



➤ Caractérisation et modélisation algorithmique de la réponse du système d'acquisition racinaire d'azote à un milieu hétérogène en nitrate

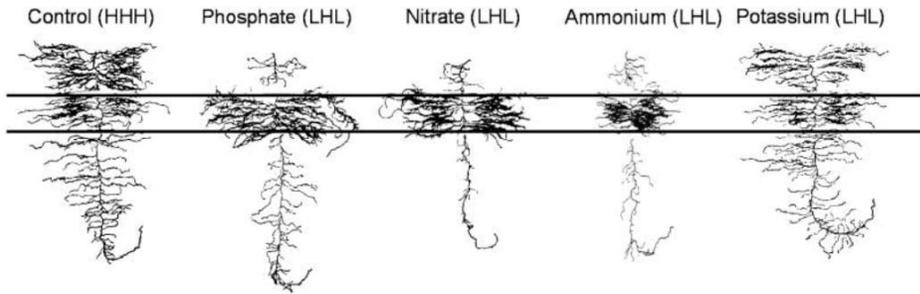
(Novembre 2023– Octobre 2026)

Cannelle Armengaud, IPSiM (Dir. Sandrine RUFFEL)

Séminaire du Métaprogramme DIGIT-BIO : 12 et 13 décembre 2024, Hôtel Valpré - Ecully

- Axe 1 : Décryptage multi-échelle des fonctions du vivant
- Axe 2 : Prédiction de phénotypes**
- Axe 3 : Transfert et généralisation
- Axe 4 : Jumeaux numériques

➤ Contexte



Les nutriments sont distribués de manière hétérogène dans le sol

Exploiter les sources de nutriments

→ Transport

Explorer le sol

→ Volume

Le **compromis** entre exploitation et exploration des sols doit être **optimisé** afin de maximiser l'acquisition de nutriments en minimisant l'utilisation de ressources internes

➤ **MIEUX COMPRENDRE ET MODÉLISER CE COMPROMIS**

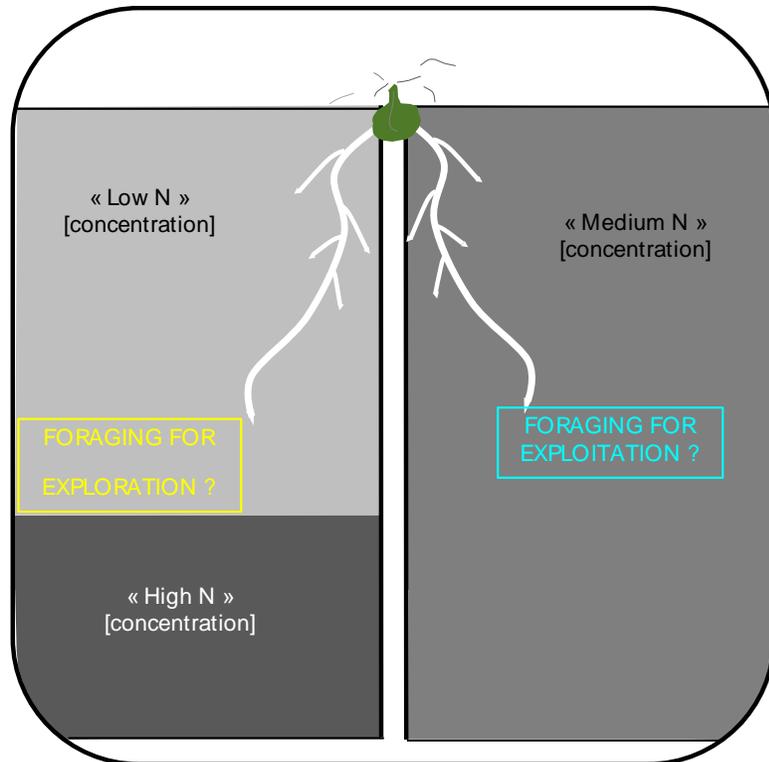
> Contexte

PROJET EXPLORATOIRE ALGO-ROOT (2021-2023)

Collaboration avec **Saket Navlakha** et **Xingyu Zheng** (Thèse)
Simons Center for Quantitative Biology



Cold
Spring
Harbor
Laboratory



- Examiner le comportement de la plante face à différents choix



Mise en place des patches horizontaux trop complexe

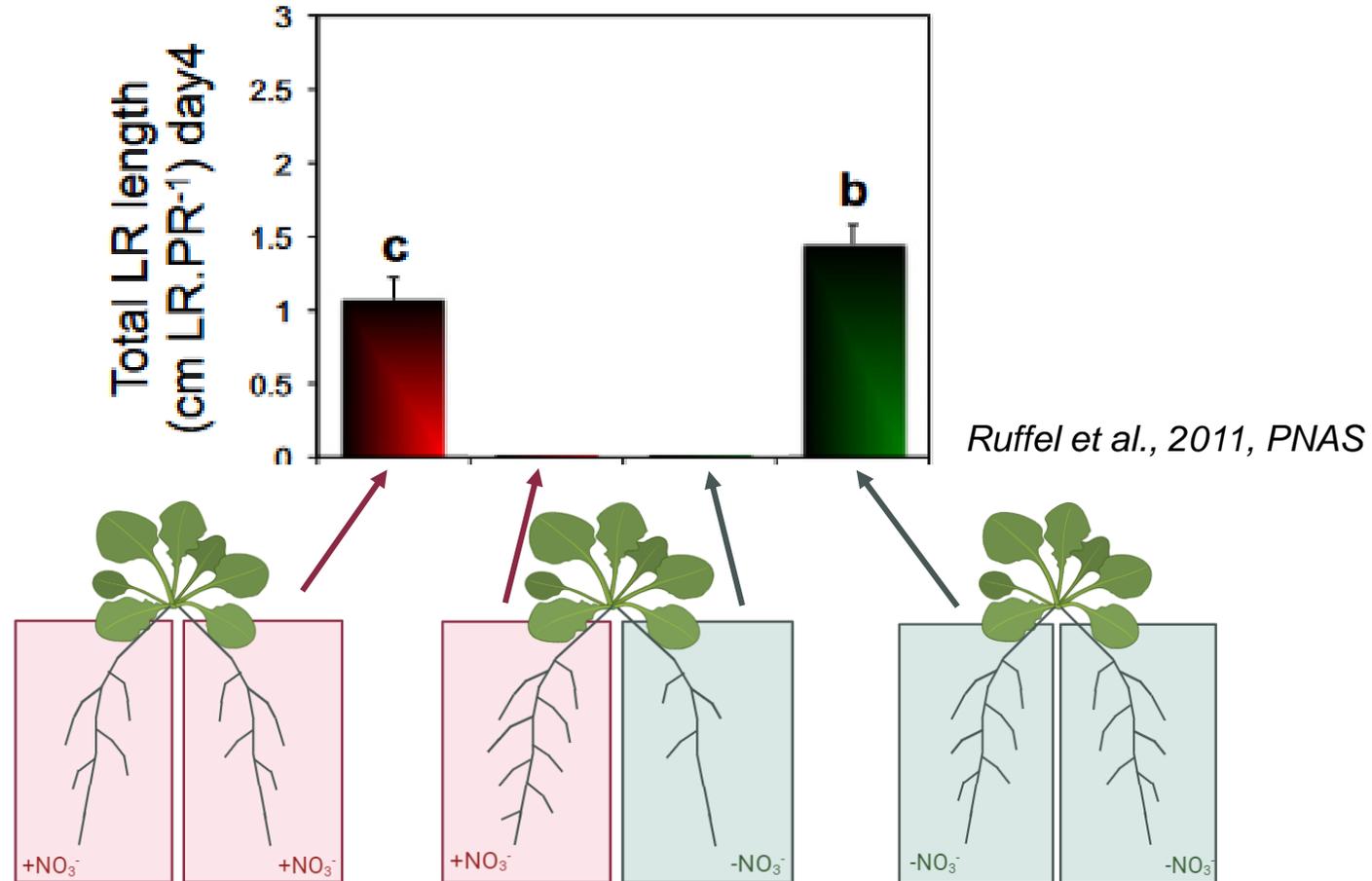
- Cadre mathématiques du Bandit-Manchot



Hypothèse de départ non-applicable à notre modèle d'étude

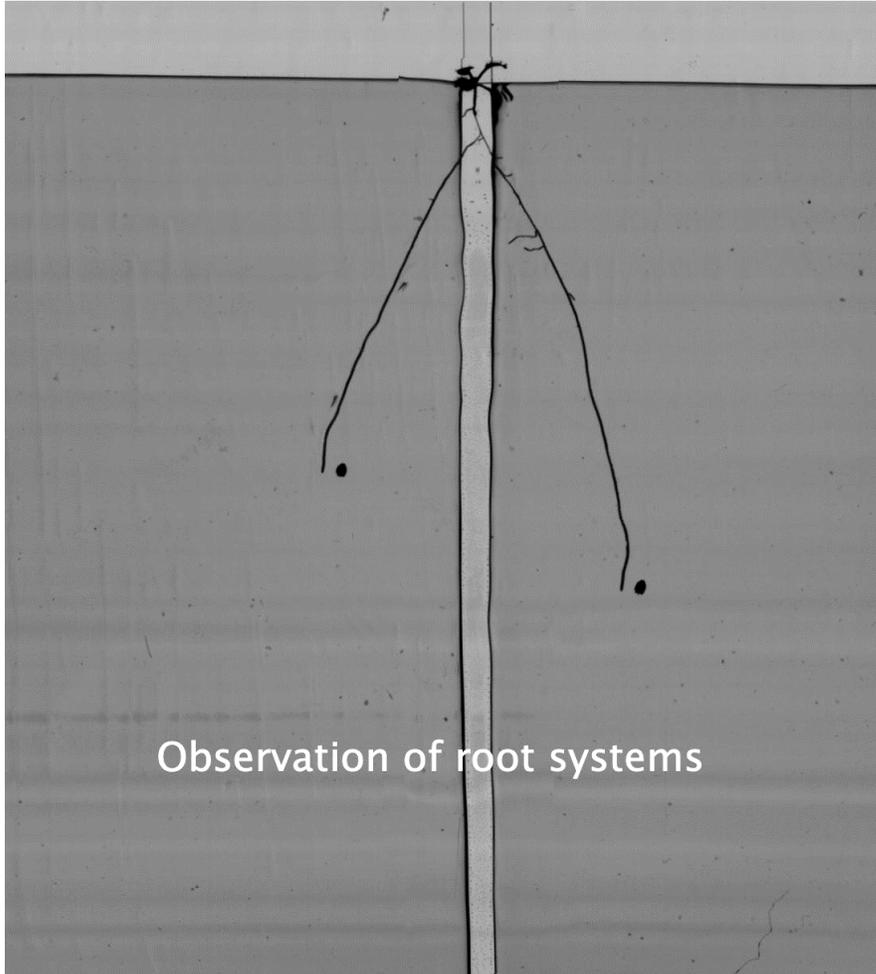
➤ Contexte

→ Modèle original de split-root vertical



Modélisation de la dynamique de la mise en place de la réponse à l'hétérogénéité ?

➤ Objectifs



→ **Caractérisation du modèle original de split-root vertical**

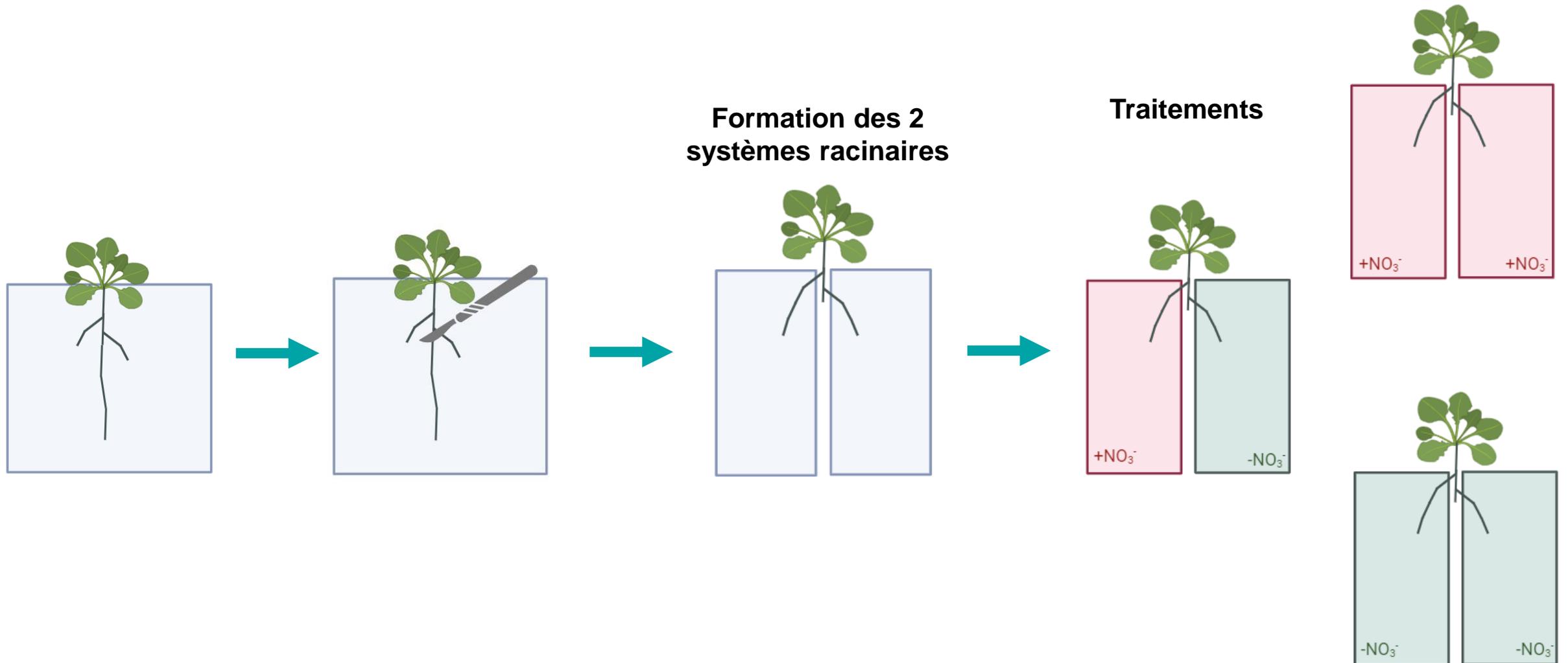
→ **Modélisation du comportement du système racinaire en milieu hétérogène**

✓ mieux comprendre les paramètres clés et les bases génétiques de l'adaptation

✓ algorithmes bio-inspirés pour d'autres domaines
?

➤ Méthodes

MISE EN PLACE DU SYSTÈME SPLIT-ROOT

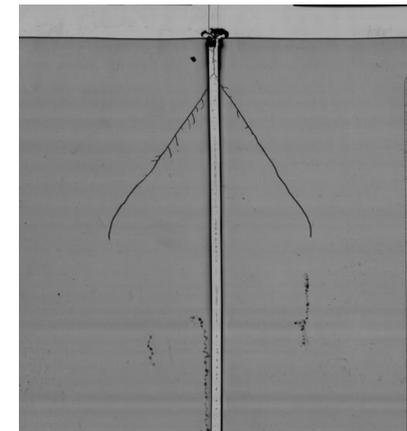


➤ Méthodes

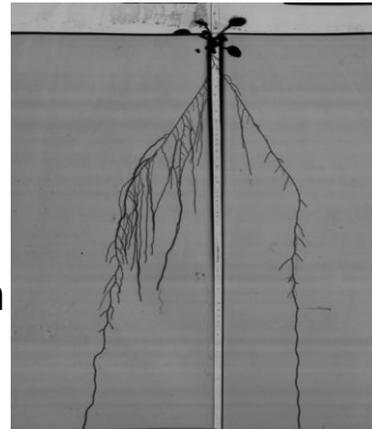
ANALYSE DYNAMIQUE DU DEVELOPPEMENT RACINAIRE

HIRROS: High Resolution Root Scanner

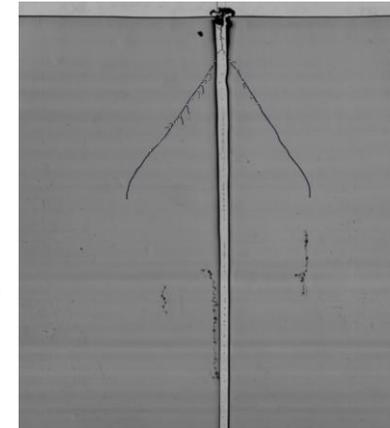
Root System Tracker



Acquisition
→
toutes les 6h



Reconstruction de
→
l'architecture racinaire



RSML
expert

Génération d'un fichier en langage RSML (Root System Markup Language)

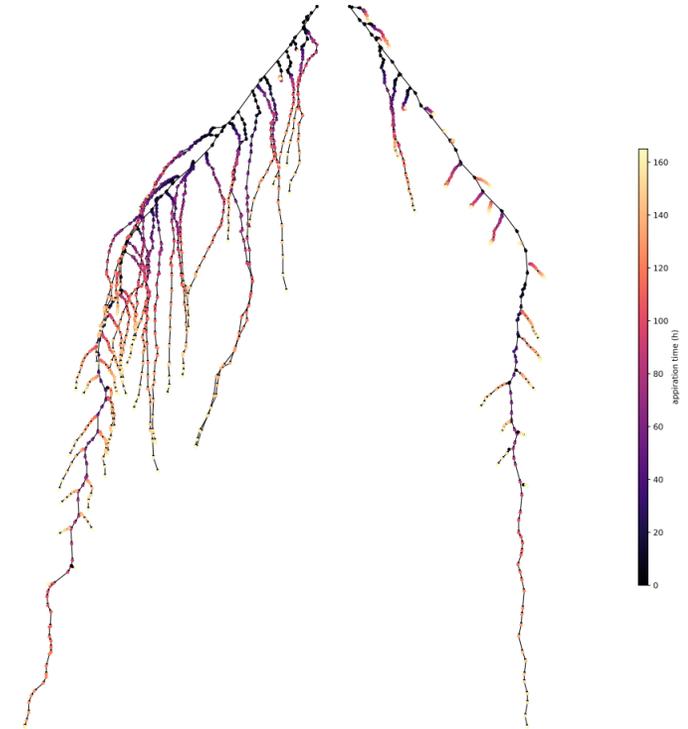
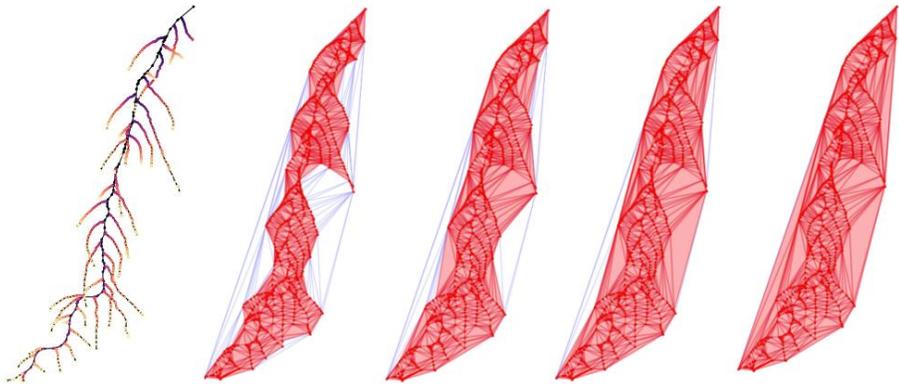
```
<rsml>
<metadata>
<version>1.4</version>
<unit>pixel(um)</unit>
<size>76.0</size>
<last-modified>15-11-2024 16:33:44</last-modified>
<software>RootSystemTracker</software>
<user>Unknown</user>
<file-key>61_graph_expertized</file-key>
<observation>
hours>0.0,6.0005,11.9994,17.9991,23.9979,30.0003,44.0317,44.9148,50.9117,56.9093,62.9049,68.9073,74.9127,80.909,92.1604,92.9169,98.908,104.9069,110.9084,116.907,122.9093,128.9073,134.9045,140.9038,150.7559,163.9757,164.5296</observation-hours>
<image>
<label>61_graph_expertized</label>
<sha256>Nothing there</sha256>
</image>
</metadata>
<scene>
<plant ID="1" label="">
<root ID="1.1" label="">
<geometry>
<polyline>
<point coord_t="0.0" coord_th="0.0" coord_x="567.0" coord_y="149.0" diameter="0.0" vx="0.0" vy="0.0"/>
<point coord_t="0.0143" coord_th="0.0" coord_x="564.0" coord_y="156.5" diameter="0.0" vx="0.0" vy="0.0"/>
<point coord_t="0.04" coord_th="0.0" coord_x="554.0" coord_y="167.0" diameter="0.0" vx="0.0" vy="0.0"/>
<point coord_t="0.0664" coord_th="0.0" coord_x="544.5" coord_y="178.5" diameter="0.0" vx="0.0" vy="0.0"/>
<point coord_t="0.1034" coord_th="0.0" coord_x="529.5" coord_y="193.0" diameter="0.0" vx="0.0" vy="0.0"/>

```

➤ Méthodes

Les fichiers RSML nous donnent accès, au cours du temps, à:

- La longueur de la racine primaire
 - La longueur des racines latérales
- Vitesse d'élongation
- Densité et distribution des racines latérales
 - L'aire explorée par le système racinaire

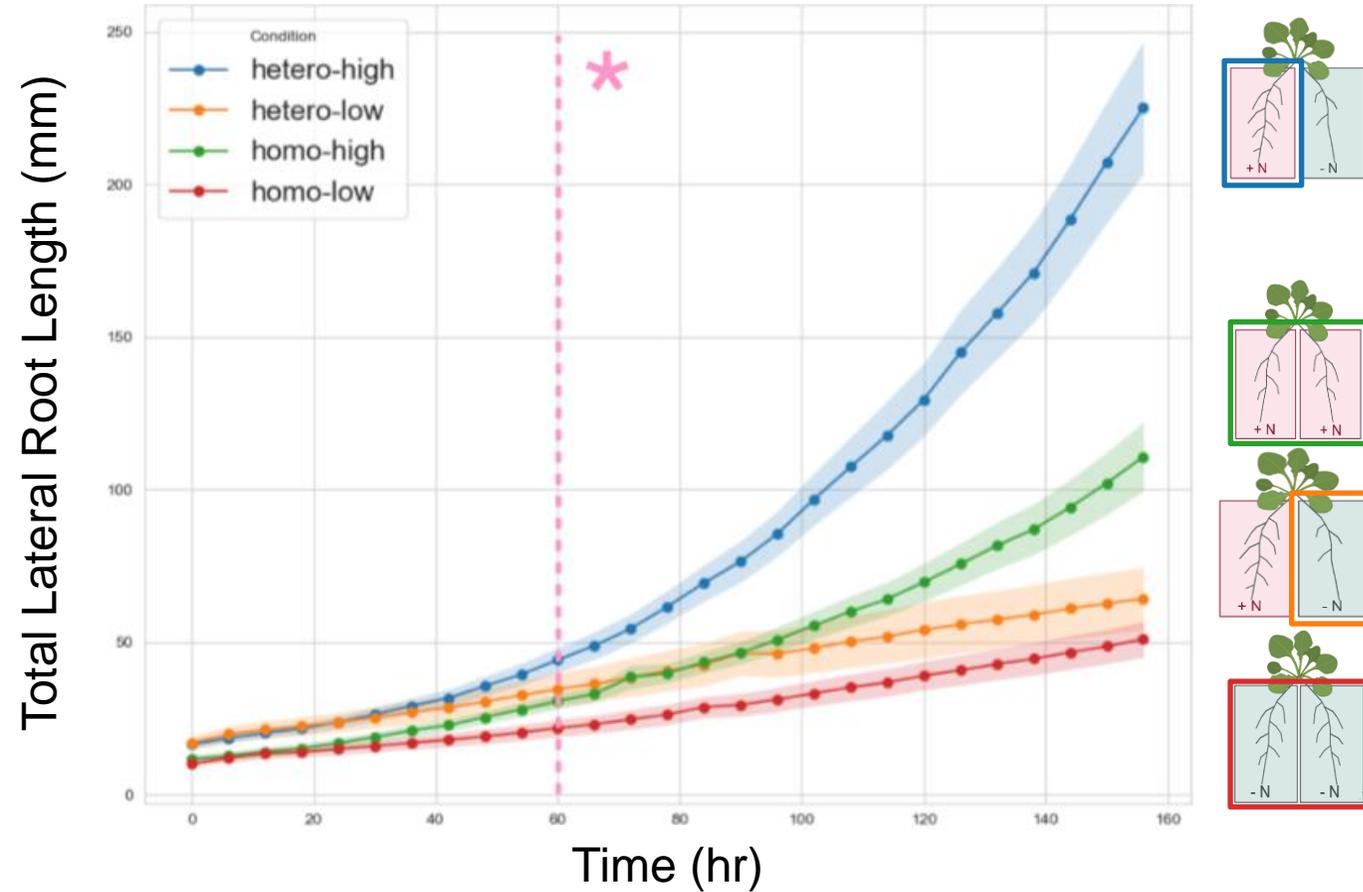


6 répétitions indépendantes

→ 240 plantes

➤ Résultats

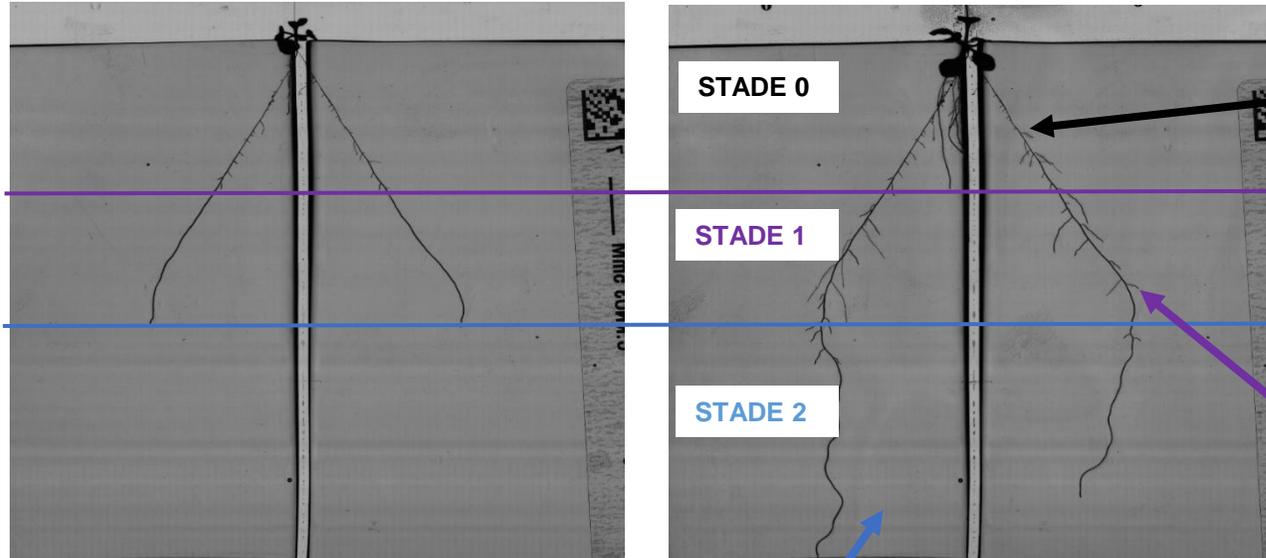
ANALYSE DYNAMIQUE GLOBALE DU DEVELOPPEMENT DU SYSTEME RACINAIRE



→ Augmentation significative de la vitesse d'élongation des racines latérales dans la partie +N des plantes en milieu hétérogène

> Résultats

ANALYSE DÉTAILLÉE DU DEVELOPPEMENT RACINAIRE EN FONCTION DU STATUT A TEMPS 0



STADE 0 – Portion de la racine primaire avec des racines latérales au moment du transfert

Théoriquement, il n'y a pas d'initiation de nouvelles racines latérales

- Nombre de racines latérales qui émergent ?
- Vitesse d'émergence ?
- Vitesse de croissance des racines latérales ?
- Longueur des racines latérales ?
- Angle de croissance des racines latérales ?

STADE 1 – Portion de la racine primaire sans racines latérales au moment du transfert

Théoriquement, il a peu d'événements d'initiation

- Nombre de racines latérales qui émergent ?
- Vitesse d'émergence ?
- Vitesse de croissance des racines latérales ?
- Longueur des racines latérales ?
- Angle de croissance des racines latérales ?

STADE 2 – Portion de la racine primaire qui grandit durant le traitement

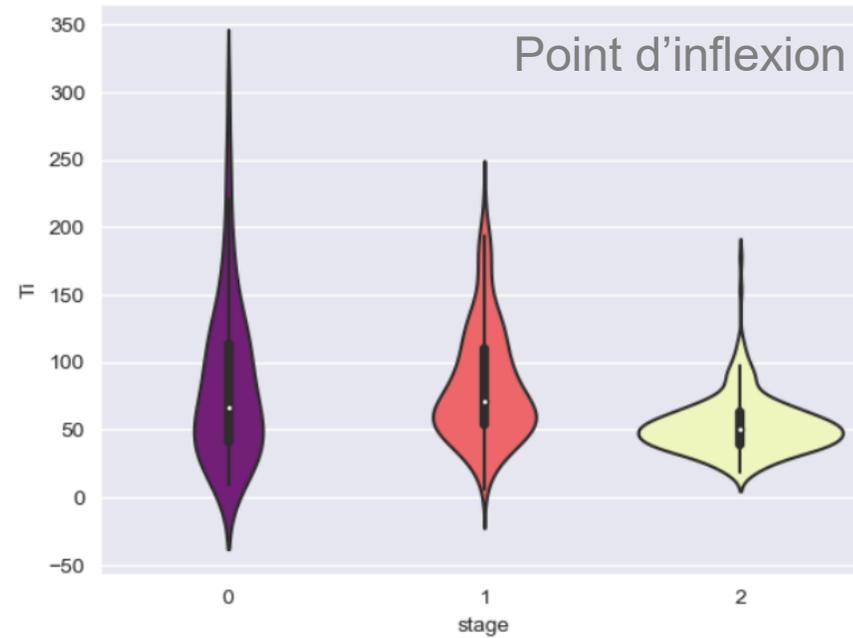
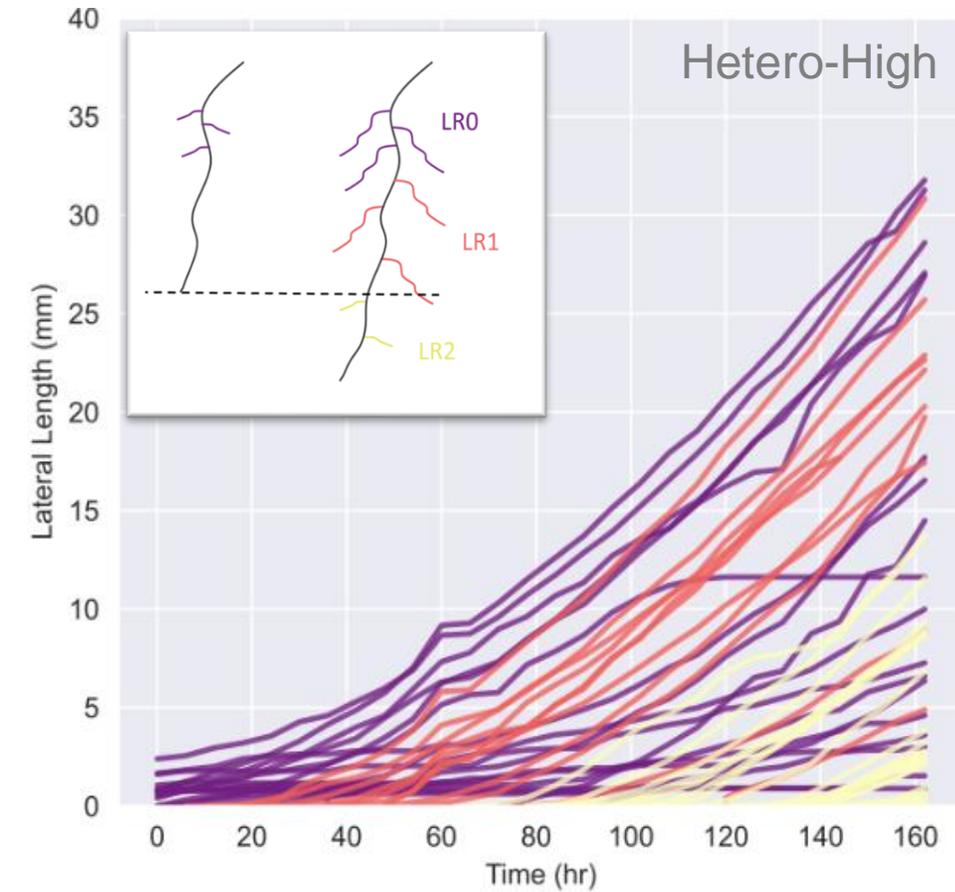
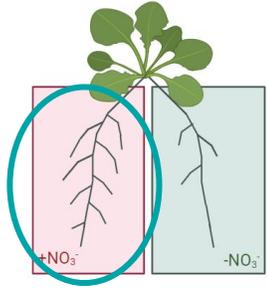
Vitesse de croissance ? Longueur ? Tortuosité ?

STADE 2 – Racine latérales émergeants sur cette portion

- Nombre de racines latérales qui émergent ?
- Vitesse d'émergence ?
- Vitesse de croissance des racines latérales ?
- Longueur des racines latérales ?
- Angle de croissance des racines latérales ?

➤ Résultats

VITESSE DE CROISSANCE DES RACINES LATÉRALES



→ Les racines latérales de stade 2 répondent rapidement et de façon homogène au traitement

➤ *Perspectives*

- **Jeu de données important et original sur la croissance racinaire dans 3 conditions différentes en azote**
 - Comment modéliser ces données dynamiques ?

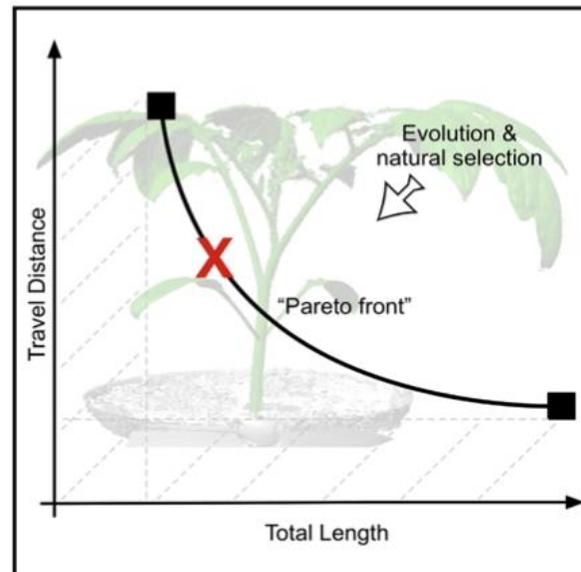
➤ Perspectives

- **Jeu de données important et original sur la croissance racinaire dans 3 conditions différentes en azote**

→ Comment modéliser ces données dynamiques ?

- **Utilisation du concept de l'Optimum de Pareto ?**

Évaluation du compromis entre 2 objectifs



Conn et al., 2017, Cell Systems
Laboratoire de Saket Navlakha

➤ Perspectives

- **Jeu de données important et original sur la croissance racinaire dans 3 conditions différentes en azote**

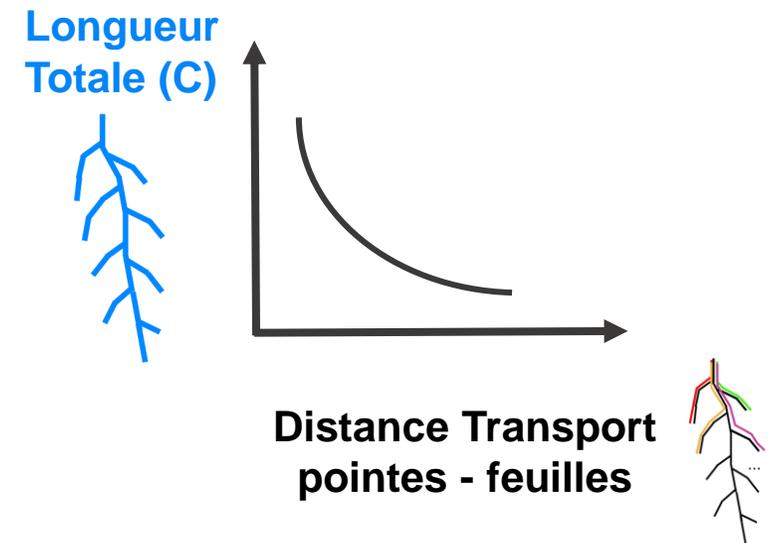
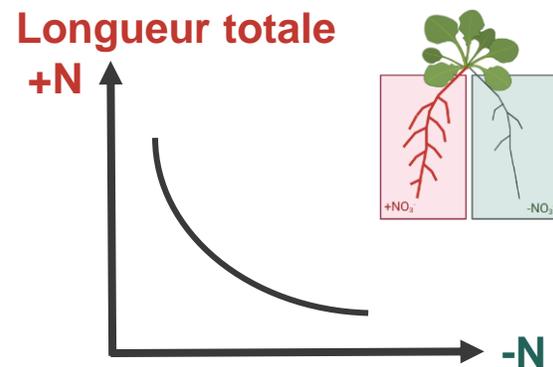
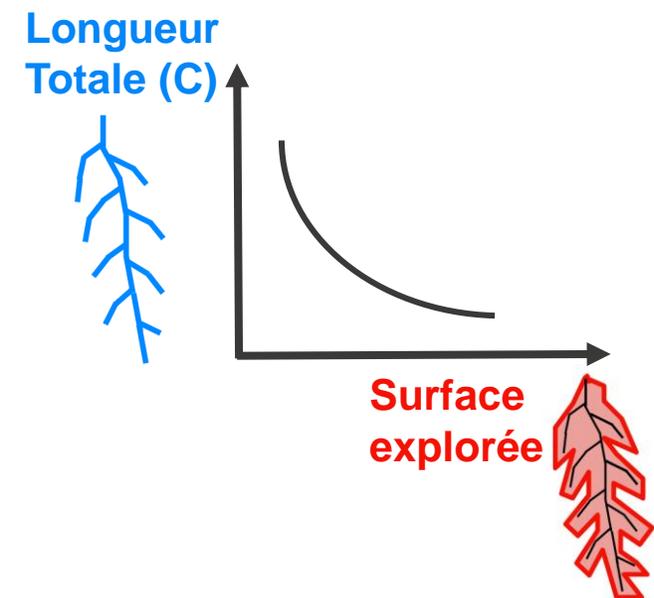
→ Modélisation de ces données dynamiques ?

- **Utilisation du concept de l'Optimum de Pareto ?**

Évaluation du compromis entre 2 objectifs

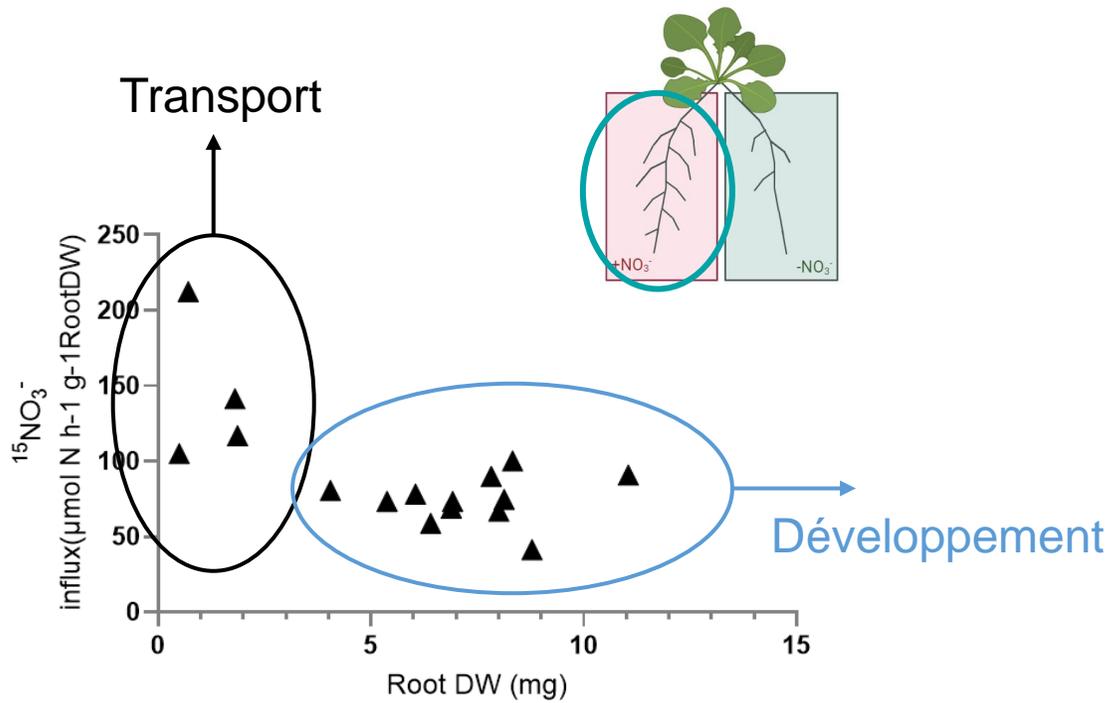
Découvrir les objectifs qui font l'objet de compromis

Extension du réseau de collaboration
Matthieu Plâtre CRCN IPSIM INRAE



➤ Perspectives

2ÈME PARTIE DE THÈSE : ETUDE DU COMPROMIS ENTRE TRANSPORT ET DÉVELOPPEMENT EN RÉPONSE À L'HÉTÉROGÉNÉITÉ



➔ Utilisation de mutants du développement et du transport pour déchiffrer les bases génétiques de ce compromis

↓
Pourront-êtré utilisés pour enrichir la modélisation

➤ **Merci de votre attention**