Eau et systèmes racinaires en cultures associées

Entre mesures et modélisation

Harry OZIER-LAFONTAINE – Directeur de Recherche INRAE

UR ASTRO 1321 – INRAE Antilles-Guyane

harry.ozier-lafontaine@inrae.fr

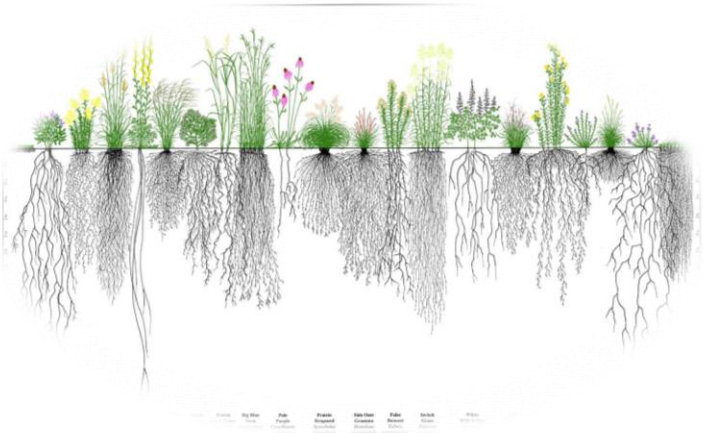
DÉBAT AGRONOMIQUE 2022 EAU, SOL ET CHANGEMENT CLIMATIQUE:

QUELLES IMPLICATIONS POUR LES PÉDOLOGUES ET LES AGRONOMES?

AFA, le 17 mars 2022

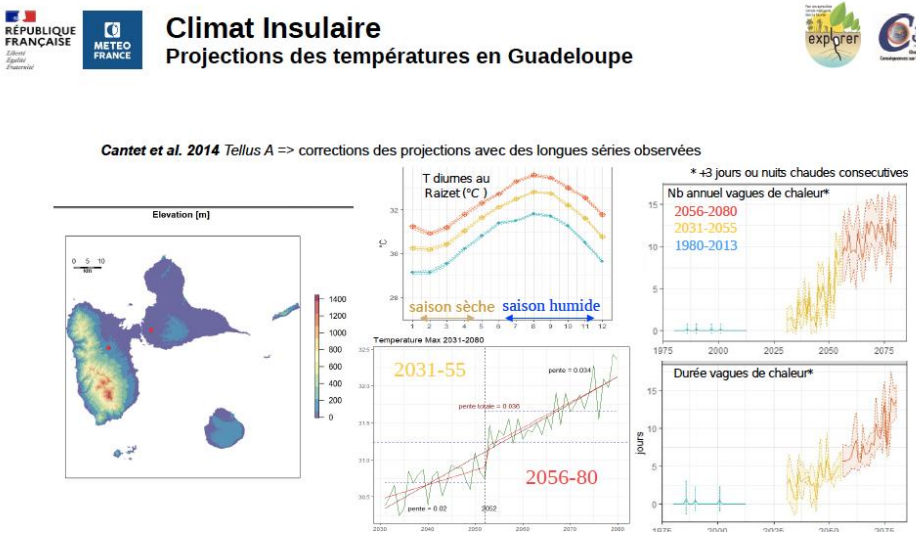
Déroulé

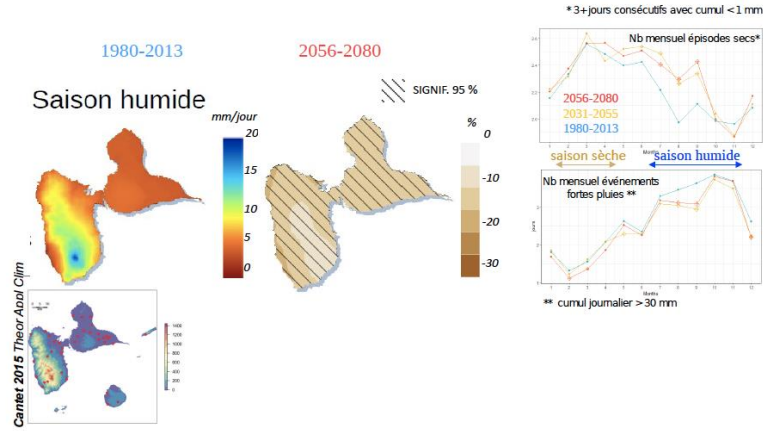
1. Le changement climatique aux Antilles : les tendances fortes
2. Les cultures associées : structuration spatio-temporelle
3. La problématique de l'eau et des racines dans les cultures associées
4. Interactions pour l'eau en cultures associées
   - Apport des modèles biophysiques (2D)
   - Prise en compte des dynamiques d'enracinement :
     - Intégration de la plasticité racinaire (1D)
     - Modèles architecturaux (3D)
     - Modèles simplifiés
     - Mesures non invasives : Sonde capacitive et EIS
5. « Services climatiques »
6. Quel changement de regard pour l'agronome ?



INRAE

1. Projections climatiques aux Antilles





Un réchauffement toute l'année
Plus important et plus rapide après ~2055

Des vagues de chaleur plus fréquentes et plus longues

Saison des pluies plus **sèche** partout **et retardée**

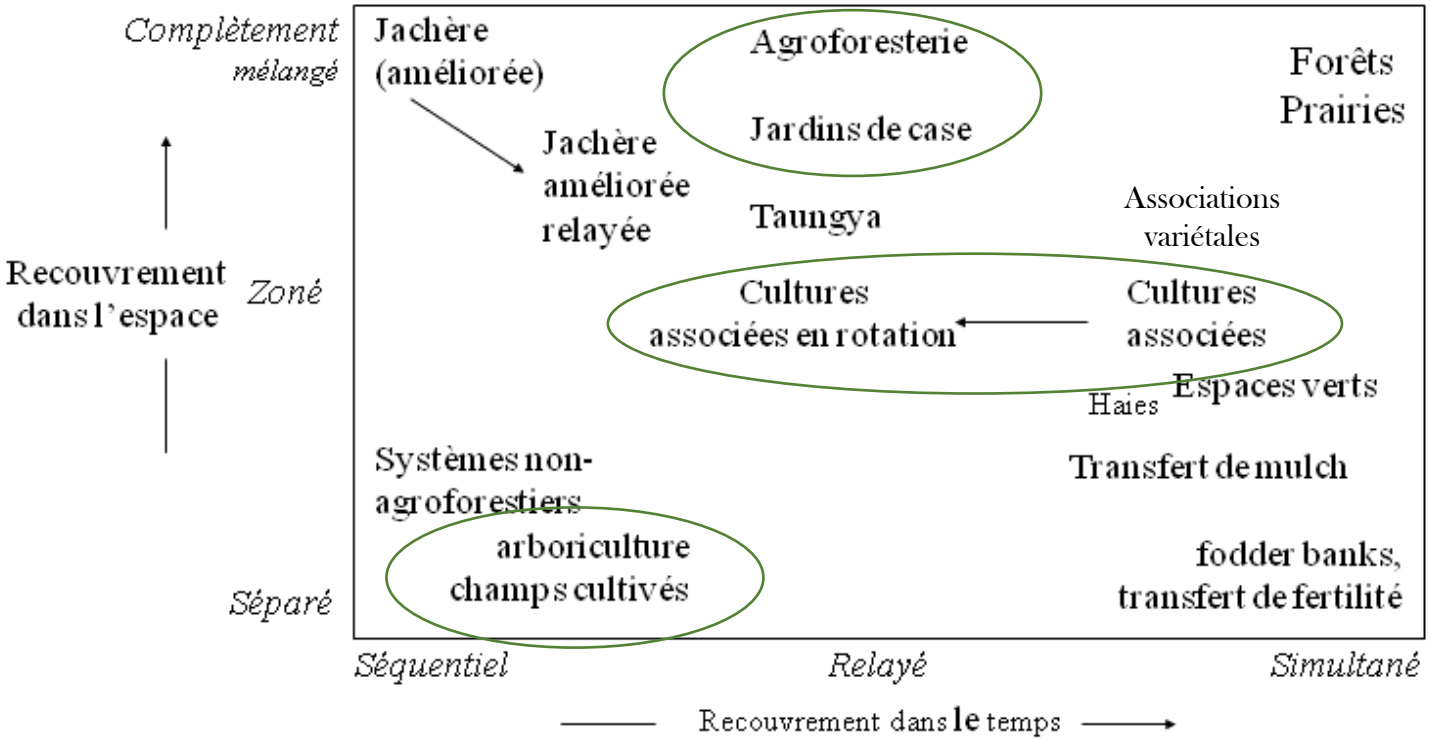
Des **épisodes secs** plus fréquents

Des **fortes pluies** moins fréquentes

INRAE

2. Les cultures associées

Structuration spatio-temporelle



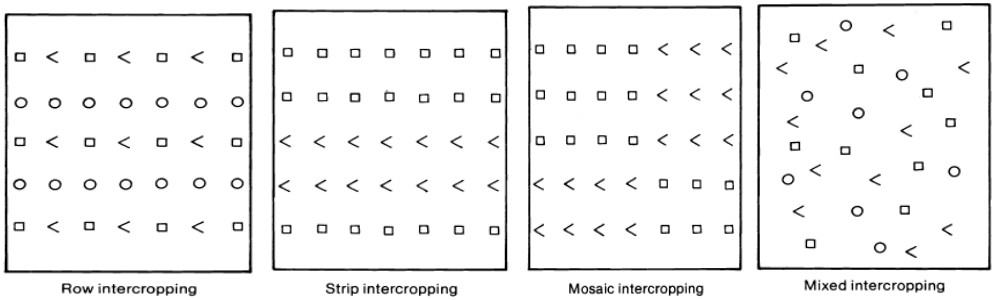
d'après Van Noordwijk (1996)

2. Les cultures associées

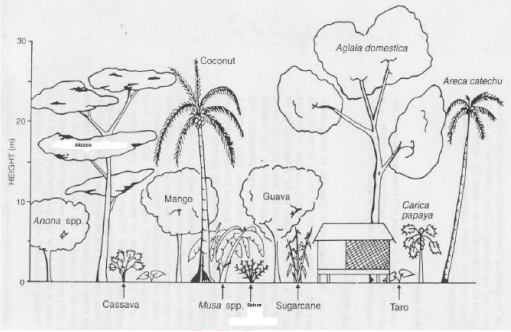
Modalités de structuration spatiale à l'échelle de la parcelle

5 types principaux d'associations végétales :

- Cultures intercalaires (row intercropping)
- Cultures en allée ou en bande (Alley crops ou strip intercropping)
- Culture en mosaïque (mosaic intercropping)
- Cultures mélangées (mixed cropping)
- Cultures en relais/successives (Relay/sequential crops)



Exemples d'arrangements spatiaux de systèmes multi-espèces (*Marten and Saltman, 1986*).



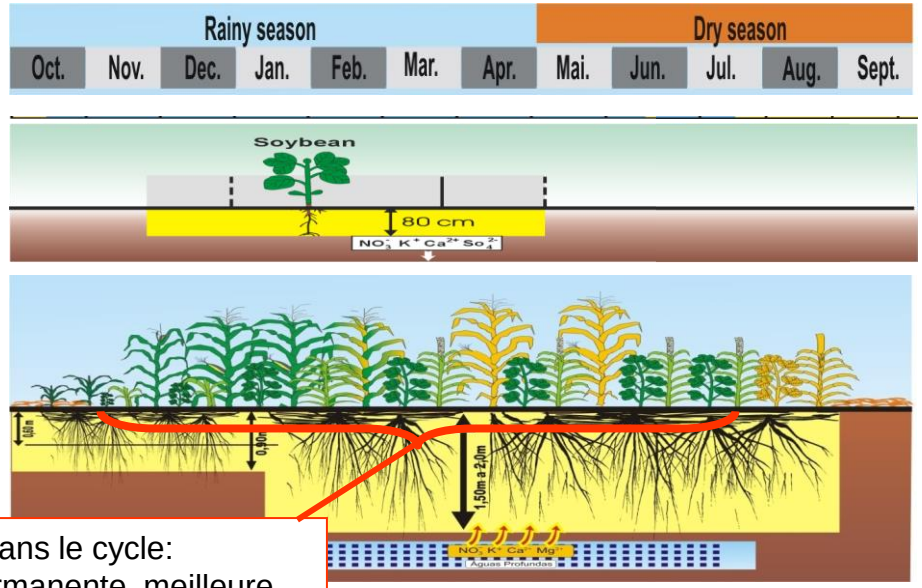
2. Les cultures associées

Modalités de structuration temporelle à l'échelle de la parcelle

Cas des SAMBAS au Brésil

Système Conventionnel (Monoculture)

SAMBA



Coexistence dans le cycle: couverture permanente, meilleure valorisation des ressources, restitutions,…

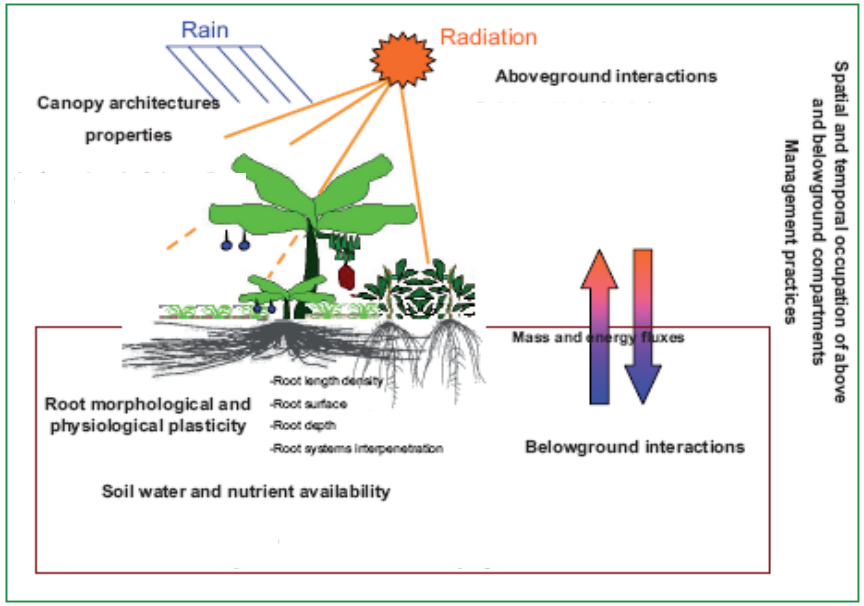
SAMBA : cohabitation (relations de compétition et facilitation)

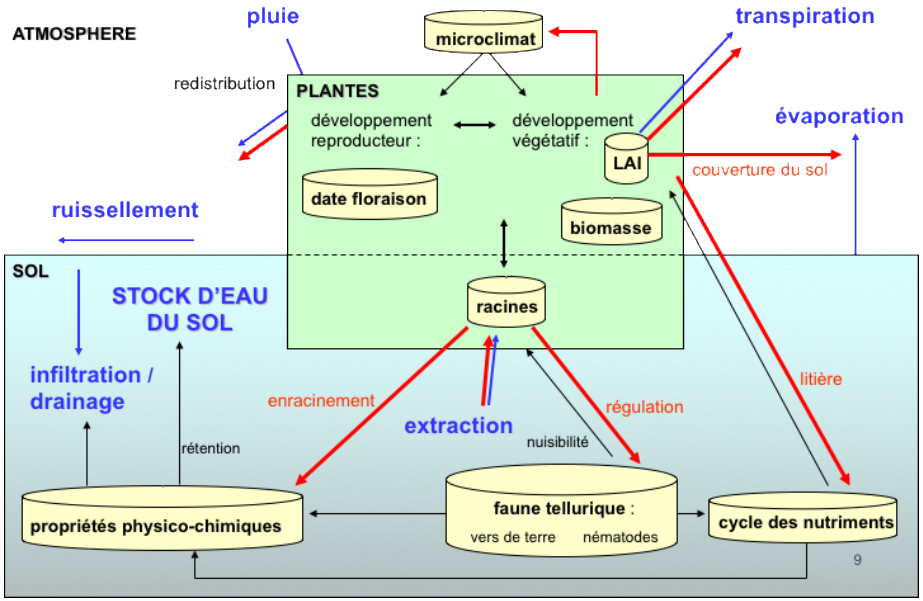
(Crédit A. Bocar Bade, 2011)

INRAE

3. Les cultures associées

Modifications du cycle de l'eau

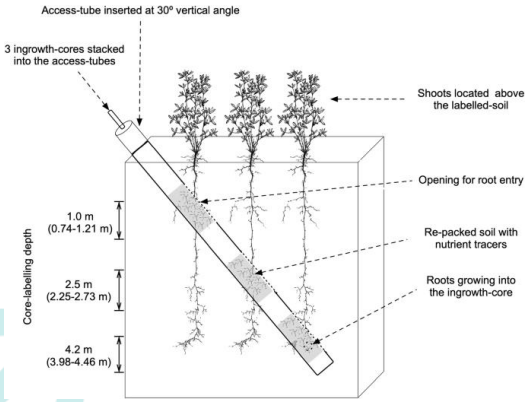




3. Les cultures associées

Le compartiment souterrain : *« the dark side » …*

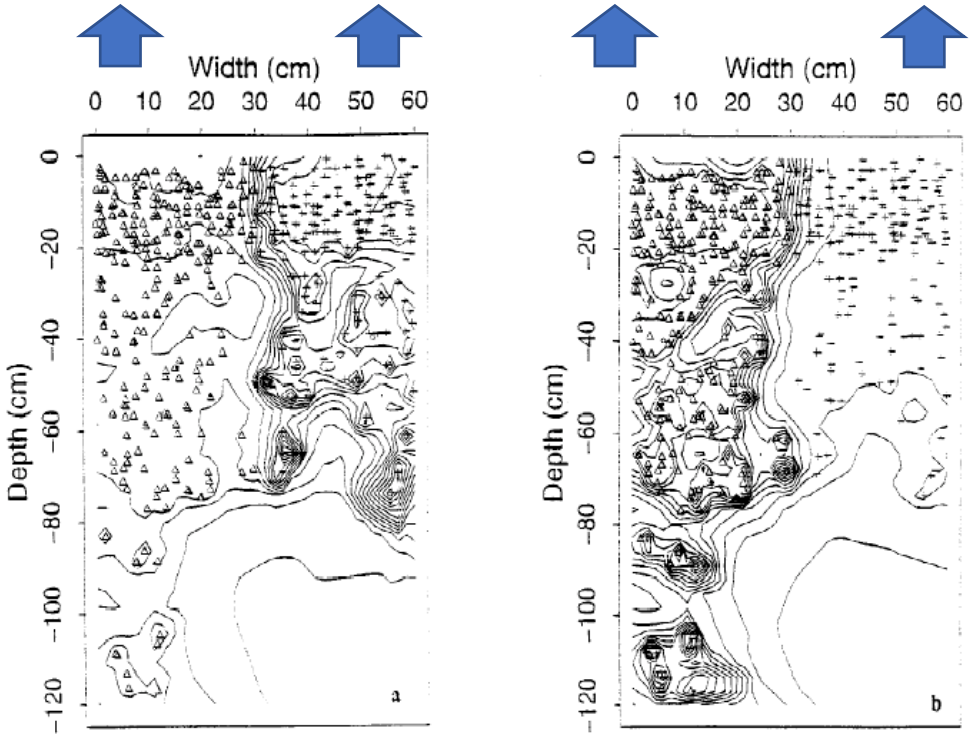
Mesures lourdes invasives… de H Manichon à JL Chopart

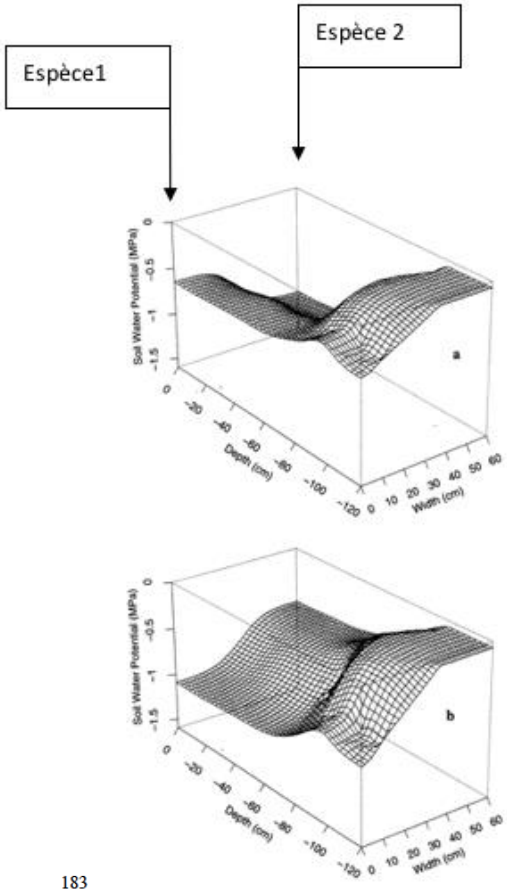


4. Interaction pour l'eau en cultures associées

Apports de la modélisation biophysique

3,3 mm/j 2 mm/j 4,2 mm/j 2 mm/j





Effet de « lift »

Plant and Soil **204**: 183–201, 1998.
© 1998 *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.*

Modelling competition for water in intercrops: theory and comparison with field experiments

H. Ozier-Lafontaine[1], F. Lafolie[2], L. Bruckler[2,*], R. Tournebize[1] and A. Mollier[2]
[1]*INRA, Unité Agropédoclimatologique de la Zone Caraïbe, Domaine Duclos, BP 515, Petit-Bourg, 97165 Pointe-à-Pitre Cedex, Guadeloupe and* [2]*INRA, Unité de Science du sol, Domaine St Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9, France*

INRAE

4. Interaction pour l'eau en cultures associées

Simulation des dynamiques d'enracinement

Intégration de la plasticité racinaire

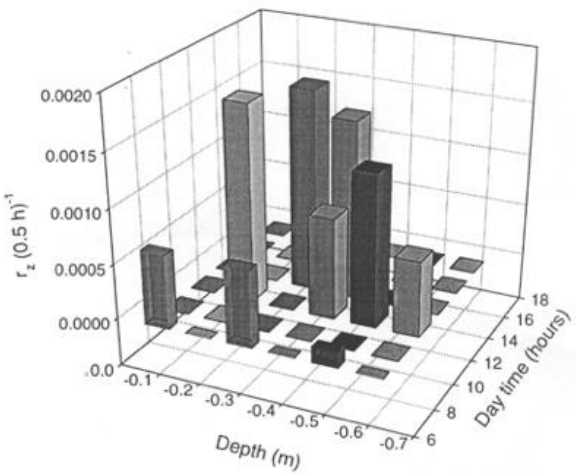
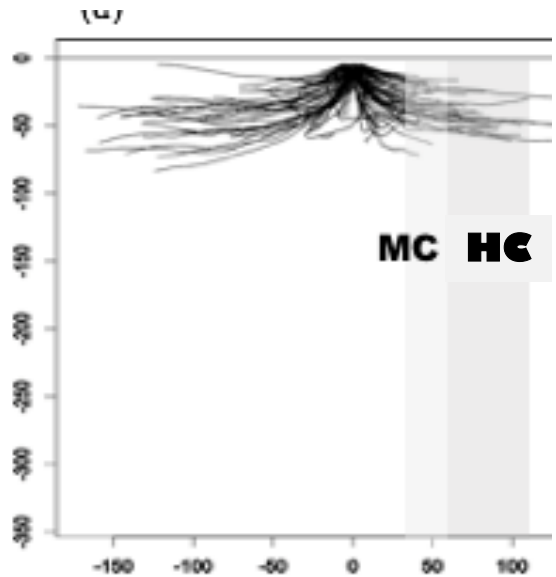


Figure 4. Illustration de la localisation préférentielle de l'extraction racinaire (r_z) à différentes heures et à différentes profondeurs, simulée sous l'hypothèse de "minimisation de l'énergie" avec le modèle MEWEM.



S.G.K. Adiku, C.W. Rose, R.D. Braddock, Harry Ozier Lafontaine. On the simulation of root water extraction : **examination of a minimum energy hypothesis**. *Soil Science*, Lippincott, Williams & Wilkins, 2000, 165 (3), pp.226-236. ⟨hal-02694121⟩

Agronomie 23 (2003) 209–218
© INRA, EDP Sciences, 2003
DOI: 10.1051/agro:2002084

Original article

An analysis of growth rates and directions of growth of primary roots of field-grown banana trees in an andisol at three levels of soil compaction

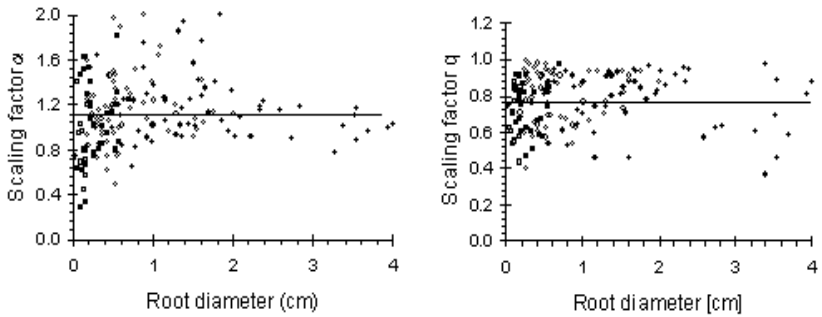
François LECOMPTE[a]*, Harry OZIER-LAFONTAINE[b], Loïc PAGES[a]

INRAE

4. Interaction pour l'eau en cultures associées

Simulation des dynamiques d'enracinement

Modèles simplifiés (arbres) : FracRoot et HySafe



Plant and Soil 209: 167–180, 1999.
© 1999 *Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.*

Fractal analysis of the root architecture of *Gliricidia sepium* for the spatial prediction of root branching, size and mass: model development and evaluation in agroforestry

Harry Ozier-Lafontaine*, François Lecompte and Jean François Sillon
INRA Centre Antilles-Guyane, Unité Agropédoclimatique de la Zone Caraïbe Domaine Duclos, 97170 Petit-Bourg, Guadeloupe, France

sustainability MDPI

Article

Hi-sAFe: A 3D Agroforestry Model for Integrating Dynamic Tree–Crop Interactions

Christian Dupraz [1,*], Kevin J. Wolz [1], Isabelle Lecomte [1], Grégoire Talbot [1], Grégoire Vincent [2], Rachmat Mulia [3], François Bussière [4], Harry Ozier-Lafontaine [4], Sitraka Andrianarisoa [1], Nick Jackson [5], Gerry Lawson [5], Nicolas Dones [6], Hervé Sinoquet [6,†], Betha Lusiana [3], Degi Harja [3], Susy Domenicano [7], Francesco Reyes [1], Marie Gosme [1] and Meine Van Noordwijk [3]

4. Interaction pour l'eau en cultures associées

Mesures électriques non invasives

Basse fréquence (1kHz) : capacité électrique

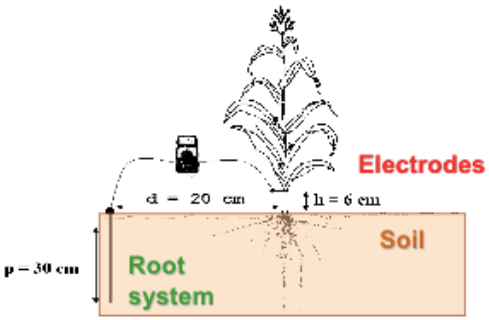


Figure 8. Principe de la mesure de la capacité électrique: le courant traverse un continuum dont les composantes "tige-racines-sol-électrodes" ont des comportements électriques différents. L'effet capacitif racinaire est manifeste pour des fréquences autour de 1 kHz.

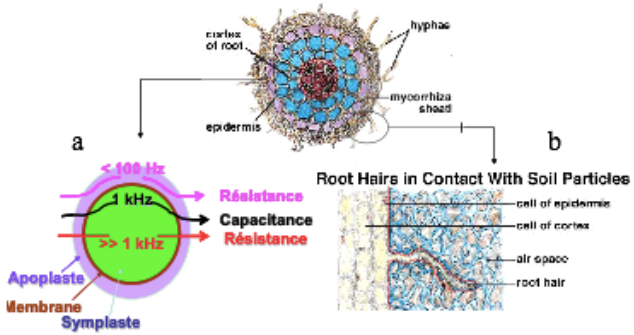


Figure 9. Hypothèses sur l'origine de l'effet capacitif racinaire: (a) effet produit au niveau tissulaire, la membrane cellulaire jouant le rôle de diélectrique séparant l'apoplasme du symplasme; (b) effet produit à l'interface sol-racine.

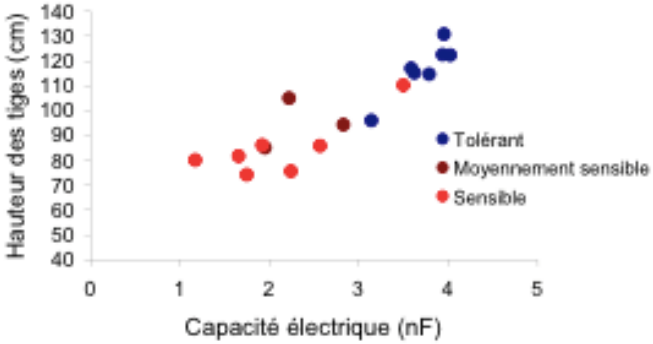


Figure 12. Exemple de valorisation de la méthode capacitive pour le phénotypage: critères d'adaptation racinaire de génotypes de maïs aux sols acides.

Haute fréquence (1MHz) : champ électromagnétique

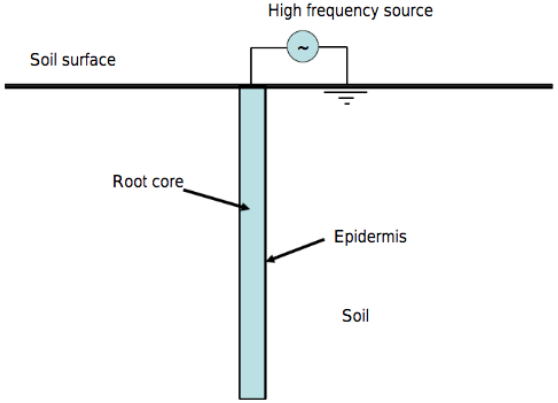


Figure 7 A conceptual model of an idealised cylindrical root in cross-section, embedded in a soil medium and excited by a high frequency source. The root core is assumed to be highly conducting and the epidermis to be a relatively dense dielectric.

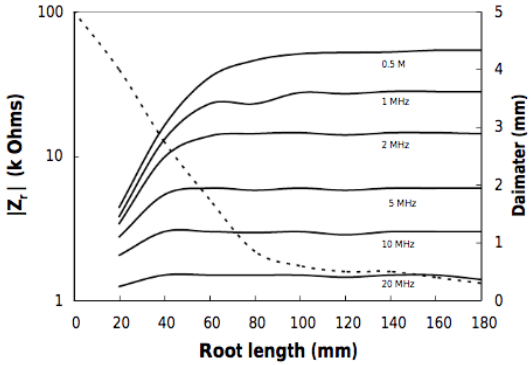
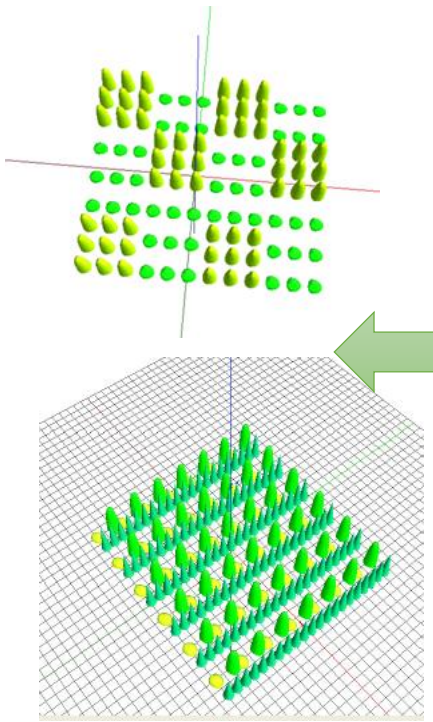


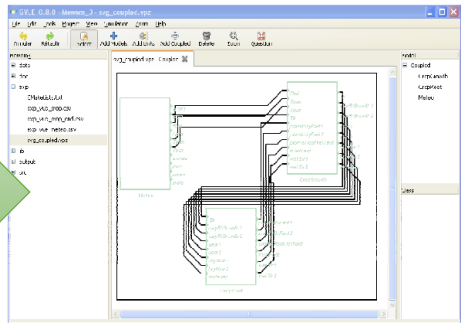
Figure 5 Measured impedance magnitude $|Z_r|$ of an isolated bean root (Vicia faba) as a function of frequency (log scale), root length and root diameter (dashed line).

5. Proposer des services climatiques

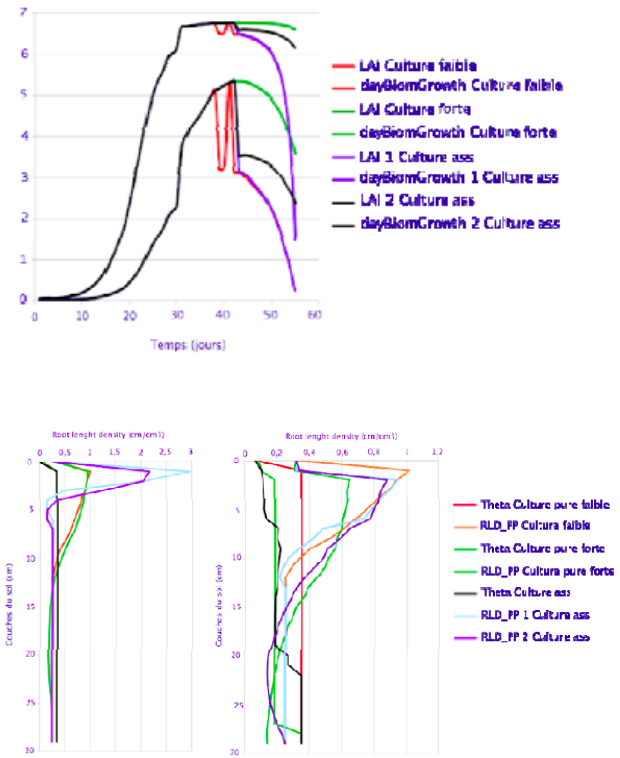
Plateformes de simulation dynamiques



Plateforme RECORD



Modèle MEWEM : différenciation de niches racinaires



Scènes de mélanges d'espèces (Open Alea)

Simulations intégrant des scénarios climatiques

INRAE

5. Proposer des services climatiques

Application Web : « Service climatique d'évaluation des risques de sécheresse”

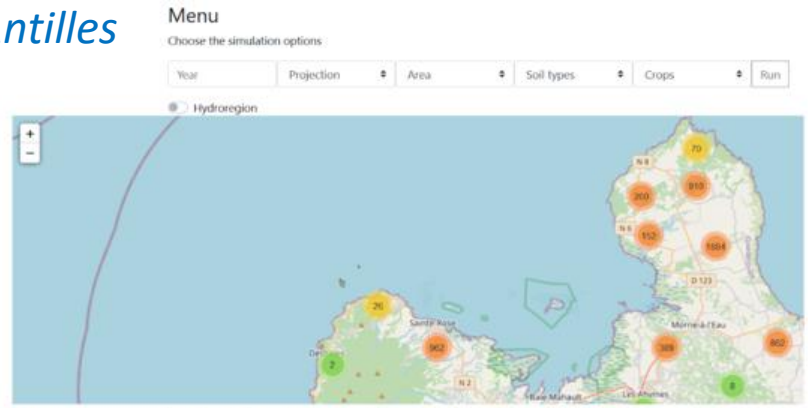
Data Knowledge Platform – LAMIA/Univ Antilles
INRAE AG

- Aide à la décision en agriculture vs. évaluation du risque de sécheresse future

  ➔ niveaux de taux de vulnérabilité selon un code couleur

- Sélection d’une année de projection, d’une famille de cultures et d’un type de sol

  ➔le service évalue les projections de taux de vulnérabilité pour chaque parcelle agricole en fonction du type de sol donné, du système de culture et des projections climatiques en termes de pluies et de rayonnement global



Menu qui permet de choisir les risques sur les parcelles selon
- l'année
- les projections
- la zone
- le type de sol
- le type de culture

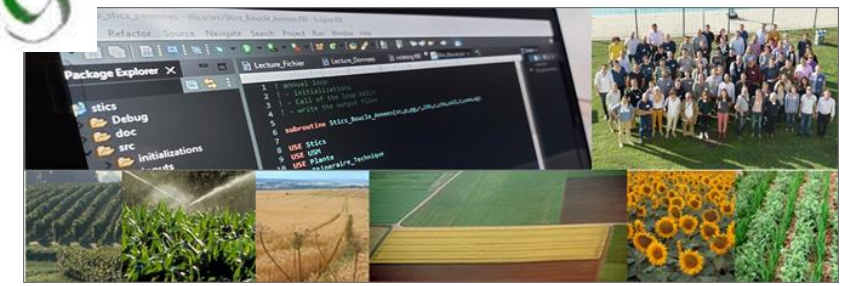
Rendu qui permet de voir les risques pour les différentes parcelles

INRAE

6. Conclusion

Changement de regard pour l'agronome et le pédologue

- **Systèmes plus complexes et occurrence accrue d'aléas**



➔ Plus d'anticipation impliquant le recours à la modélisation

➔ Investir dans les technologies « connectées » et outils *ad hoc* de diagnostic au champ

- ❖ Sonde capacitive et autres méthodes électriques non invasives pour le diagnostic racinaire
- ❖ Technologie TDR et autres capteurs pour l'eau (THERESA pour les sols argileux gonflants)
- ❖ Des bilans hydriques contextualisés

INRAE

Merci de votre attention

La ferme pilote KaruSmart