



➤ **OpenAlea Foundations : 20 years of scientific development**

Application to agroecology

R. Barillot, D. Combes & G. Louarn

INRAE, URP3F, Lusignan, France

➤ Utilisation des FSPMs pour l'agroécologie

Détails de la présentation

Grands principes de l'agroécologie :

- Augmentation de la biodiversité cultivée
- Associations de cultures
- Réduction des intrants et de l'impact sur les ressources du milieu
- Réduction des produits phytosanitaires

Perspectives



INRAE

FSPM & AgroEcology

Workshop OpenAlea 2024

INRAE



Augmentation de la biodiversité cultivée

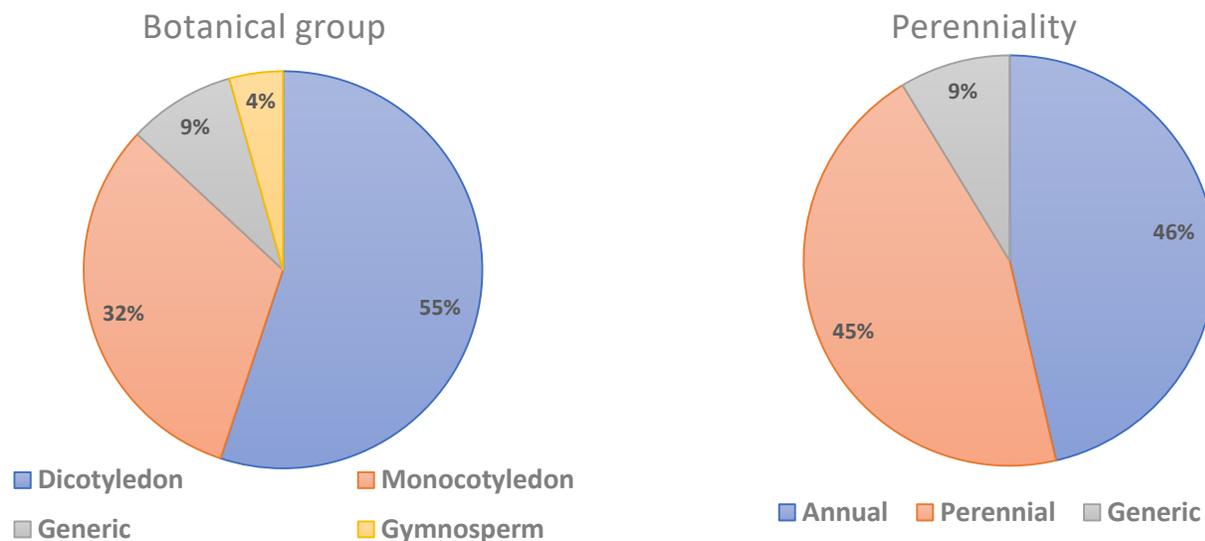


➤ Augmentation de la biodiversité cultivée

Une forte diversité spécifique de FSPM

Review of 69 FSPMs (1996 – 2021)

35 species



A large diversity of species, architectures, biological groups

Species	Count
Wheat	6
Generic	6
Trees	4
Grapevine	3
Perennial ryegrass	3
Maize	3
Rice	3
Arabidopsis	3
Cotton	3
Tomato	2
Pea	2
Rapeseed	2
Rose	2
Apple tree	2
Pinus	2
Barley	2
Sunflower	2
Vicia faba	1
Alfalfa	1
Chickpea	1
Palm	1
Mango	1
Walnut	1
Alder	1
Fruit tree	1
Peach	1
Cucumber	1
Seagrass	1
Grasstree	1
Coniferous	1
Cauliflower	1
C4 grasses	1
Brassica nigra	1
Soybean	1
Arundo donax L.	1
Almond	1



INRAE

FSPM & AgroEcology

Workshop OpenAlea 2024

➤ Augmentation de la biodiversité cultivée

FSPMs de légumineuses

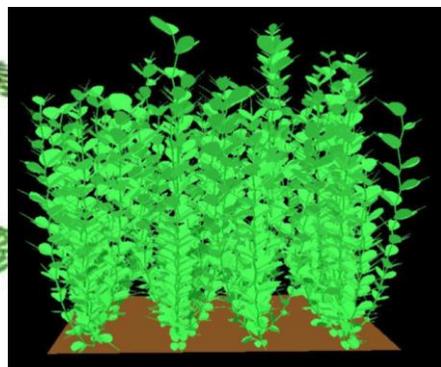
Exemples de FSPMs de légumineuses à graines et fourragères



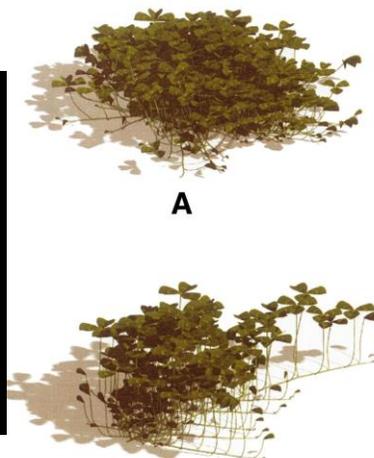
ALAMEDA - Féverole
(Ruiz-Ramos & Mínguez, 2006)



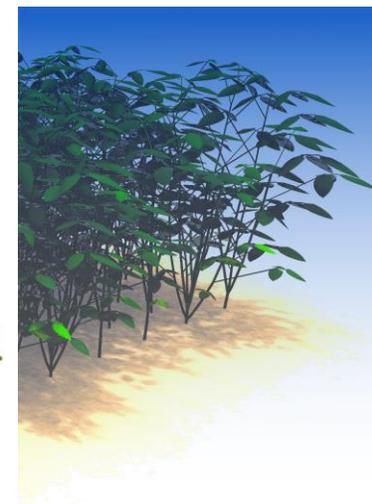
CLES – Pois chiche
(Cici et al., 2008)



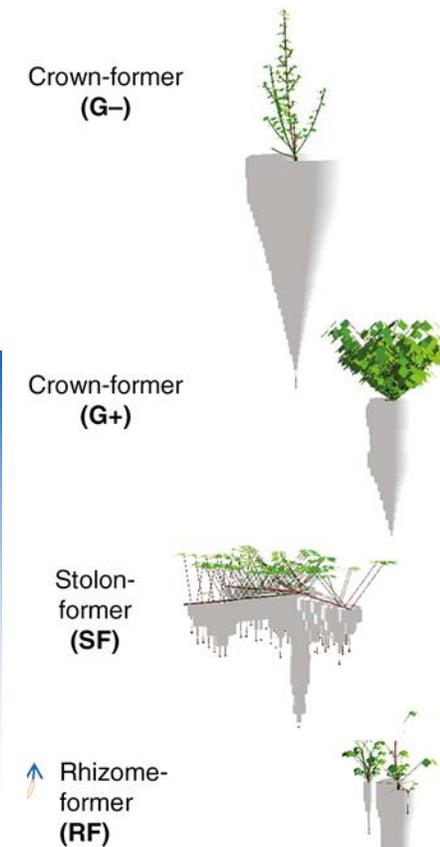
L-Pea - Pois
(Barillot et al., 2014)



Trèfle Blanc
(Gautier et al., 1999)



FSPM Soybean - Soja
(Coussement et al., 2020)



L-egume - Luzerne
(Louarn & Faverjon, 2018)

3D development
& temperature

Light

Photomorphogenesis

Water

Nitrogen



INRAE

FSPM & AgroEcology

Workshop OpenAlea 2024

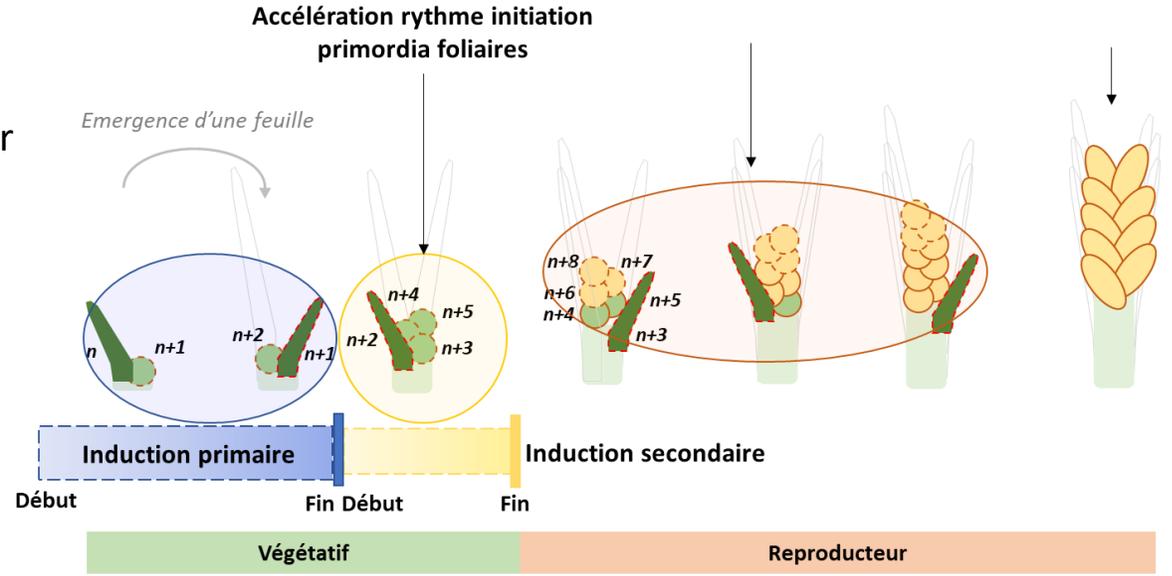
➤ Augmentation de la biodiversité cultivée

FSPMs graminées prairiales

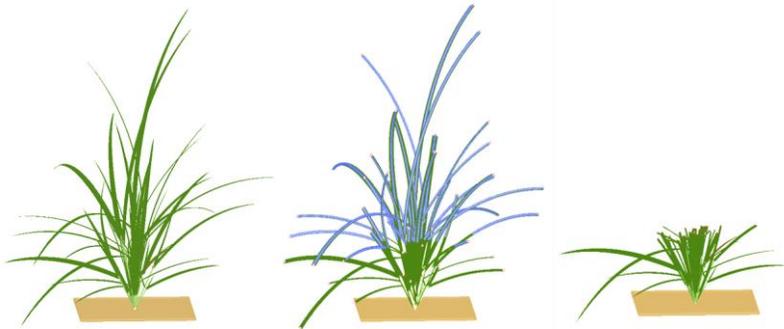
Perennial Ryegrass – L-Grass
(Verdenal et al., 2008)



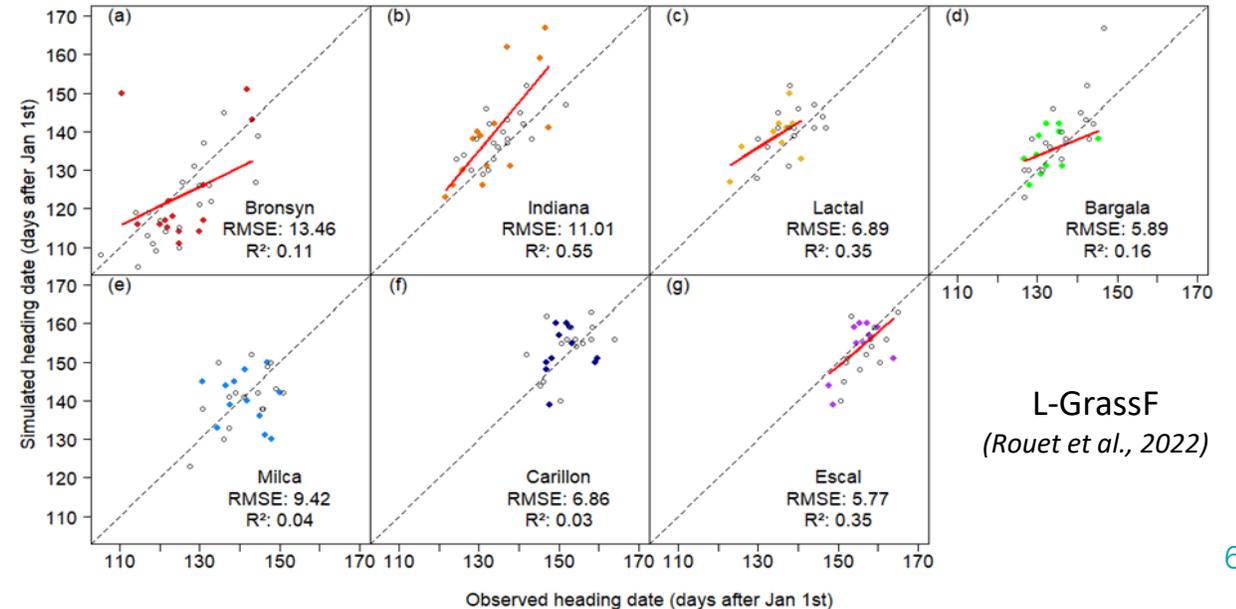
Végétatif --> reproducteur



Auto-régulation de l'architecture



Gestion fauche



INRAE

FSPM & AgroEcology

Workshop OpenAlea 2024

INRAE

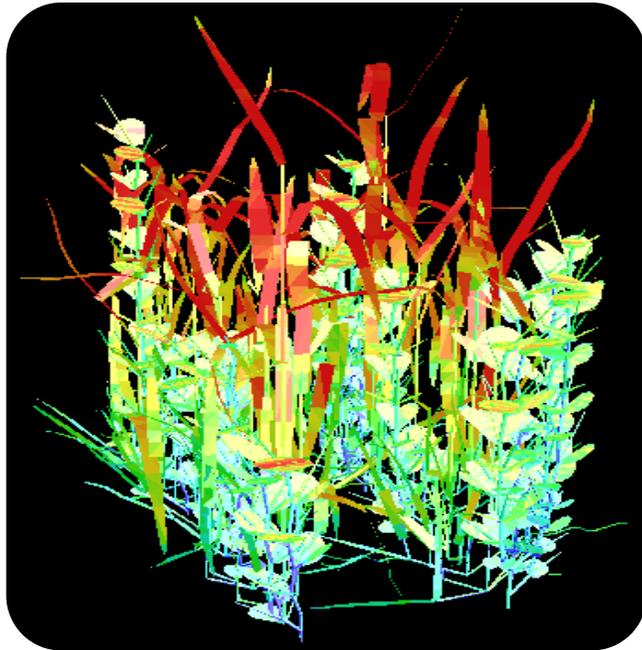


Associations de cultures

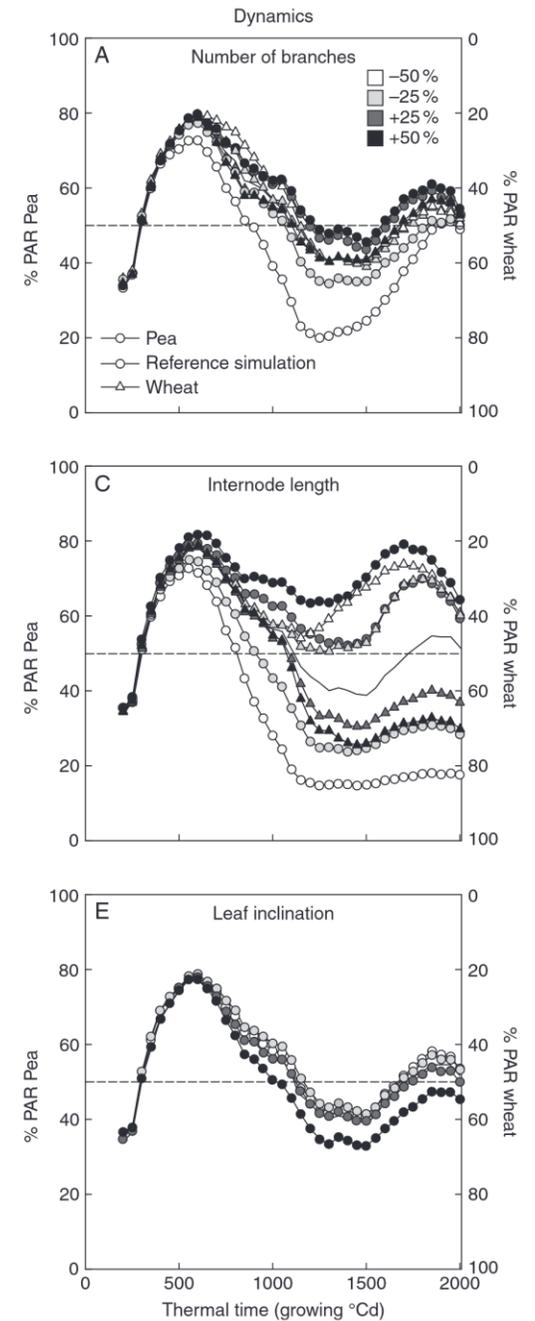
➤ Association de culture

Mélange interspécifique & FSPMs

Effet de l'architecture sur le partage du rayonnement dans une association blé - pois



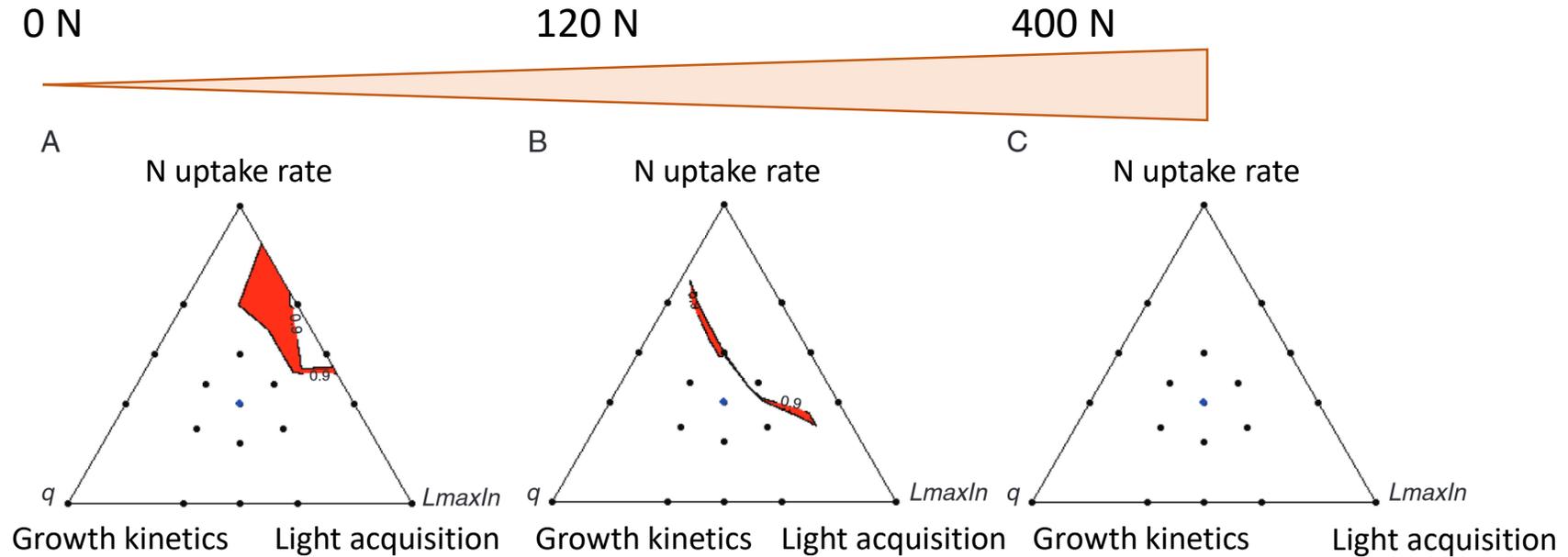
Barillot et al., 2014



> Association de culture

Mélange interspécifique & FSPMs

Recherche idéotype pour mélange légumineuse – non légumineuse



Predictionoveryielding x mixture stability

Ideotype varie selon les conditions de croissance

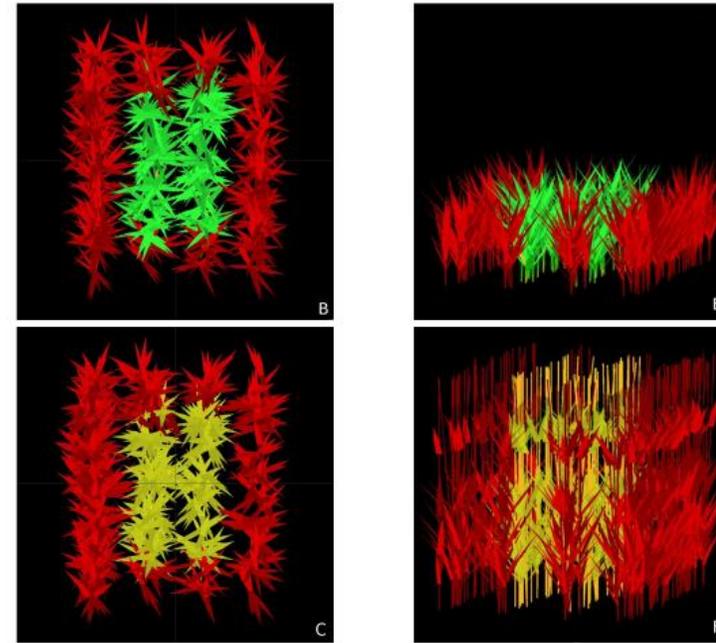
➤ Association de culture

Mélanges variétaux & FSPMs

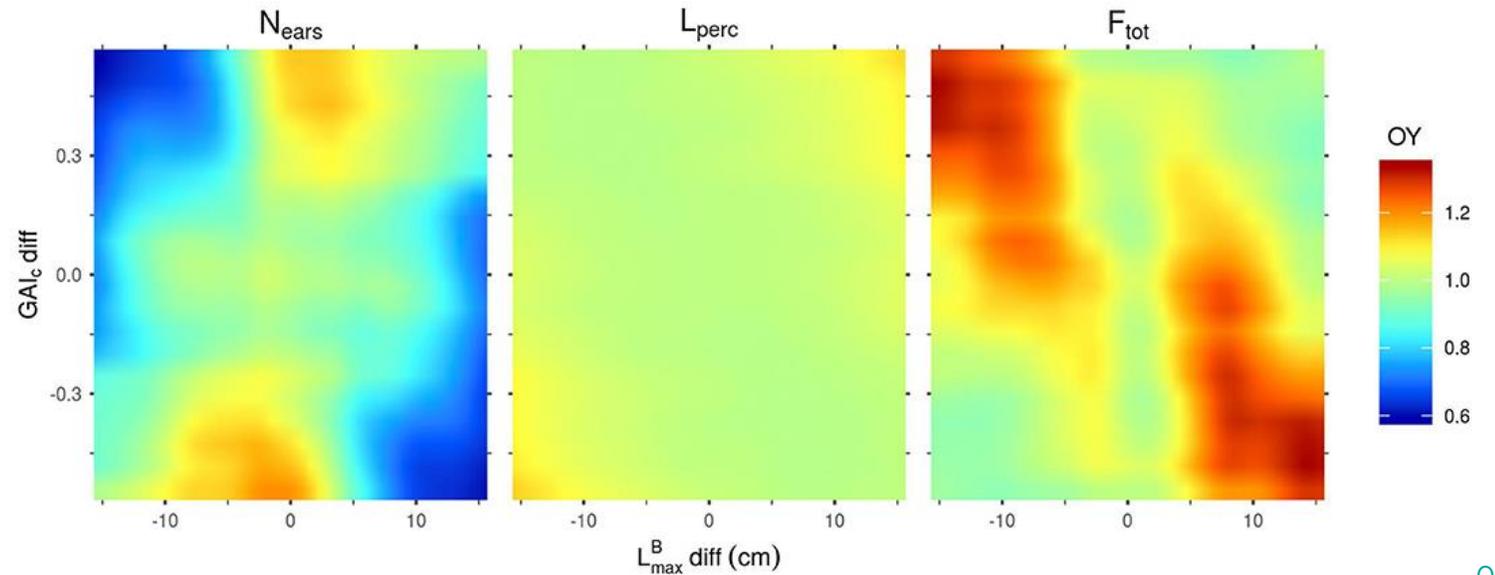
Analyse in silico des caractères d'intérêt dans les associations variétales de blé



Lecarpentier et al., 2019



FSPM Walter



Blanc et al., 2021

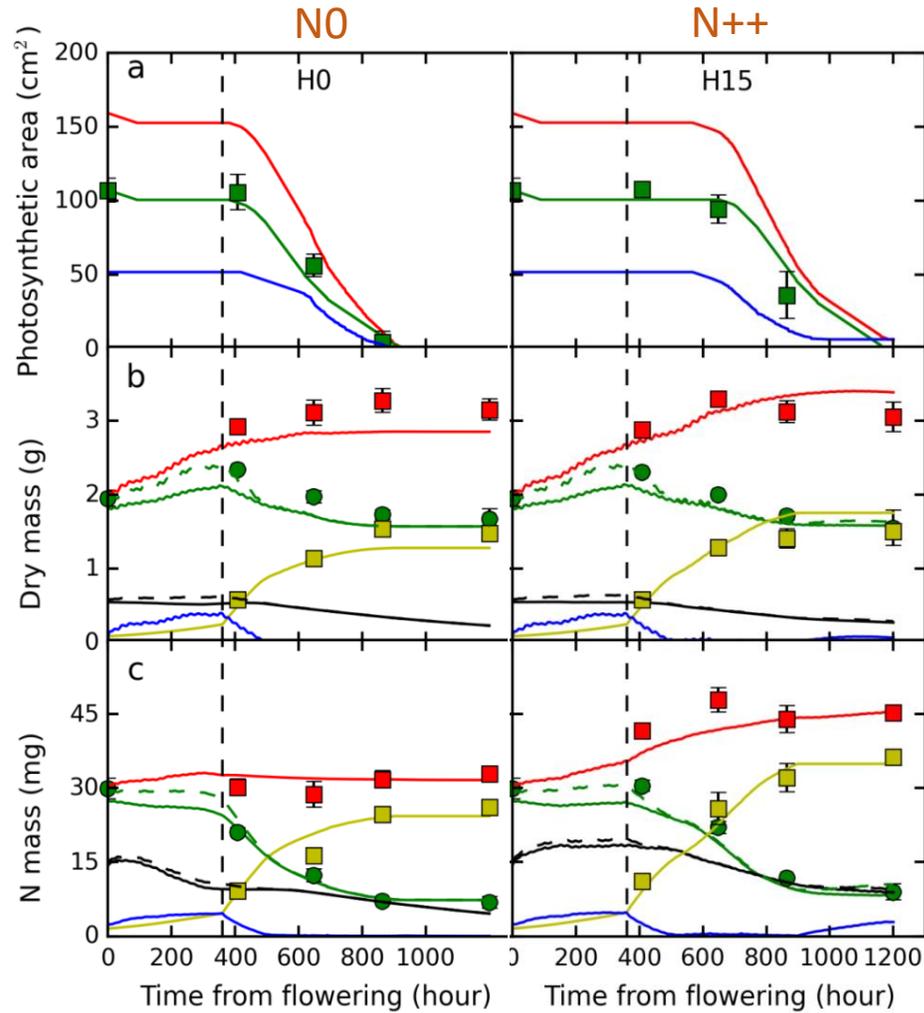
INRAE



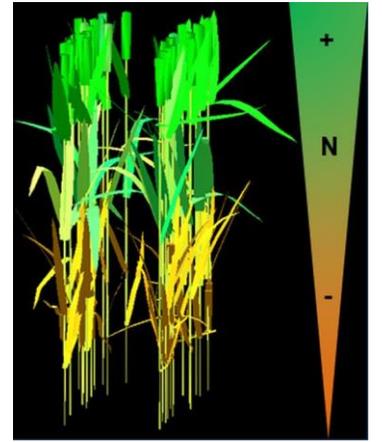
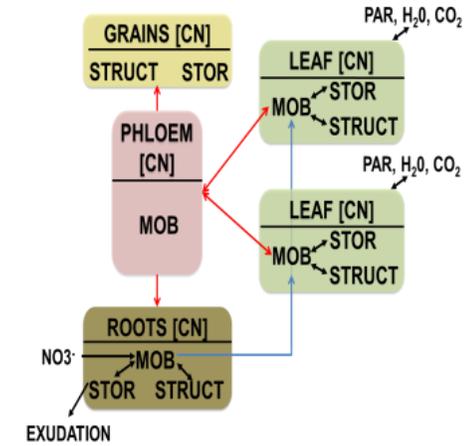
Réduction des intrants et de l'impact sur les
ressources du milieu

➤ Réduction des intrants et de l'impact sur les ressources du milieu

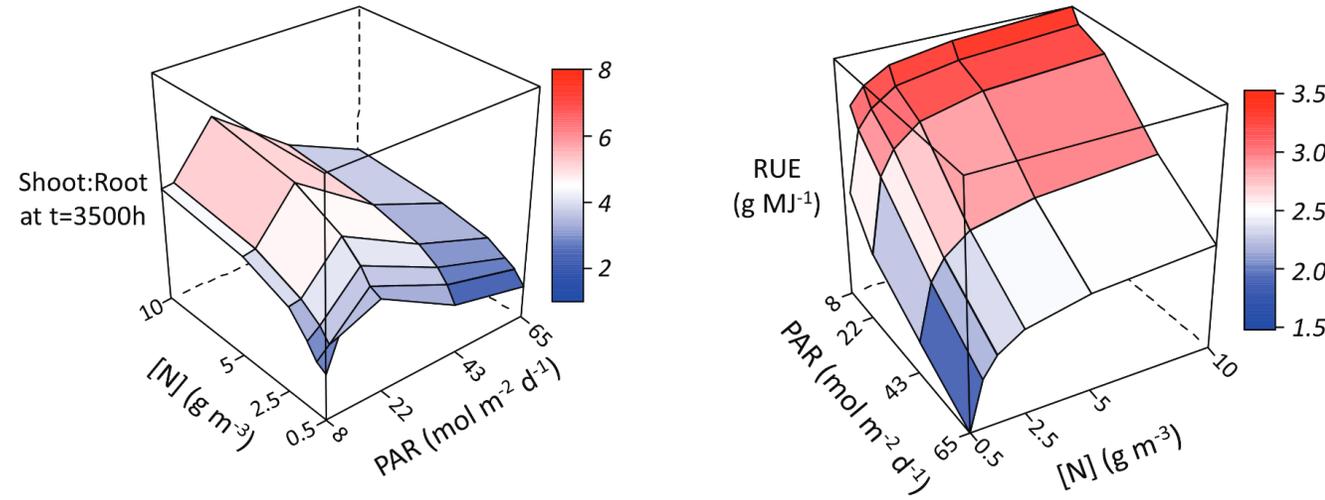
Fertilisation azotée



Barillot et al., 2016



FSPM CN-Wheat



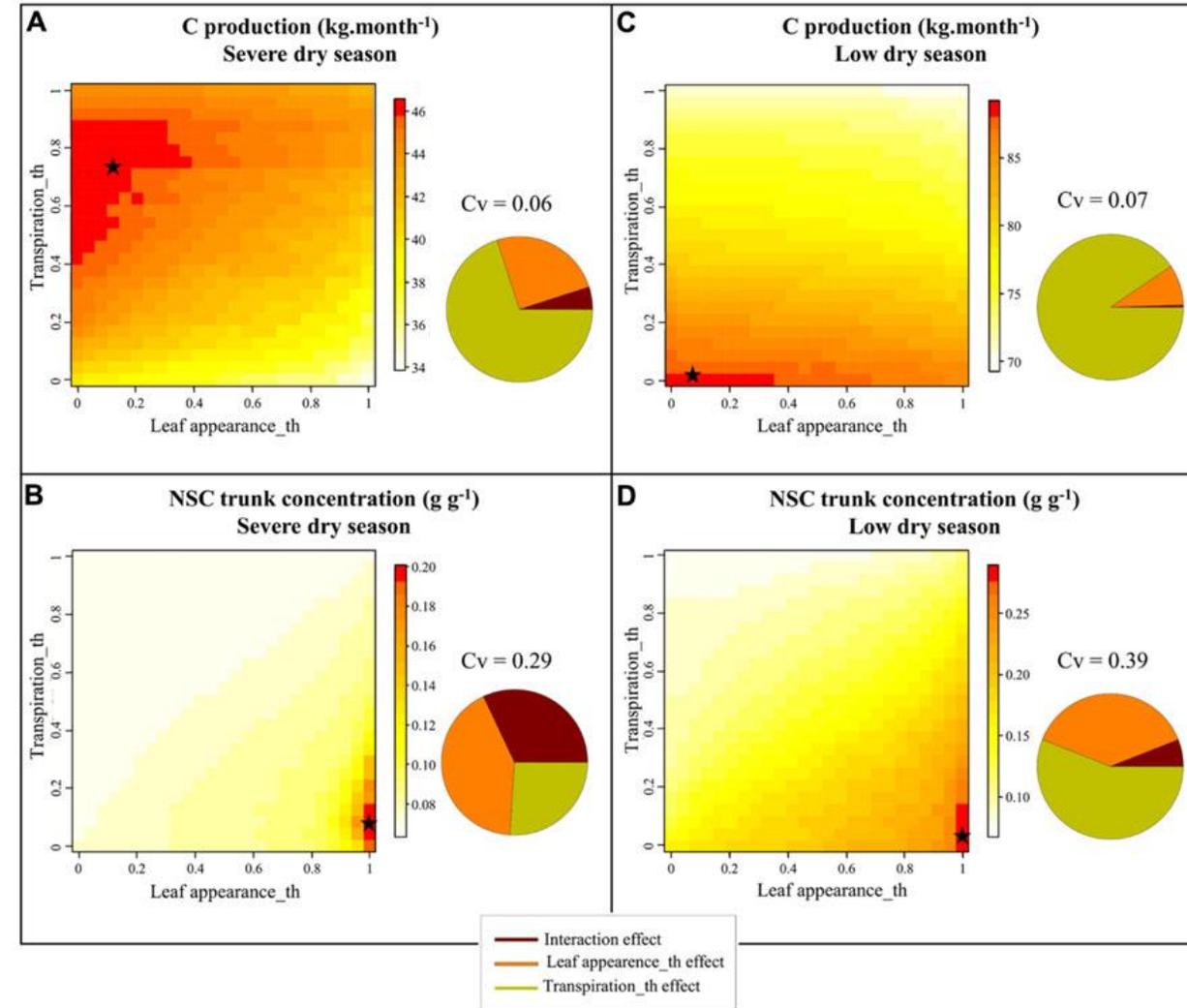
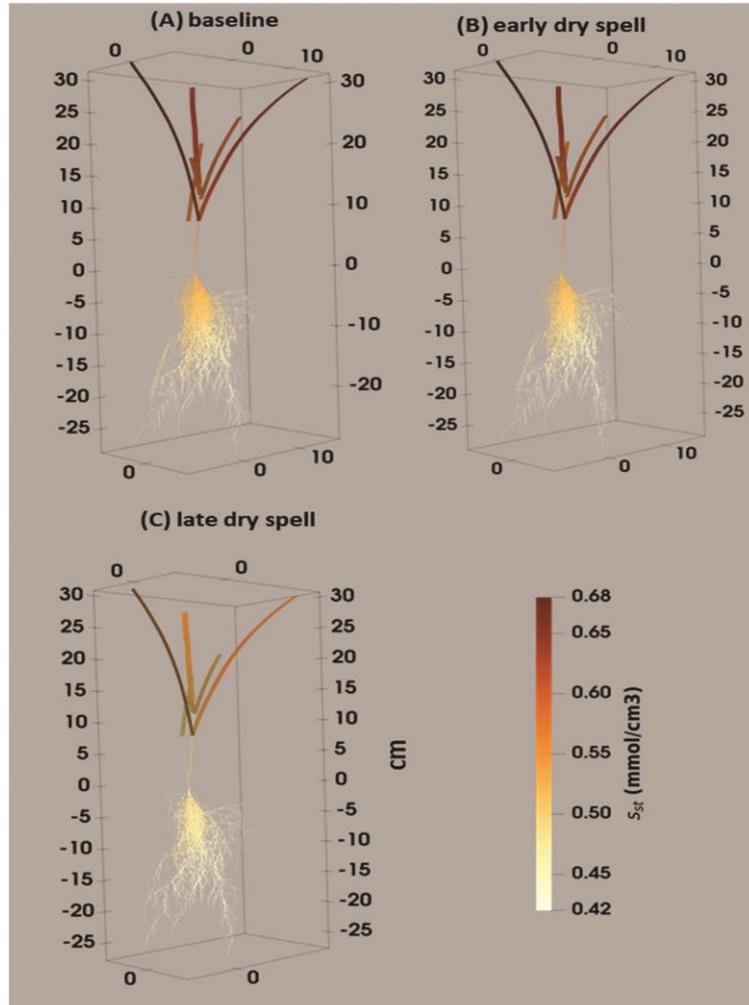
Gauthier et al., 2021

➤ Réduction des intrants et de l'impact sur les ressources du milieu

Réponse à la sécheresse

Effet sécheresse sur interaction C x morphogénèse

*C3 monocot -
CPlantBox x
PiafMunch x
DuMuX
Giraud et al., 2023*

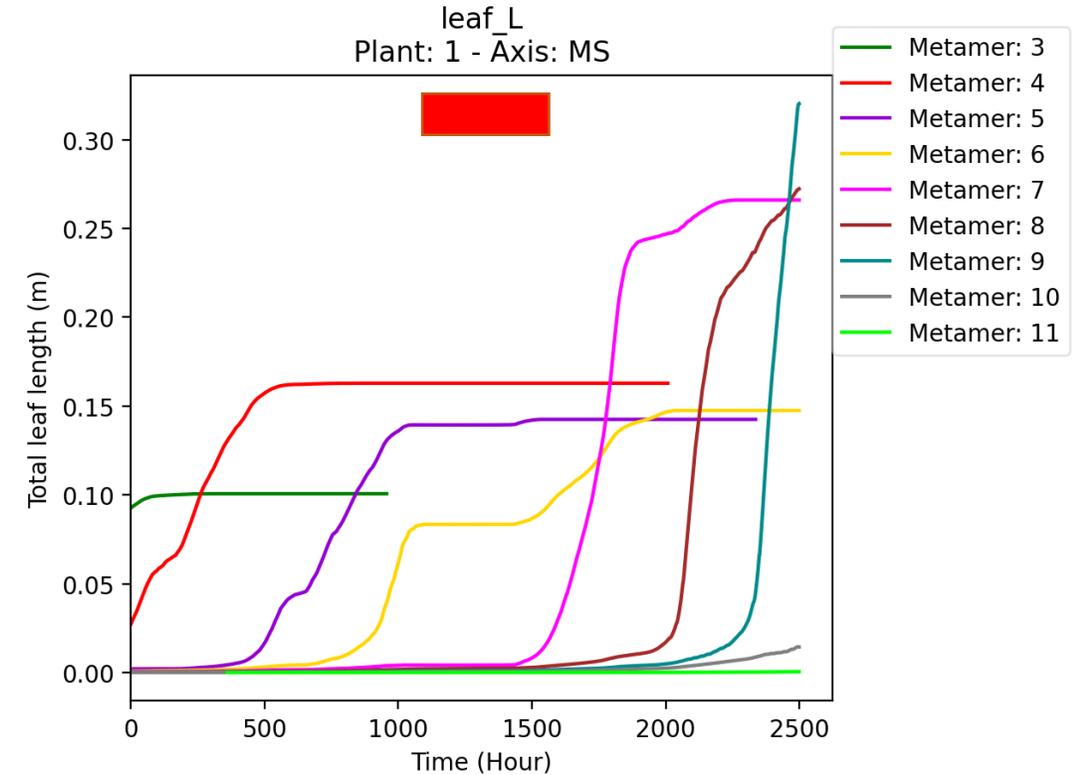
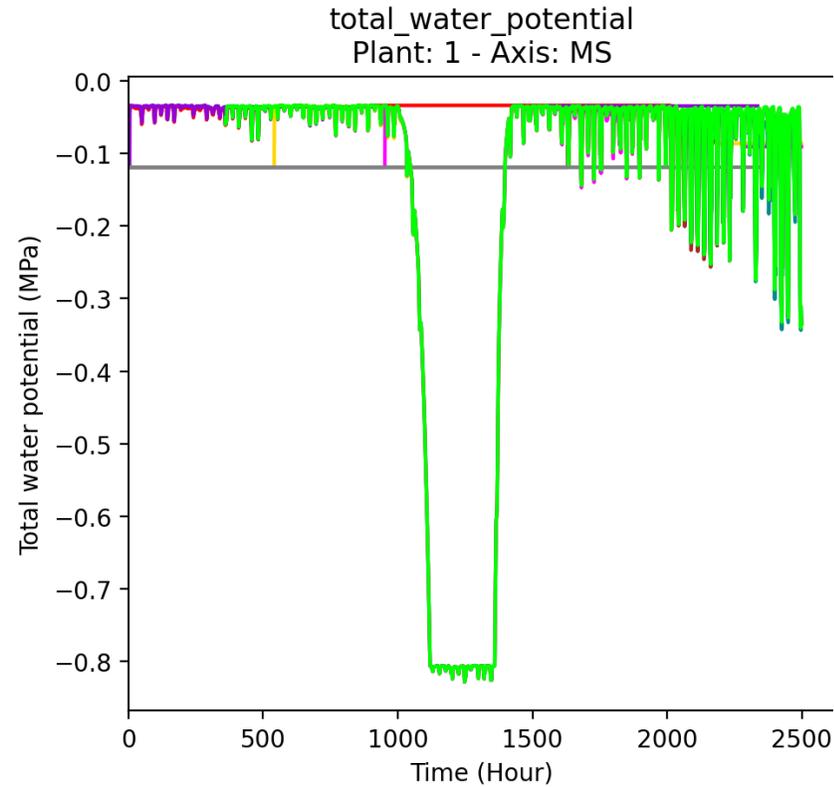
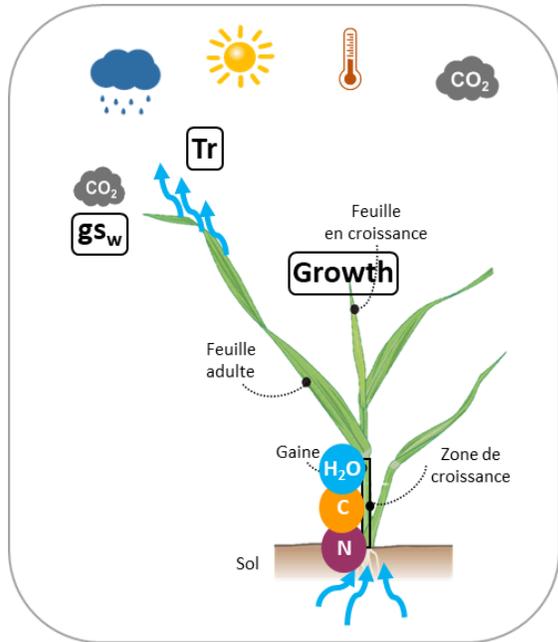


Palmier - Xpalm (Pallas et al., 2013)

➤ Réduction des intrants et de l'impact sur les ressources du milieu

Réponse à la sécheresse

CNW-Wheat



INRAE



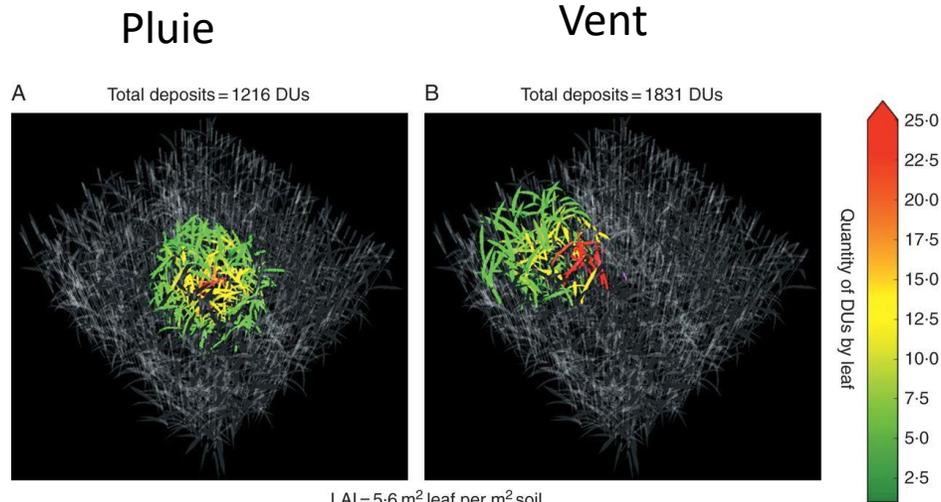
Réduction des produits phytosanitaires

➤ Réduction des produits phytosanitaires

Gestion des maladies

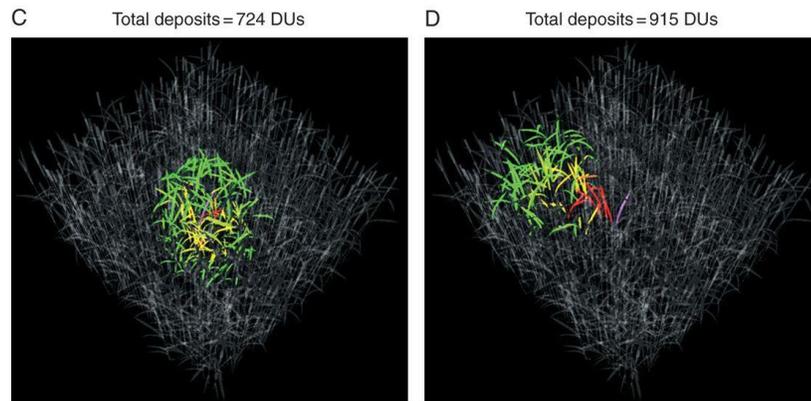
Effet des mélanges et traits architecturaux

Erectophylle

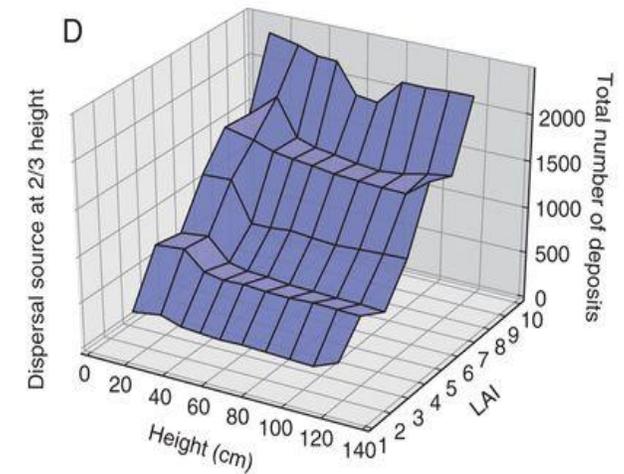
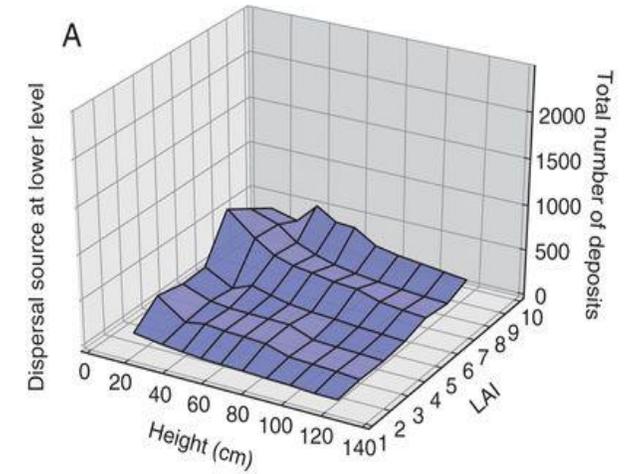


LAI = 5.6 m² leaf per m² soil
Z_{max} = 63.6 cm

Planophylle



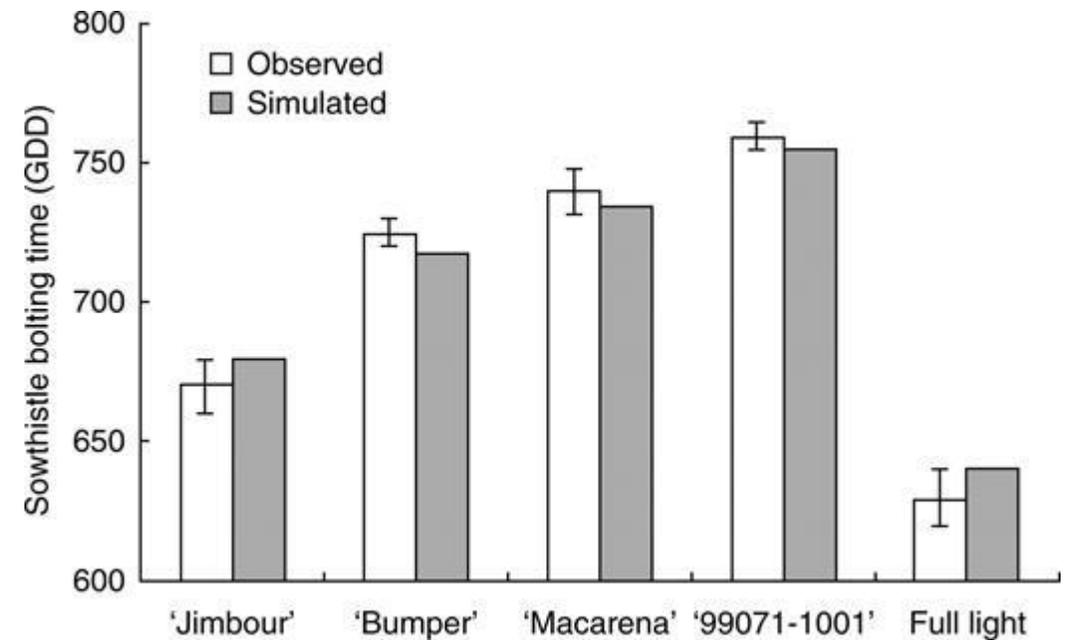
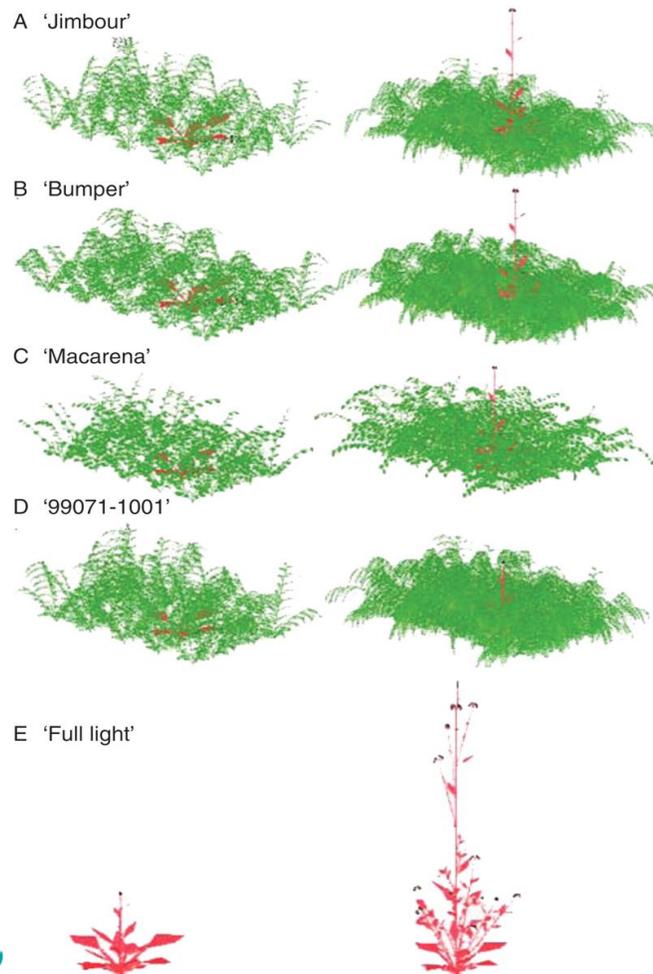
LAI = 4.4 m² leaf per m² soil
Z_{max} = 71.7 cm



➤ Réduction des produits phytosanitaires

Gestion des adventices

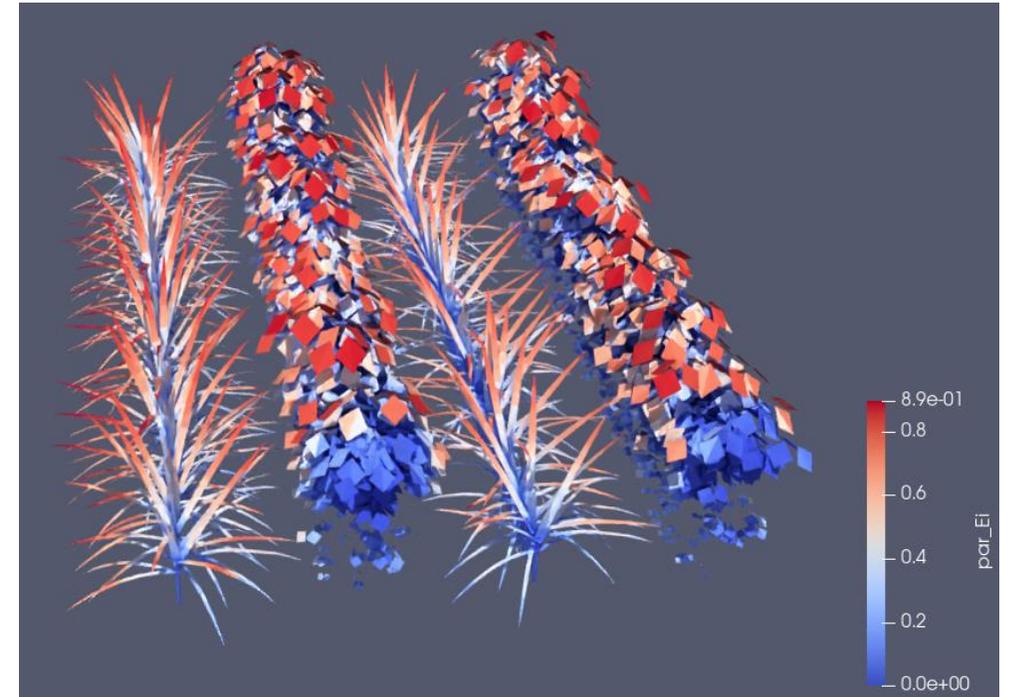
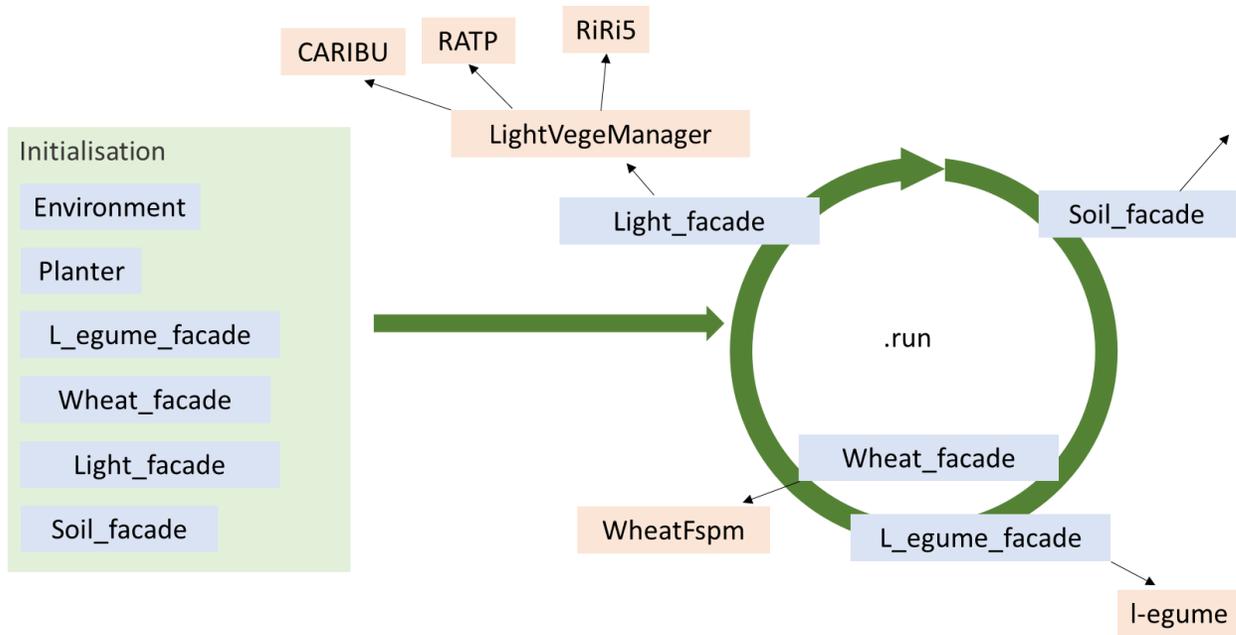
Effet architecture pois chiche sur développement du laitron



➤ Réduction des produits phytosanitaires

Gestion des adventices

Mulch vivant : utilisation de la luzerne comme plante de service



PlantFusion package : <https://github.com/openalea-incubator/plantfusion>



INRAE

FSPM & AgroEcology
Workshop OpenAlea 2024

M. Woussen, A. Grumel, D. Combes, G. Louarn, R. Barillot

INRAE



Perspectives

> Perspectives

Apports des FSPMs à l'agroécologie

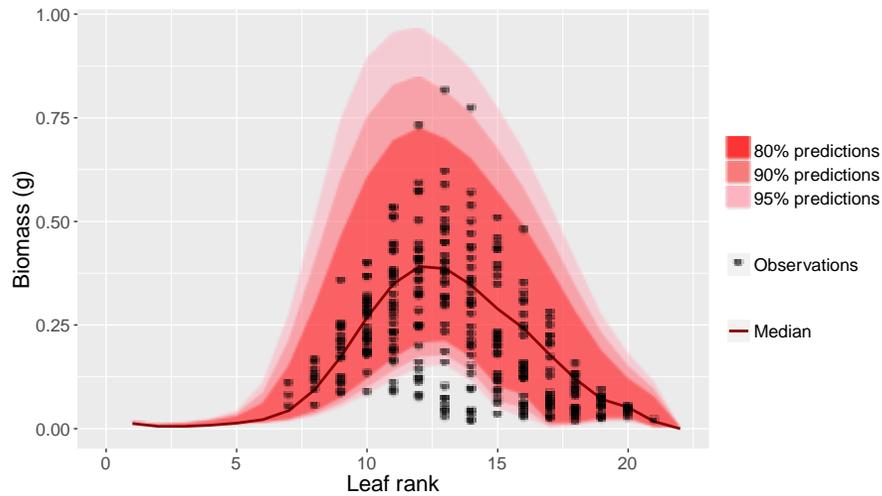
- Capacité à simuler une forte diversité de plantes
- Particulièrement adaptés aux peuplements hétérogènes : plante individuelle + modèle environnement
- Modèles mécanistes pour explorer gamme environnements contrastés

➤ Perspectives

Intégration de la variabilité génétique

Prise en compte dans les couverts de la variabilité inter-plantes
(e.g. couverts hétérogènes; dynamique des populations)

=> Rendre compte de plantes « non-moyennes »



Introduction d'un effet aléatoire sur deux paramètres suffit pour rendre compte de la variabilité d'architecture mesurée

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & -1 & \dots & 1 \\ -1 & -1 & 1 & \dots & -1 \\ -1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \\ g_4 \\ \vdots \\ g_n \end{pmatrix}$$

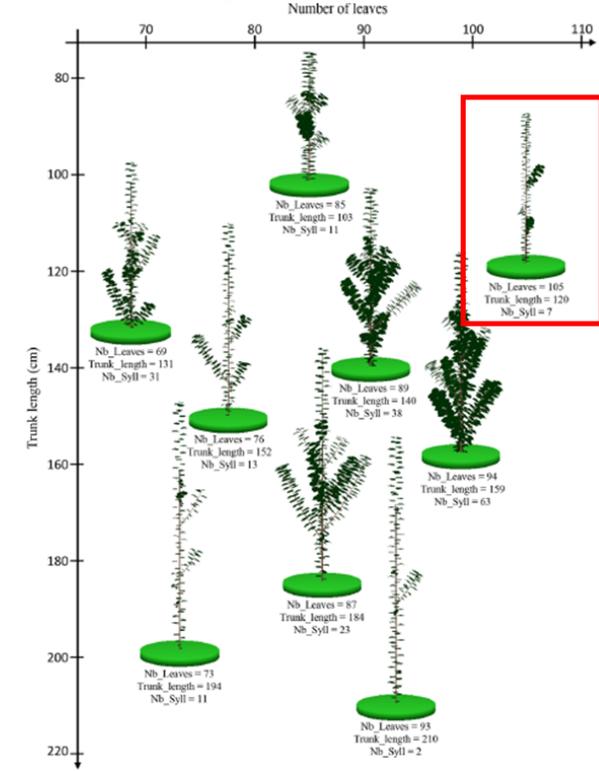
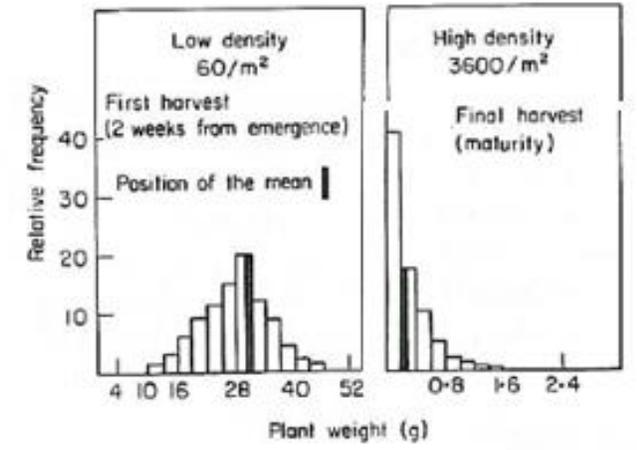
Vector of model parameters \rightarrow MappleT
[Phyllo, P_branch_i, IN_length, Leaf_Area]

Climatic variables (daily temperature)

Migault et al., 2017

Couplage FSPM et modèle génétique

Structure de taille Harper, 1977



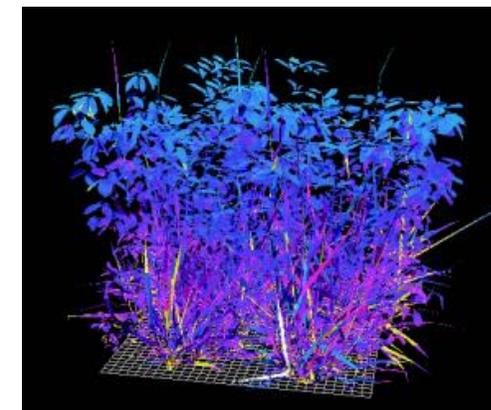
> Perspectives

Interactions plante - plante

Approfondir la compréhension mécaniste de la physiologie des interactions plante-plante

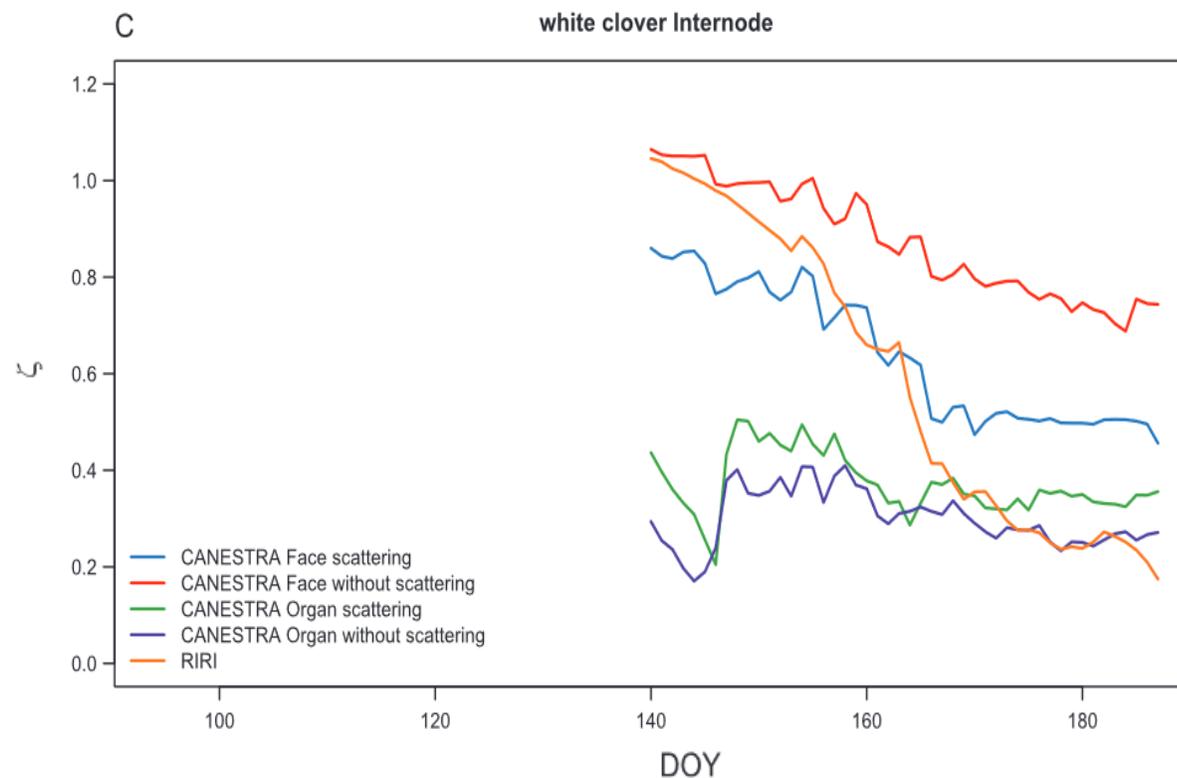
Au niveau aérien : fortement lié à la perception de signaux lumineux

Défis : identifier sites de perception et lois de réponse -> appui des FSPMs



Morphogenetically Active Radiation

Escobar-Gutiérrez *et al.* 2009

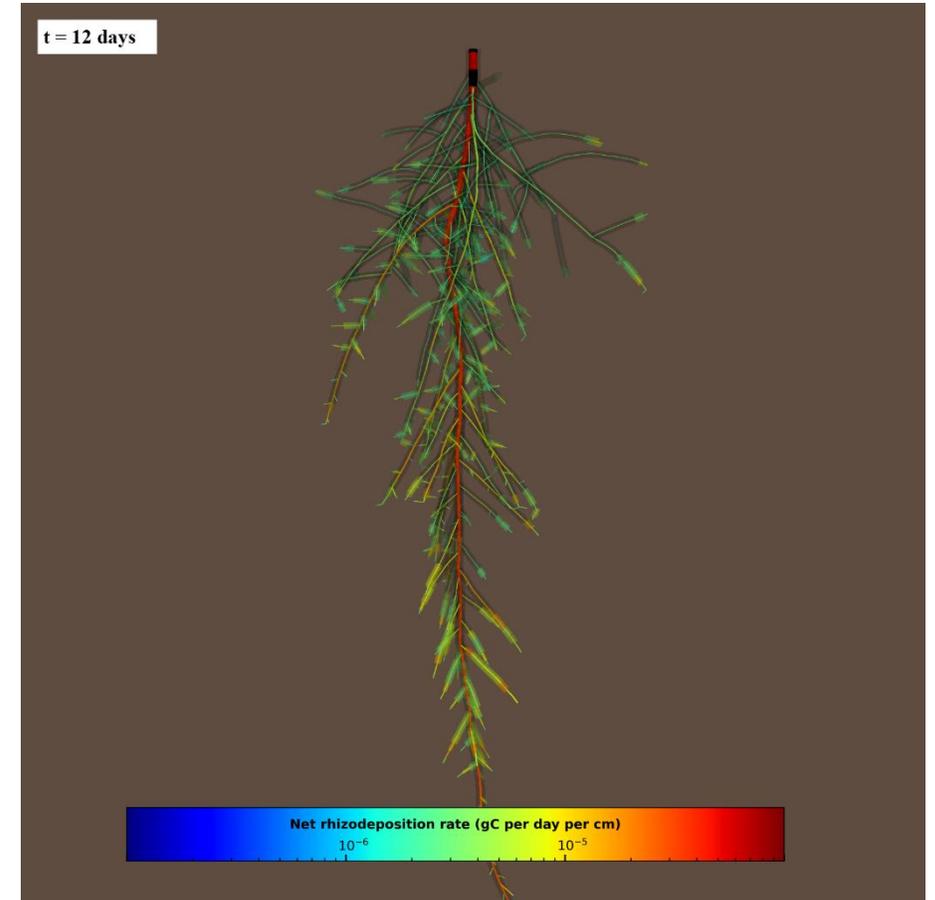
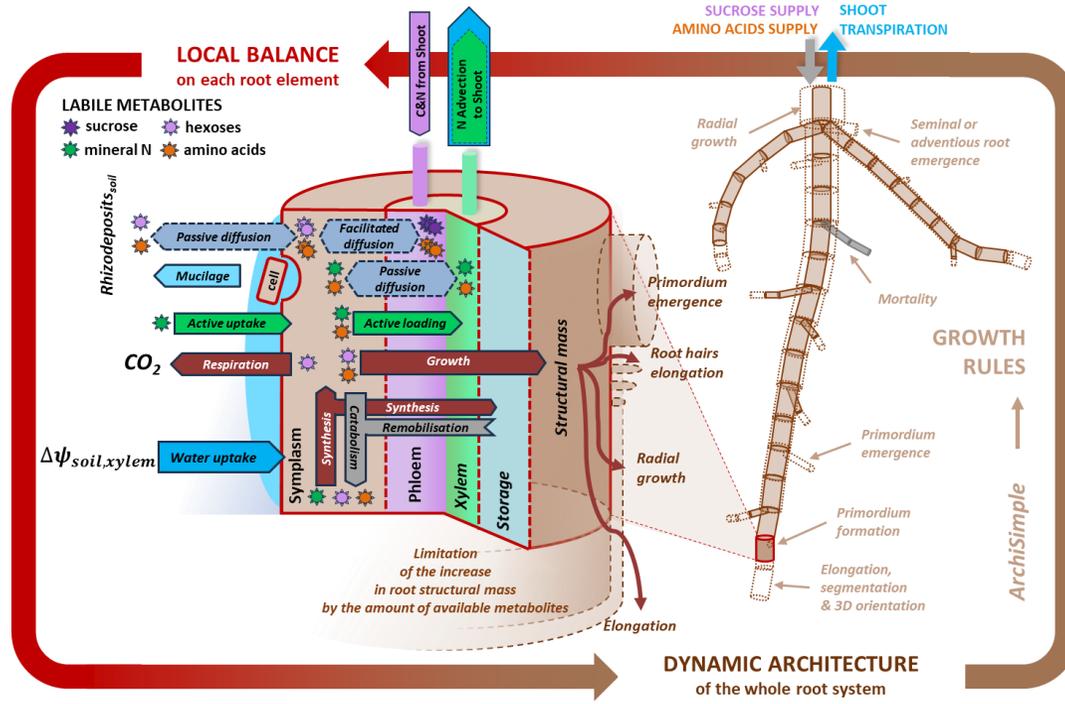


Couturier *et al.*, 2022

➤ Perspectives

Interactions plante – sol - microorganismes

RhizoDep & Wheat-BRIDGES : FSPM racinaire – flux de C vers le sol



INRAE



Merci de votre attention