

# DÉVELOPPEMENT DE MÉTHODES D'ESTIMATIONS RACINAIRES NON DESTRUCTRICES AU CHAMP

## François POSTIC

*Travaux de thèse*

KATIA BEAUCHÊNE, CLAUDE DOUSSAN

ARVALIS & INRA, UMR EMMAH, AVIGNON

**ARVALIS**  
Institut du végétal

 **INRA**  
SCIENCE & IMPACT

# CONTEXTE



# AMÉLIORATION DES VARIÉTÉS DANS UN CONTEXTE CHANGEMENT

## Changement climatique en Europe

- Augmentation des événements de sécheresse  
*(Trnka, et al., Nature Climate Change, 2014)*

## Insécurité des sources de fertilisants d'ici la fin du siècle

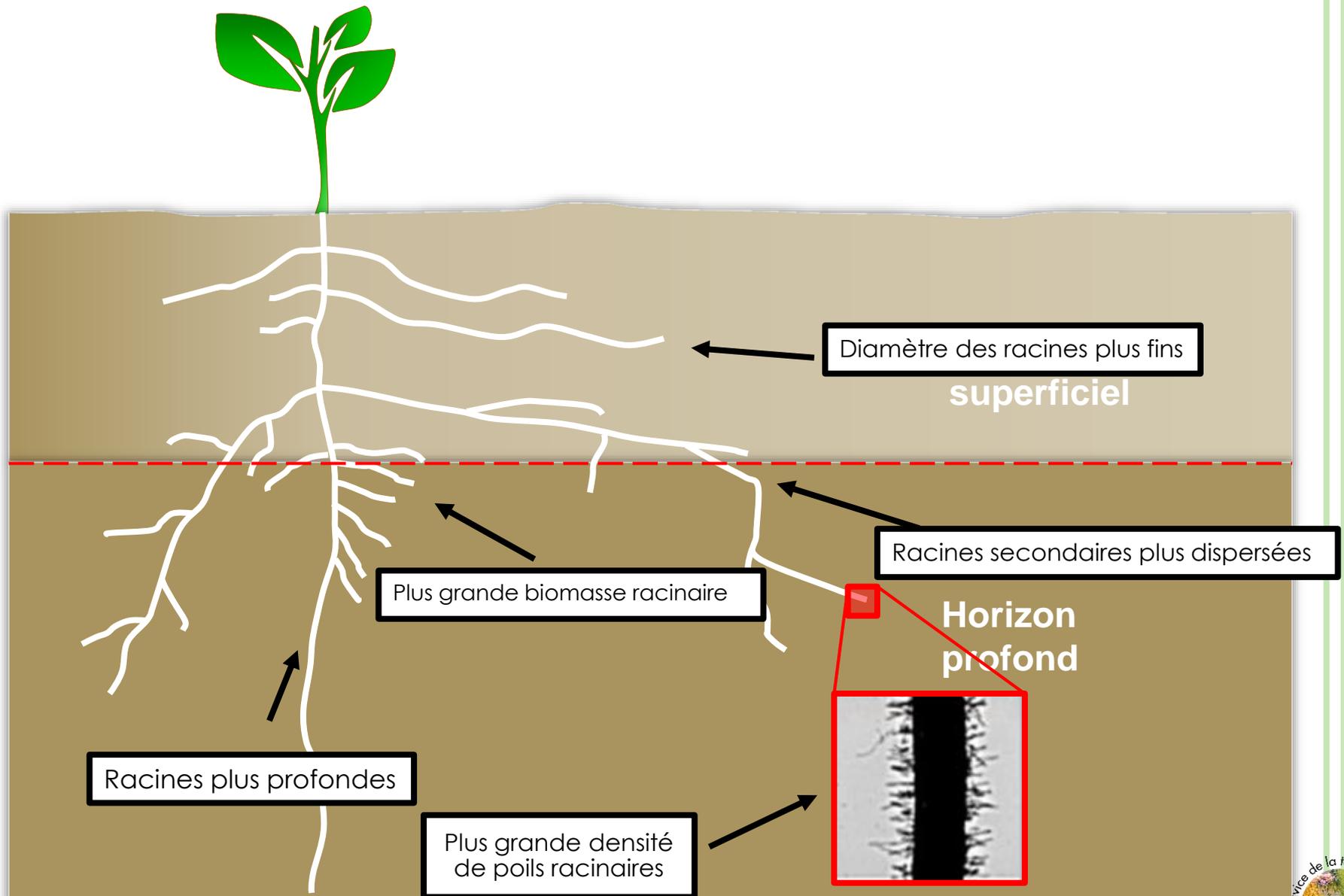
- Crise du stock de phosphore minéral *(Peñuelas, et al., Nature, 2013)*
- Crise pétrolière *(Chapman, Energy Policy, 2014)*

**Améliorer la résistance sècheresse et l'efficacité d'utilisation des fertilisants**

**Sélectionner les systèmes racinaires adaptés**

**Phénotypage racinaire**  
Mesurer un ensemble de traits racinaires de chaque individu

# TRAITS DU SYSTÈME RACINAIRE



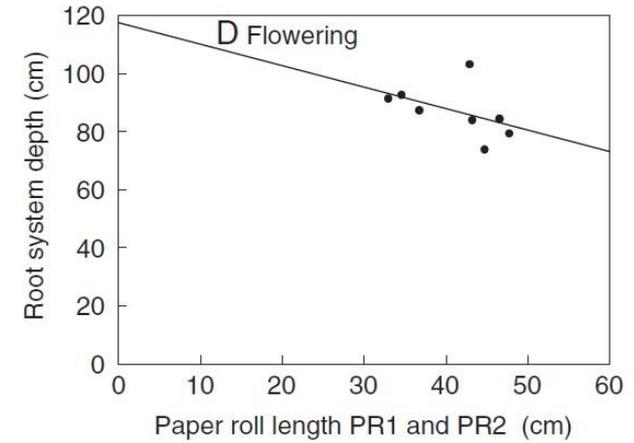
Lynch, *Australian Journal of Botany*, 2007

# ADAPTATION À LA SÉLECTION VARIÉTALE

- En **conditions contrôlées** : grands débits de mesure disponibles (1000 pots par jours)



*Jedy, et al., Plant Methods, 2016*



Mesures en **conditions contrôlées** ne sont **pas représentatives** des mesures en **champ**

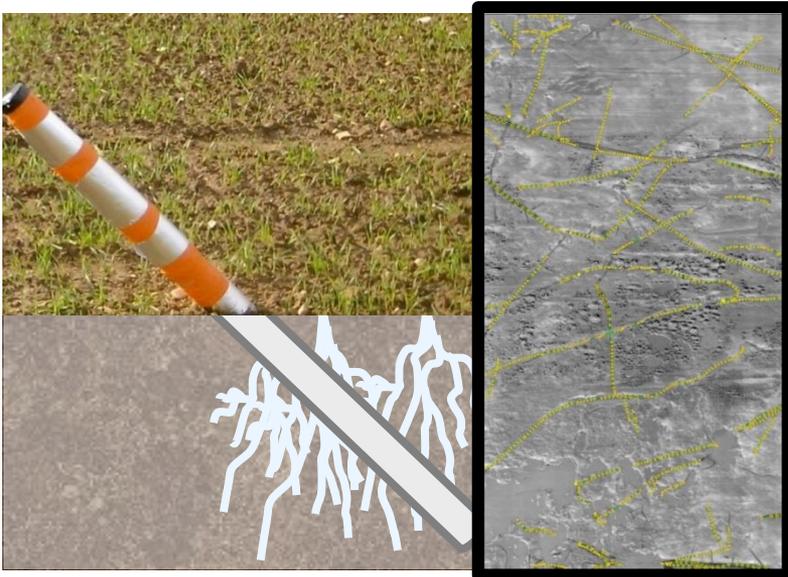
*(Watt, M., et al., Annals of botany, 2013)*

- Nécessité de mesures de traits racinaires au champ, notamment à floraison

# MÉTHODES TESTÉES

## Invasive

- Minirhizotron
  - Modérément rapide
  - Estimation directe
  - Images



Thèse Postic, 2016

## Non-invasive

- Méthodes électriques
  - Rapide
  - Estimation indirecte
  - Spectres électriques



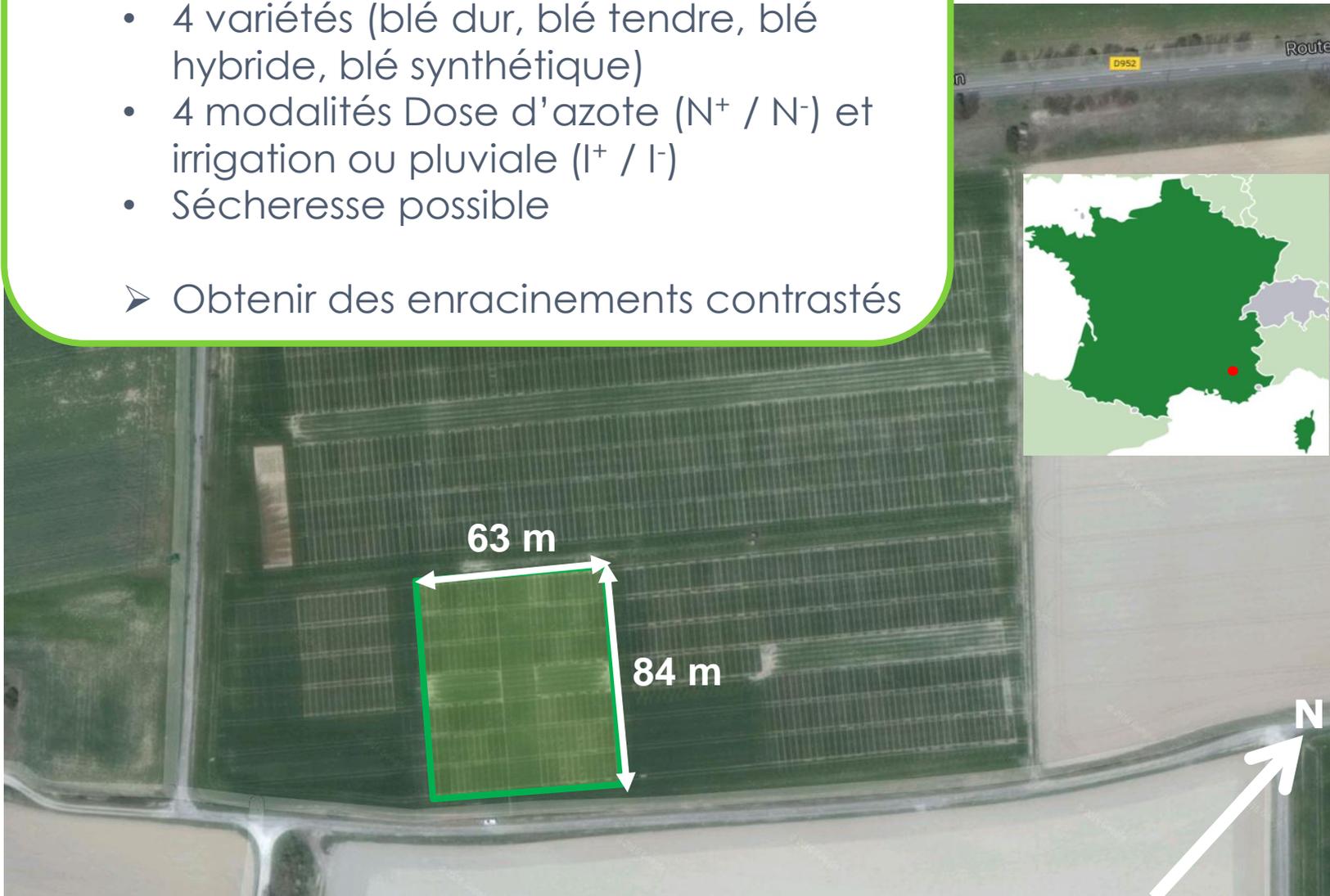
Thèse Postic, 2016

- Champ expérimental
- Résultats sur les minirhizotrons (méthodes invasives)
- Résultats sur les méthodes électriques (méthodes non invasives)
- Conclusions

# SITE EXPÉRIMENTAL

Essai agronomique à la station Arvalis de Gréoux-les-Bains (04)

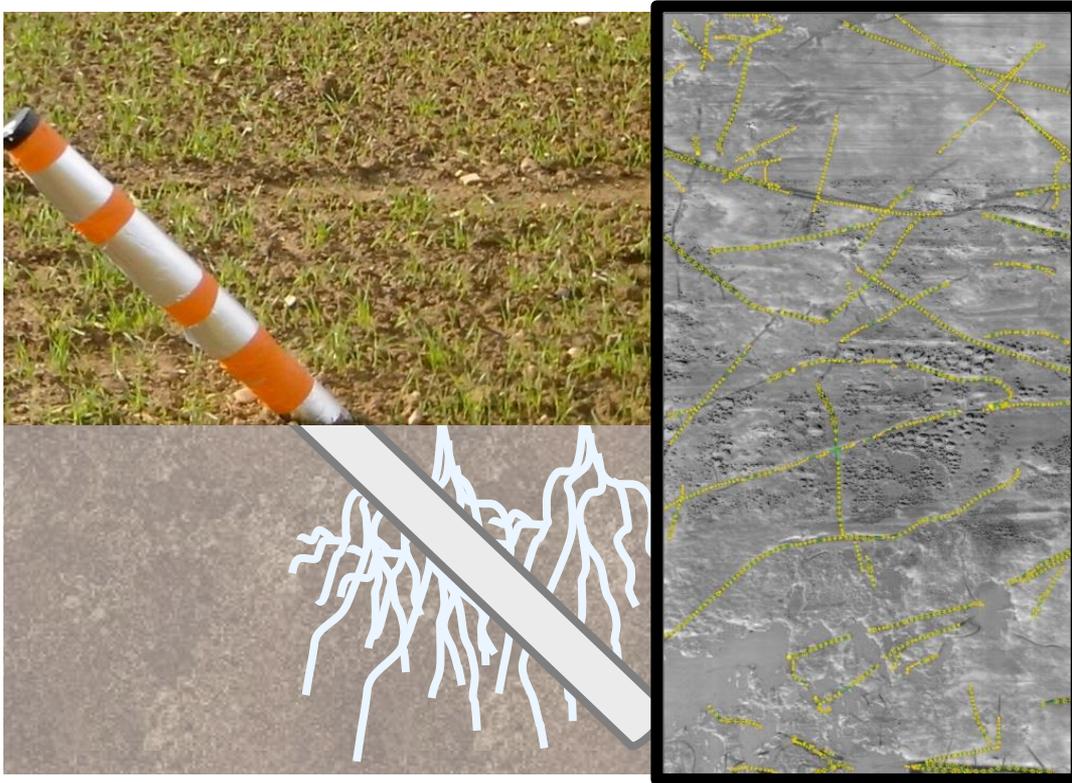
- 4 variétés (blé dur, blé tendre, blé hybride, blé synthétique)
  - 4 modalités Dose d'azote ( $N^+$  /  $N^-$ ) et irrigation ou pluviale ( $I^+$  /  $I^-$ )
  - Sécheresse possible
- Obtenir des enracinements contrastés



# MÉTHODES INVASIVES : MINIRHIZOTRONS



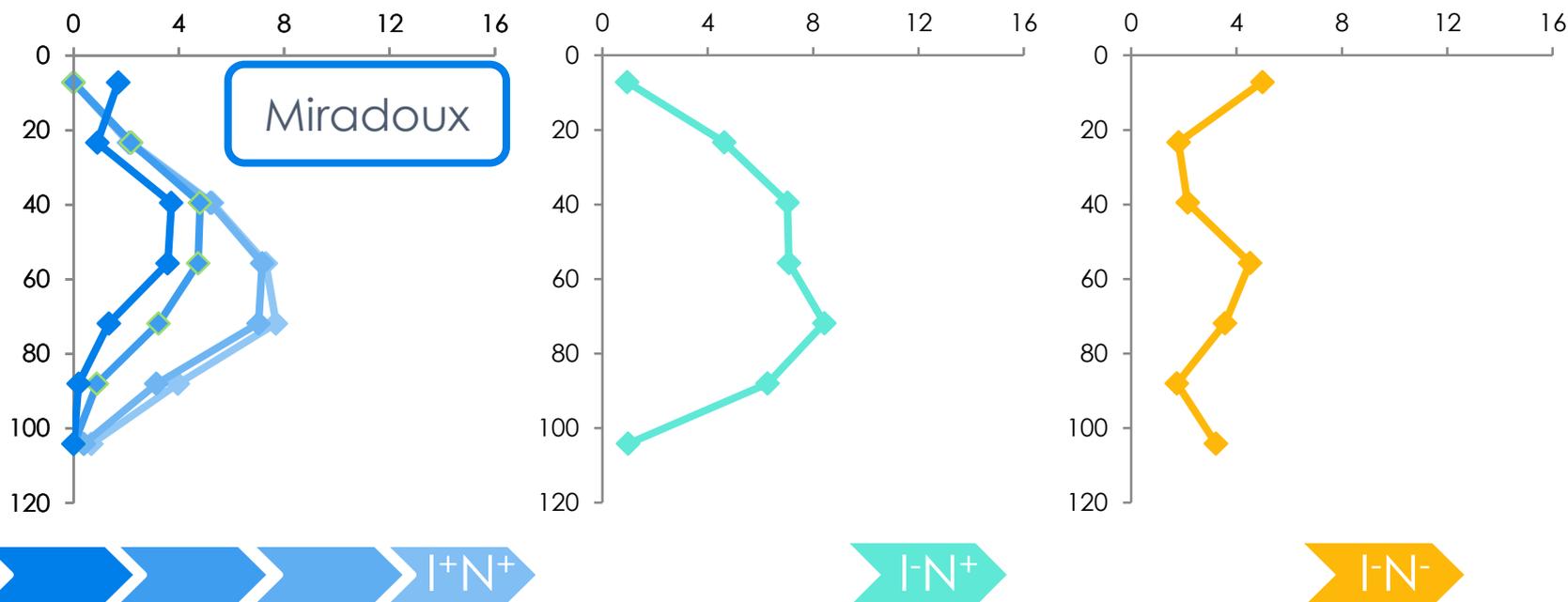
# MINIRHIZOTRONS : PRINCIPE



- Données mesurées
  - Longueurs de racines
  - Tracés semi- manuels

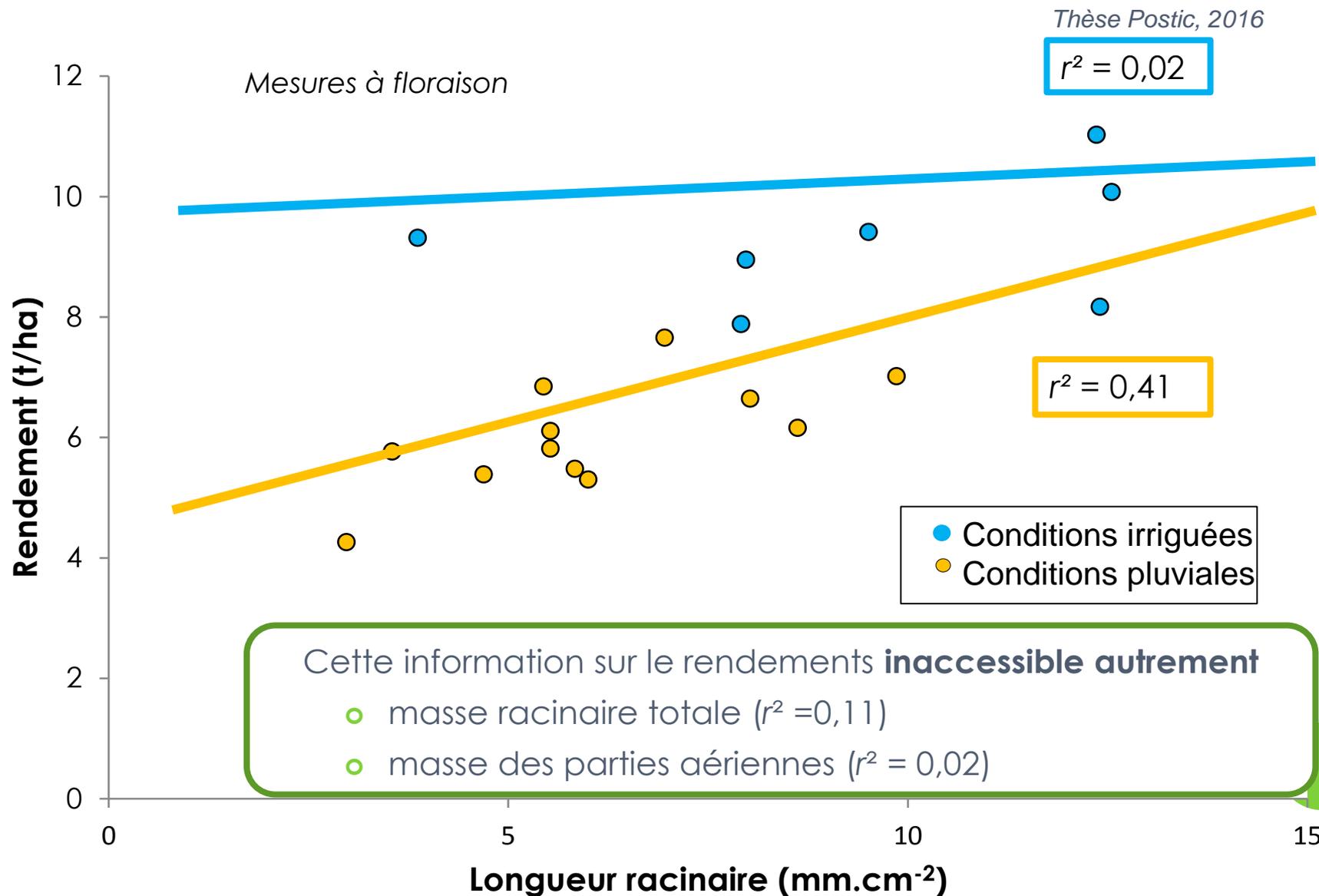
- Profondeur : jusqu' à 120 cm
- 19 installés
  - Miradoux / Apache
    - 3 conditions ( $I^+N^+$ ,  $I^-N^+$  et  $I^-N^-$ )  
× 2 répétitions
  - Hystar / Nogal
    - 2 conditions ( $I^+N^+$  et  $I^-N^-$ )  
× 2 répétitions

# MINIRHIZOTRONS : DYNAMIQUE ET PLASTICITÉ DES SYSTÈMES RACINAIRES

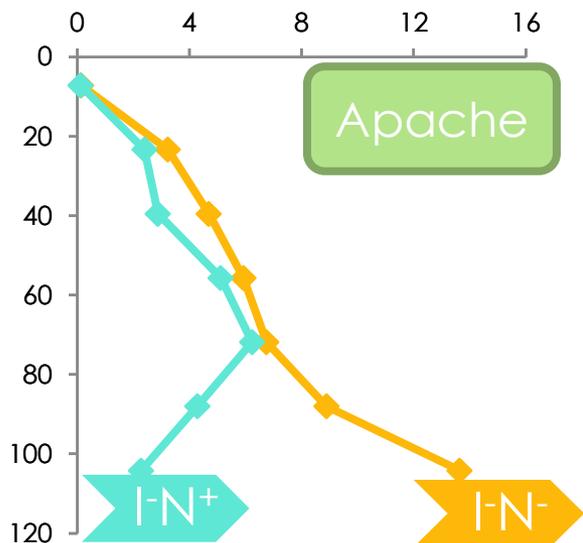


- Minirhizotrons permettent mesures espacées dans le temps
  - Observation la croissance
  - Observation la plasticité face à l'occurrence de stress
- Minirhizotrons souffrent d'un biais
  - Large sous-estimation des horizons superficiels (0–30 cm)

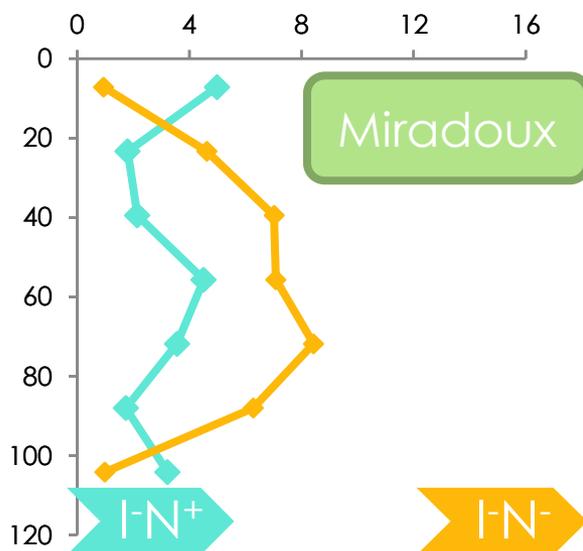
# MINIRHIZOTRONS : RELATION SYSTÈMES RACINAIRES ET RENDEMENTS



# MINIRHIZOTRONS : RACINES PROFONDES ET RÉSISTANCE SÉCHERESSE



Écart de rendements  
entre I-N+ et I-N-  
1,98 t/ha



Écart de rendements  
entre I-N+ et I-N-  
0,88 t/ha

## ○ Rendements

- Proportionnel à la quantité de **racine** en **profondeur** (>40cm)

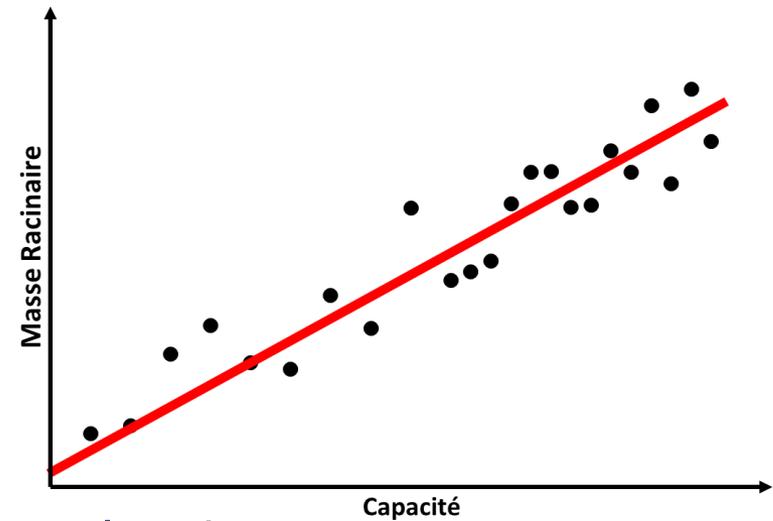
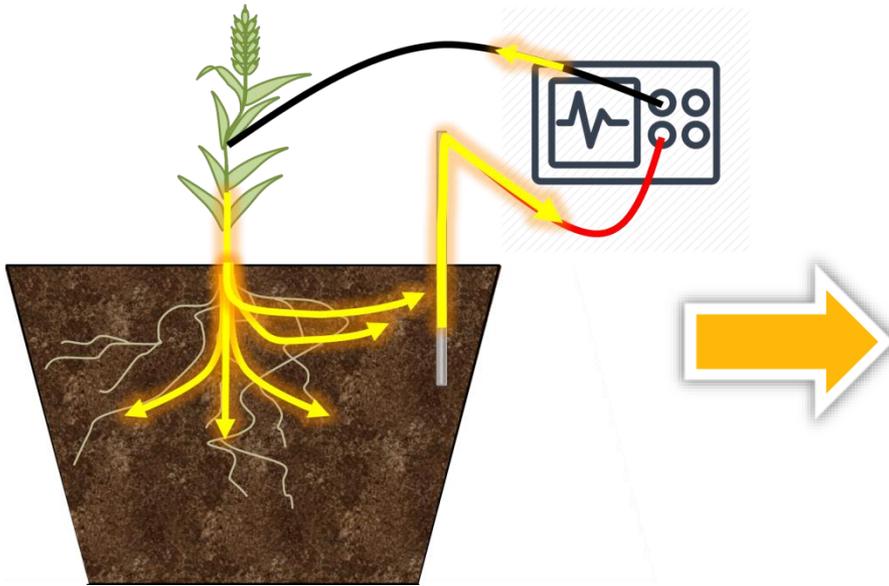
## ○ Ecart entre situations

- **Différence variétale** de **plasticité** face au stress

# MÉTHODES NON INVASIVES : MÉTHODES ÉLECTRIQUES

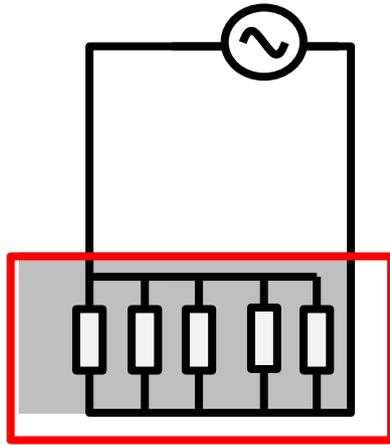
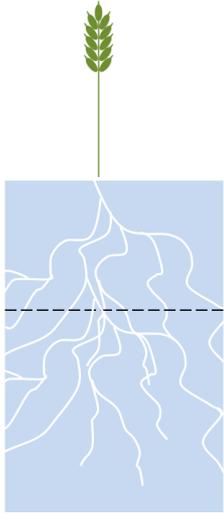


# MÉTHODE ÉLECTRIQUE : PRINCIPE



- Injection de courant dans la plante, récupération dans le sol
- Variable électrique mesurée proportionnelle à la masse de racine

# MÉTHODE ÉLECTRIQUE : THÉORIE



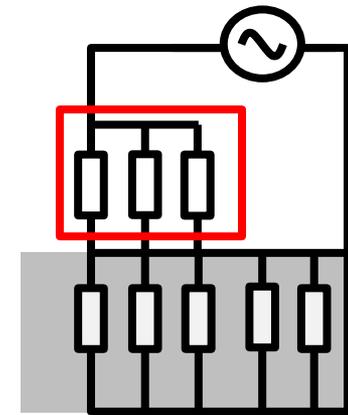
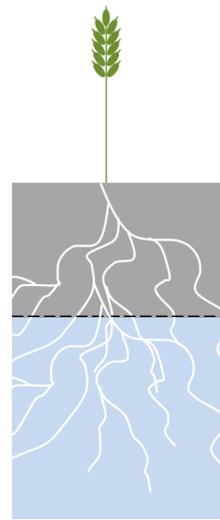
*Dalton, 1995*

Mesure les racines localisées dans un **milieu conducteur** (ex: eau, sol humide)



## Capacité

proportionnelle à masse racinaire



*Dietrich et al., 2012*

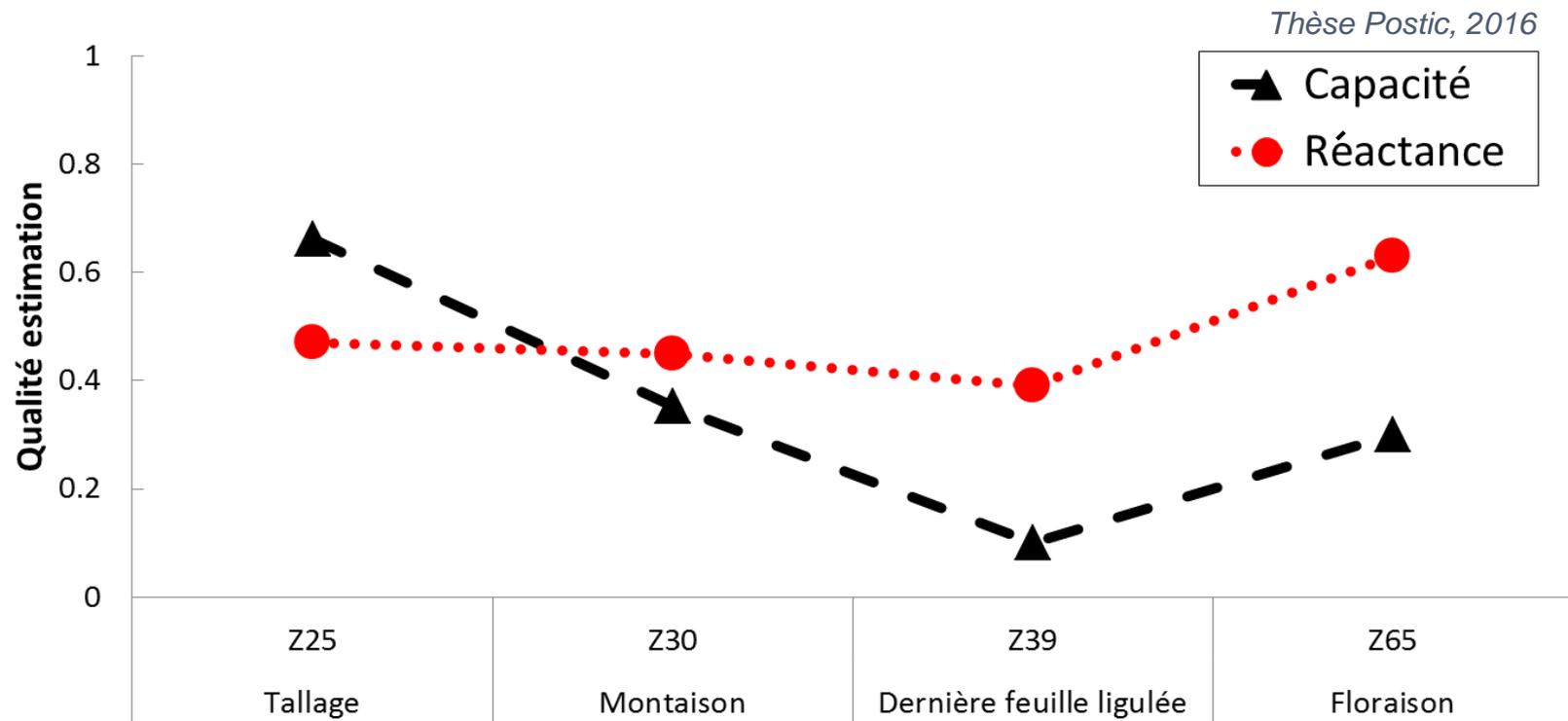
Mesure les racines localisées dans un **milieu non-conducteur** (ex: air)



## Réactance

proportionnelle à masse racinaire

# MÉTHODE ÉLECTRIQUE : RÉSULTATS DES MESURES AU CHAMP



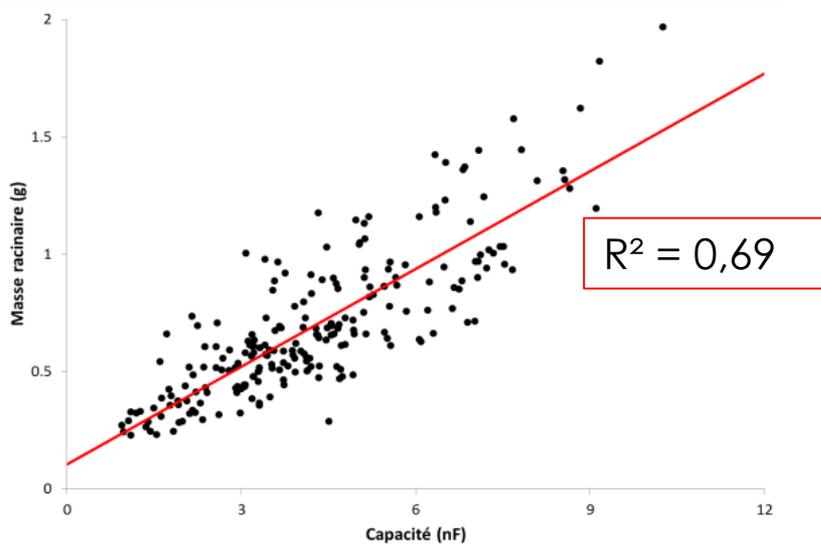
○ Nécessité de considérer stade de développement

- Stades **précoces** → **Capacité** électrique sur **sol humide**
- Stades **reproductifs** → **Réactance** électrique sur **sol sec**

# MÉTHODE ÉLECTRIQUE : RÉSULTATS EFFET STADE DE DÉVELOPPEMENT

## Capacité

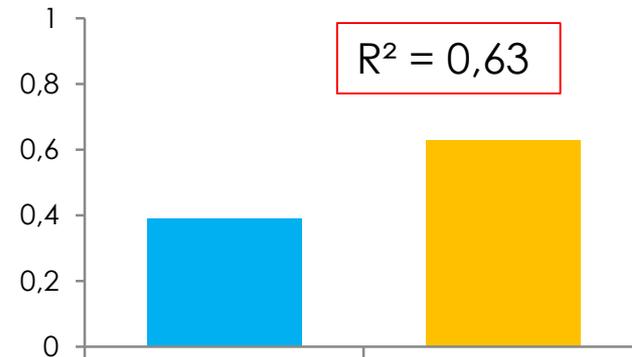
- Stades **précoces** ou en **conditions contrôlées**
- Optimisation du dispositif de mesure (Postic & Doussan, 2016)



Thèse Postic, 2016

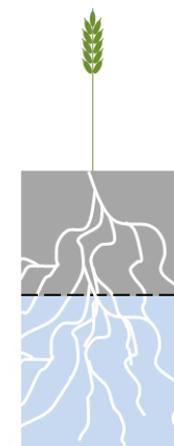
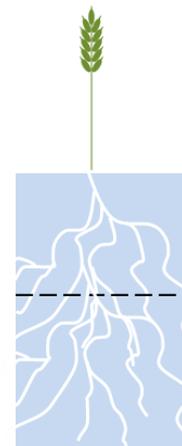
## Réactance

- Stades plus **développés** *in situ*
- Conditionné aux **horizons secs superficiels (< 40 cm)**



Humide

Sec



# CONCLUSIONS



# CONCLUSION SUR LES DEUX MÉTHODES

	<b>Humidité du sol</b>	<b>Horizons sondés</b>	<b>Mesure de distribution racinaire</b>
<b>Minirhizotrons</b>	Indépendant	Profonds (>40 cm)	Selon la verticale
<b>Méthodes électriques</b>	Dépendant	Superficiel (<40cm)	Aucun

- Complémentarité des méthodes sur la profondeur des horizons sondés
- Donnent accès à des traits globaux (masse totale) ou spatialisés selon la profondeur

# LIMITES ET PERSPECTIVES

## Minirhizotrons

### ○ Limitations **pratiques**

#### ➤ **Automatisation**

- Installation
- Traitement des images

## Méthodes électriques

### ○ Limitations **théoriques**

#### ➤ **Propriétés** électriques du **sol**

- Humidité maximale pour la détection

### *À court terme :*

- **Combinaison** des 2 techniques dans une campagne de **sélection** de **résistance à la sécheresse**
  - Réduction des quantités de racines **proximales** → **méthodes électrique**
  - Augmentation des quantités de racines en **profondeur** → **minirhizotrons**

**MERCI DE VOTRE ATTENTION**

