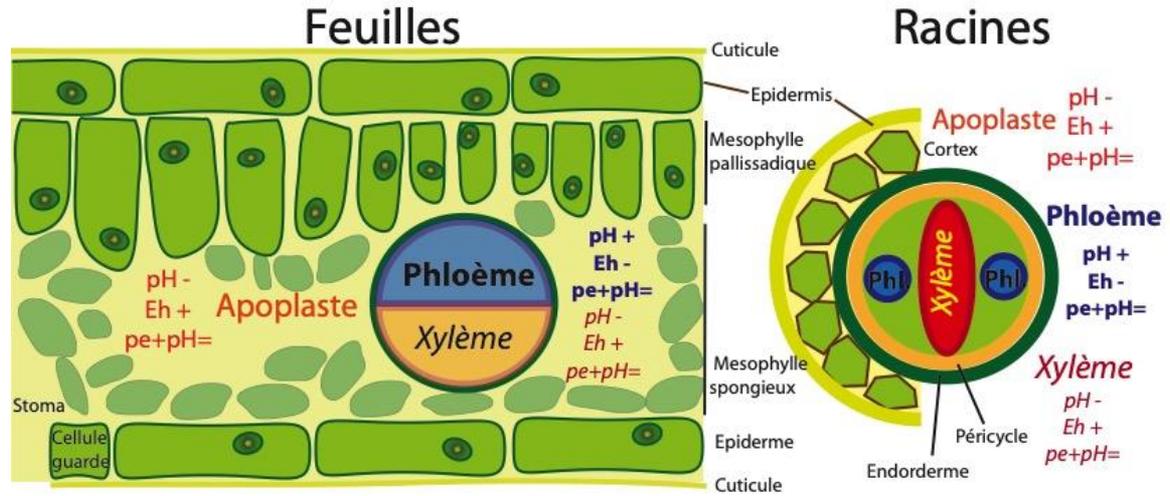
La santé des systèmes vivants repose très largement sur leur homéostasie (équilibre) pH (protons) – Eh (électrons)

1. Les différentes parties des plantes correspondent à des niches Eh-pH variables dans l'espace et le temps, et fonction du génotype (espèce et variété)
 2. Chaque organisme a un domaine pH-Eh optimal spécifique. Les pathogènes et pestes se développent dans des niches Eh-pH étroites
 3. Les conditions Eh-pH des sols impactent la nutrition et l'homéostasie Eh-pH des plantes ⇔ Plantes+microorganismes modifient Eh-pH du sol
 4. Les stress environnementaux (biotiques et abiotiques) et les pratiques culturales impactent Eh-pH des sols et des plantes : en augmentation - CC
- UNE Hypothèse: Les bioagresseurs attaquent les plantes déséquilibrées, quand ils rencontrent des conditions Eh-pH qui leurs sont favorables

1. Variabilité (« Niches ») Eh-pH dans les plantes

Les feuilles (lieu de la photosynthèse) sont plus acides et réduites que les racines (ASC/DAH et GSH/GSSG plus bas). Tiges: intermédiaire. Gradient dans la plante, évolution avec l'heure et l'âge. Génotype.

Le phloème est alcalin et réduit, et très régulé: pH 7,5-8,5. maintient d'un gradient de protons pour charger en sucre (pompes sucrose-H⁺). Chargé en sucre, acides aminés etc (CE élevée)

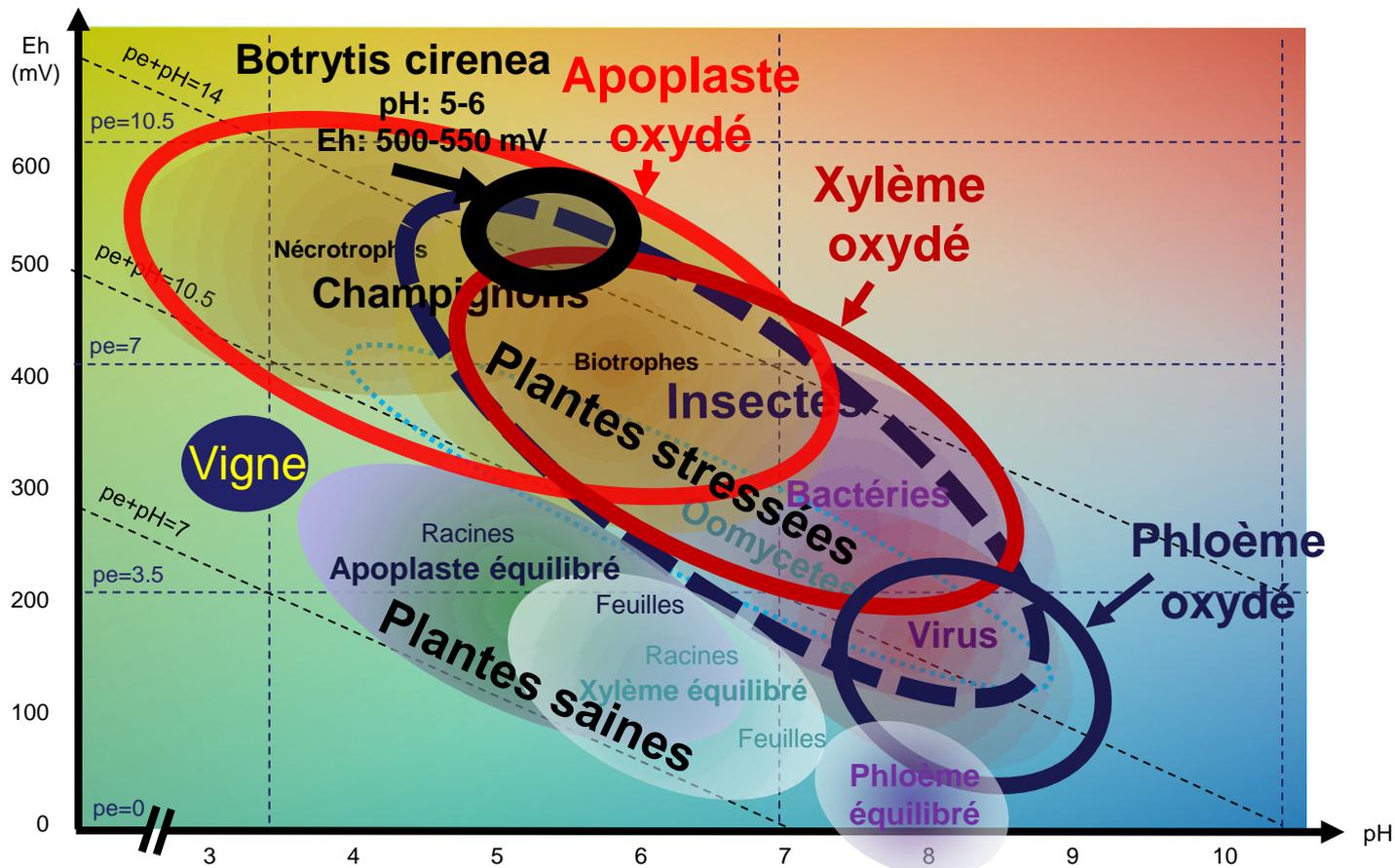


Régulation du pH:
pompes H⁺-ATP
 => oxydation

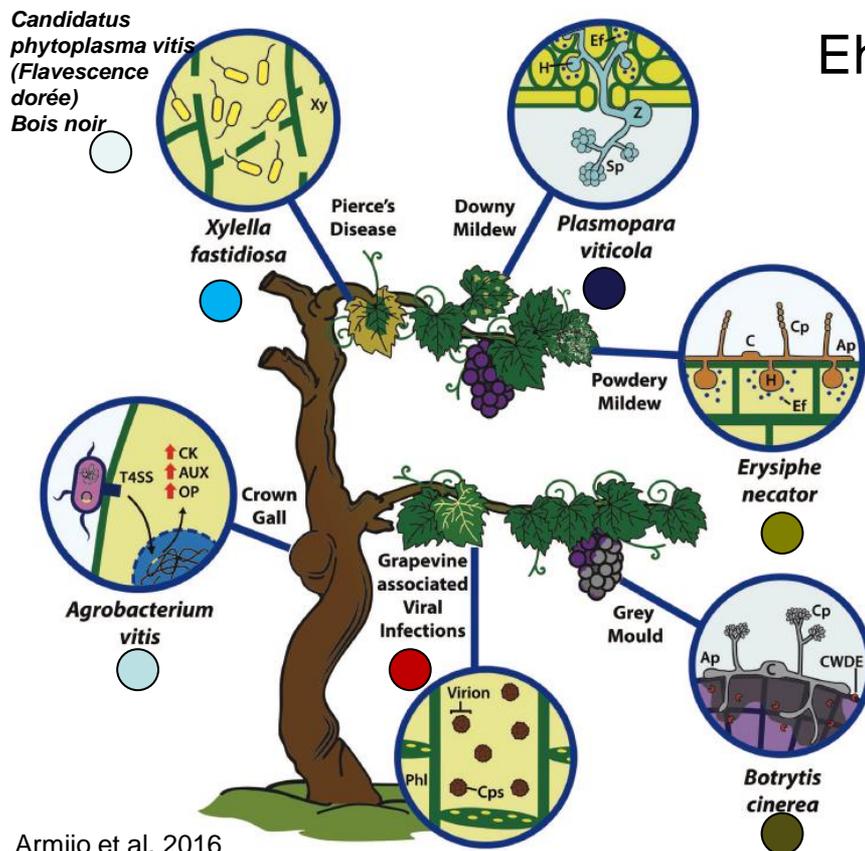
Le xylème est beaucoup moins tamponné, à pH plus acide (5,0-6,0) et plus oxydé, CE plus basse. Mais fortes variations avec les conditions extérieures

Apoplaste: très peu tamponné (cellule très tamponné, cytoplasme à pH 7,3)

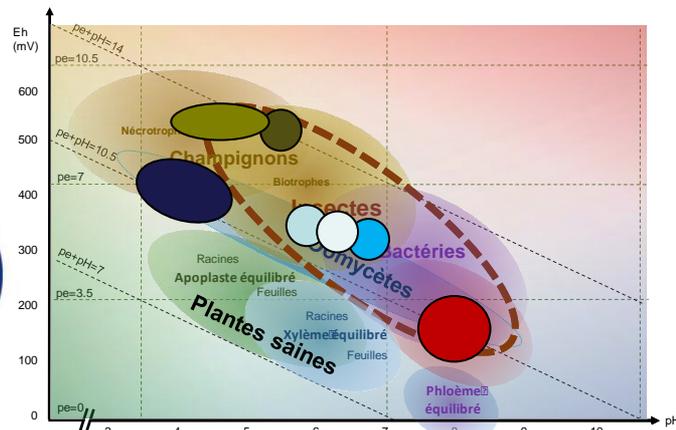
2. Conditions Eh-pH optimales de développement des bioagresseurs



2. Conditions Eh-pH optimales de développement des bioagresseurs

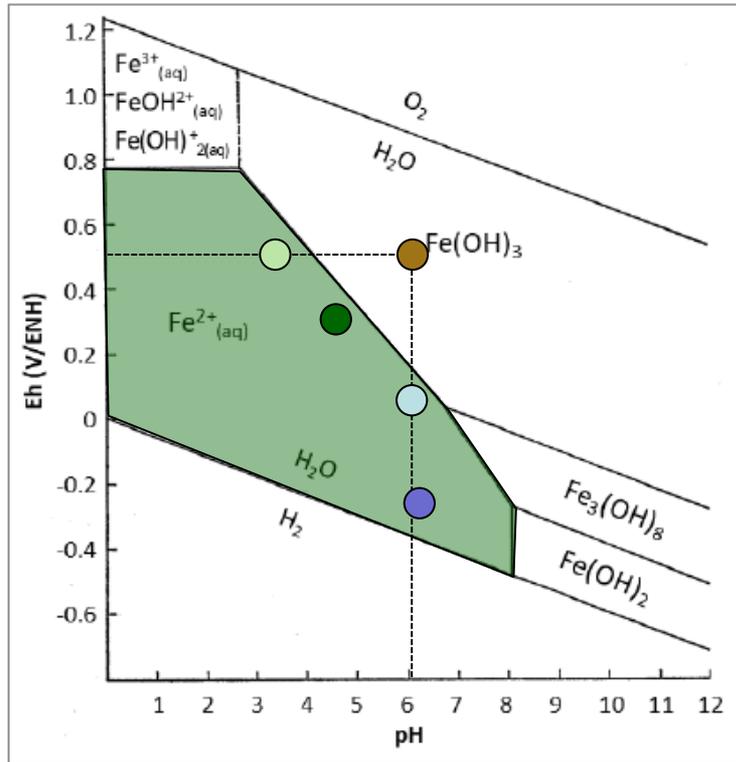


Eh-pH et pathogènes de la vigne



Armijo et al, 2016

3. Les conditions Eh-pH des sols impactent la nutrition et l'homéostasie Eh-pH des plantes ↔ Plantes+microorganismes modifient Eh-pH du sol



t=25°C
[Fe]= 10⁻⁶mol.l⁻¹

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



Marschner et al, 1986

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.

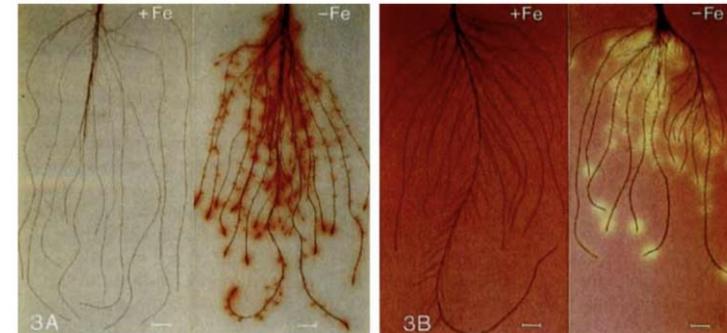
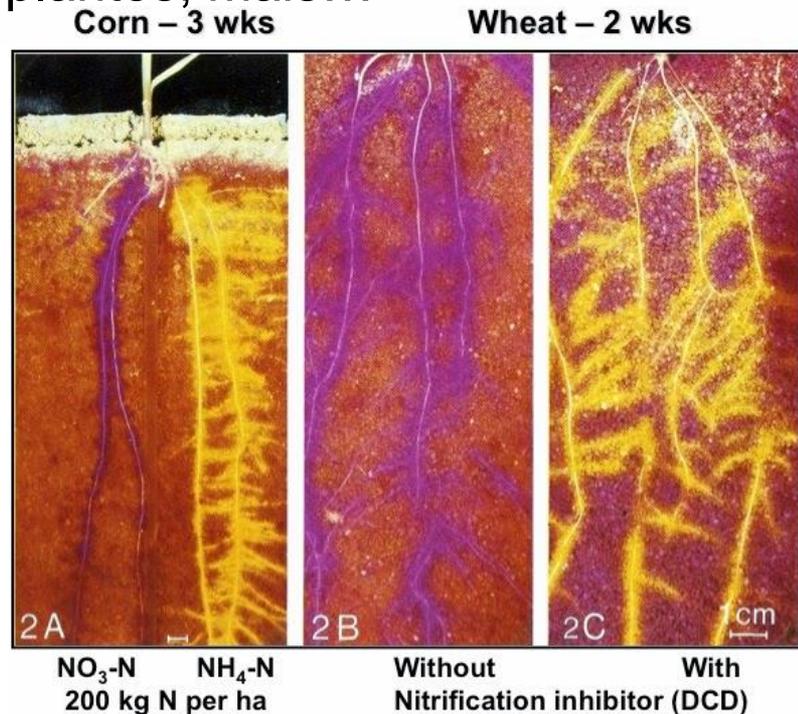
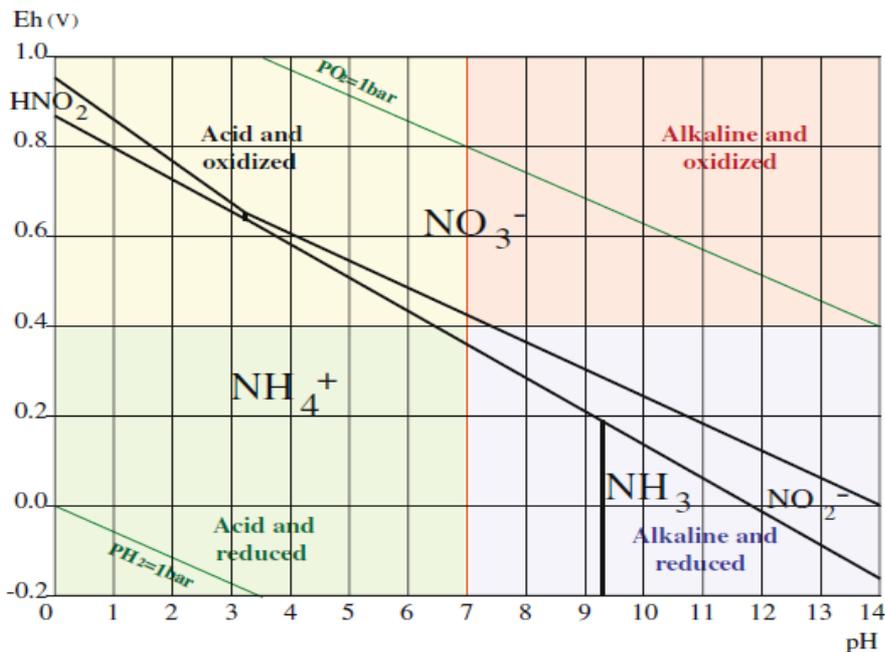


Figure 3: Iron deficiency-induced changes in the rhizosphere of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) (see Marschner et al., 1982 for further details of the method). *A* – increase in the capacity of roots to reduce Fe^{III} by a plasma membrane-bound reductase. Roots were embedded in agar with $\text{Fe}^{\text{III}}\text{EDTA}$ and BPDS (4,6-di(4-phenylsulfate)1,10-phenanthroline). Left, control plant (Fe sufficient); right, Fe deficient plant with formation of red colored $\text{Fe}^{\text{II}}(\text{BPDS})_3$ 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.

3. Les conditions Eh-pH des sols impactent la nutrition et l'homéostasie Eh-pH des plantes ↔ Plantes+microorganismes modifient Eh-pH du sol

Nutrition azotée des plantes

NO_3^- et NH_4^+ sont assimilables par les plantes, mais...



Marschner H 1995 *Mineral nutrition of higher plants*. Academic press Publishing.

Marschner et al, 1986

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

Interactions Génotype x Environnement x Pratiques x Bioagresseurs

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

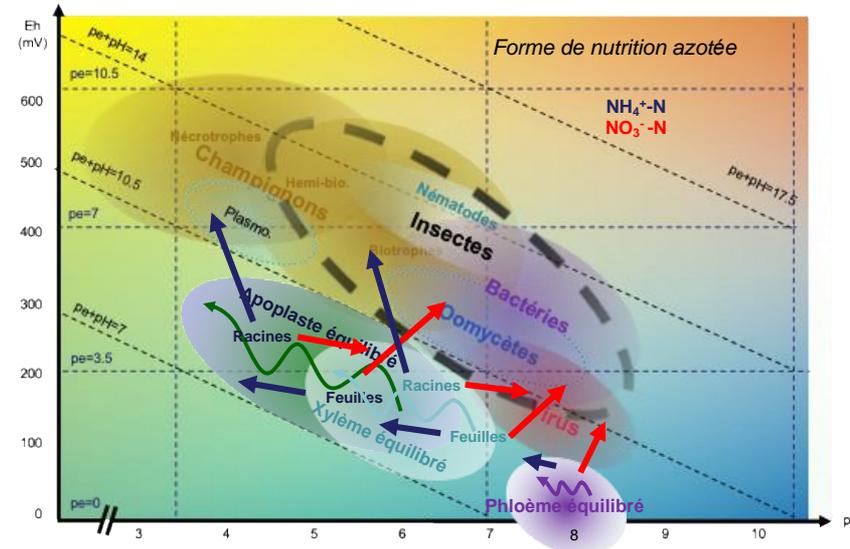
Huber, 1989, Datnoff et al, 2007

NH_4^+ : **favorise** les champignons des racines (souvent nécrotrophes) : *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Amilaria*, *Cercospora*, *Sclerotinium*, et certains oomycetes (*Phytophthora*), **défavorise** les champignons aériens (*Verticillium*, *Botrytis*, *Ramularia*, etc), les virus et les bactéries aérien.ne.s

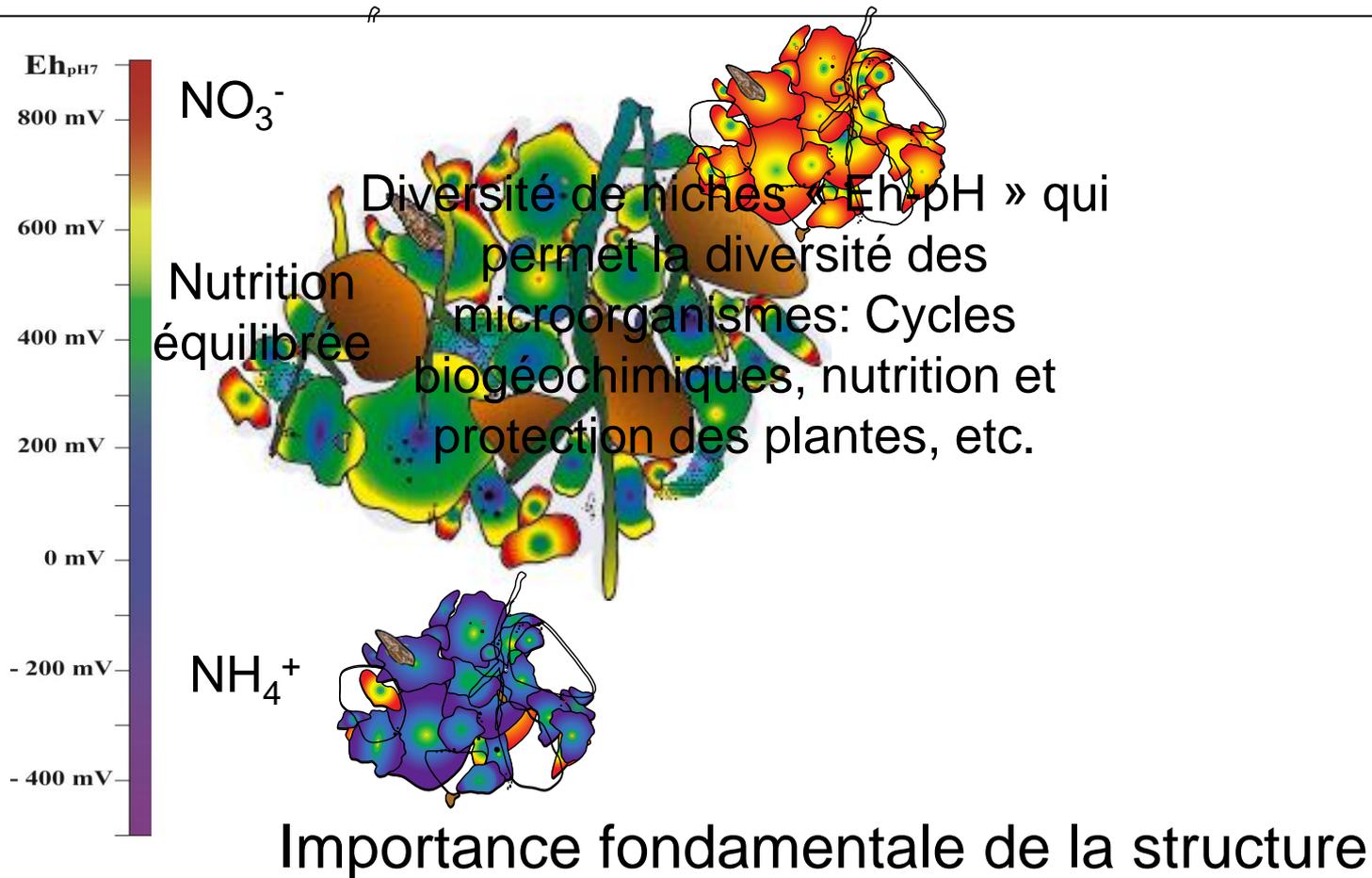
NO_3^- : **favorise** les champignons aériens (*Verticillium*, *Botrytis*, *Ramularia*, etc), certains oomycetes (*Pythium*) les virus et les bactéries aérien.ne.s

défavorise les champignons des racines (souvent nécrotrophes) : *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Amilaria*, *Cercospora*, *Sclerotinium*,

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

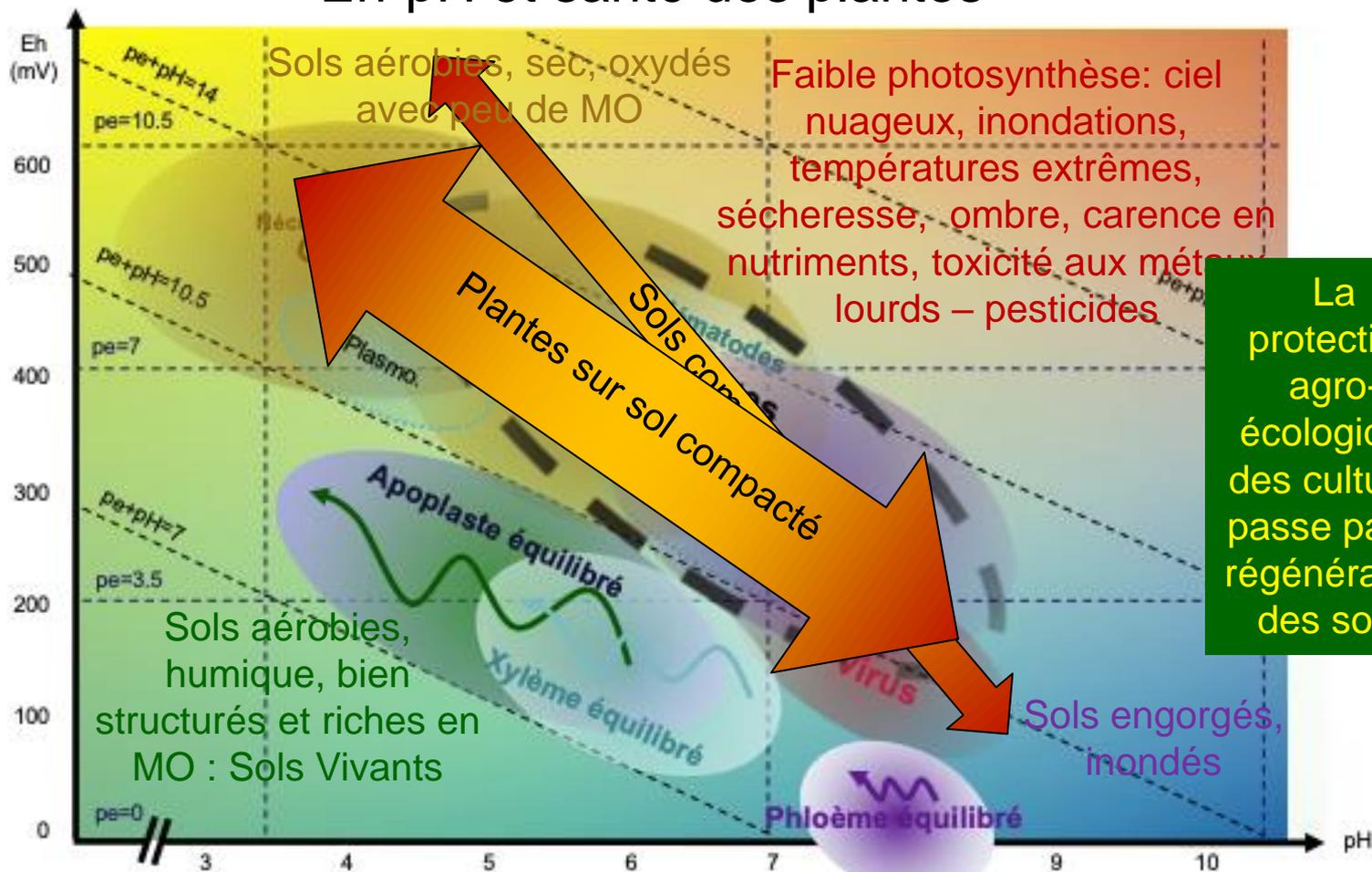


4. Les stress environnementaux (biotiques et abiotiques) et les pratiques culturales impactent Eh-pH des sols et des plantes



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

Eh-pH et santé des plantes



La protection agro-écologique des cultures passe par la régénération des sols!

Sols sains pour plantes saines?

Photosynthèse



Mais pas de sol sain sans plantes!

Sol dégradé

Fortes fluctuations de Eh-pH

Microbiote du sol
Faible biodiversité

Pathogènes > favorables

Microbiote de la rhizosphère

Microbiote de la phyllosphère
Niches Eh-pH

Apports de biomasse

Forte biodiversité

Macrofaune

Eh-pH Tamponné

Structure

Nutrition

Santé

Large gamme de niches Eh-pH

Augmentation de la production

Photosynthèse améliorée



Forts apports de biomasse

Exsudation forte

Forte activité biologique

Forte biodiversité

Favorables >> pathogènes
Sol suppressif

Conclusions

Toute l'énergie du système est fournie par la photosynthèse

Rôle fondamental de la structure: compaction = ennemi n°1.

Cercles vicieux. Grosse contrainte en viticulture

Sol structuré: capacité de tamponner (jusqu'à un certain niveau!)

Indice de surface foliaire

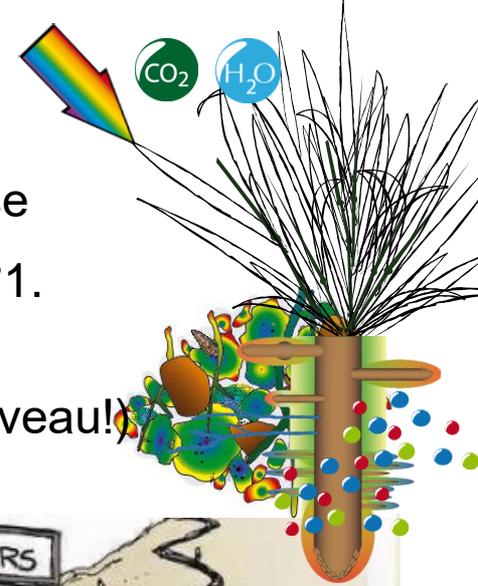
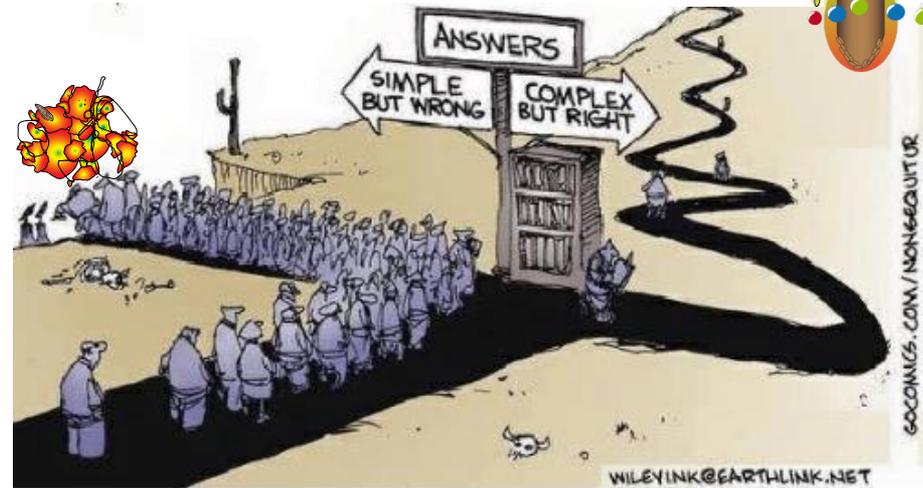


Table 1
Calibration sites, sorted by LAI

Study area	Variety	Trellis	Vine spacing (m)	Row spacing (m)	LAI (m ² m ⁻²)
H	Bare soil	n/a	n/a	n/a	0.0
T	Bare soil	n/a	n/a	n/a	0.0
H	CH	V	1.5	2.1	0.4
T*	CS	S	1.8	3.7	0.6
T	CS	V	1.2	1.2	0.8
H	CH	V	1.5	2.4	0.8
H*	CH	V	1.5	2.4	0.9
T	SG	V	1.5	2.7	1.0
H	CH	V	1.5	2.4	1.0
H	CH	V	1.5	2.4	1.0
T*	CF	S	2.4	3.6	1.2
T	CS	V	1.0	1.8	1.4
T	CS	V	1.2	1.2	1.5
T	CS	V	1.2	1.2	1.5
H	CH	V	1.2	1.2	1.5
T*	CF	S	1.5	2.8	1.6
H	CH	V	1.5	2.1	1.6
H	CH	V	1.5	2.4	1.6
T	CS	V	1.2	1.2	1.9
H	CH	V	1.2	1.2	2.0
T*	CS	Y	1.5	2.7	2.1
T*	CS	Y	1.8	3.1	2.2
H	CH	V	1.5	2.4	2.4
T	CS	V	1.0	1.0	2.8

Study area: T, Tokalon; H, Huchica Hills. Variety: CH, chardonnay; CS, cabernet sauvignon; CF, cabernet franc; SG, sangiovese. Trellis type: V, vertical; Y, split; S, sprawl

* Sites of indirect LAI measurement. All others by direct measurement.



Couverts végétaux

Aller vite !