



HAL
open science

Opportunities for high throughput phenotyping in agrecology

Christophe Salon

► **To cite this version:**

Christophe Salon. Opportunities for high throughput phenotyping in agrecology. Séminaire SFR Structure Fédérative de Recherche, Angers IRHS, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). FRA., Nov 2014, Angers, France. hal-02791956

HAL Id: hal-02791956

<https://hal.inrae.fr/hal-02791956>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Opportunities for High Throughput Phenotyping in Agrecology

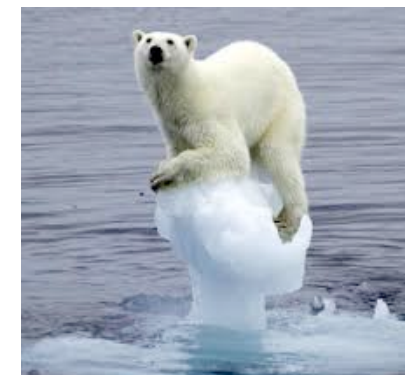
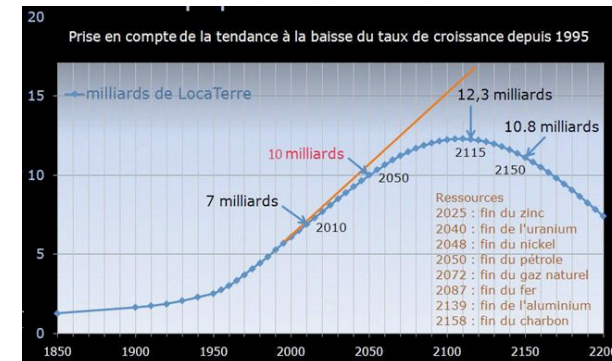
Christophe SALON
UMR 1347-AgroSup/INRA/uB
17 rue Sully - BP 86510 - 21065 Dijon - France



Contexte socio environnemental et économique

- Augmentation de la population mondiale, réduction des terres arables
- Augmentation de la consommation d'intrants (engrais, pesticides, eau)
- Changements globaux

⇒ *Proposer des systèmes agricoles plus durables*




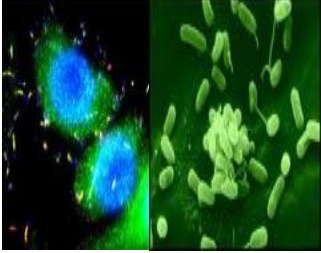


Enjeux du projet d'UMR Agroécologie

Proposer des systèmes de cultures innovants permettant d'assurer une production agricole de qualité, en quantité suffisante tout en respectant la qualité de l'environnement

UMR Agroécologie → Systèmes de Culture innovants

Exploiter et caractériser la variabilité génétique, les interactions entre organismes

EcoDur	GEAPSI	IPM	MERS
			
<p>Légumineuses Céréales Colza Adventices Associations</p>	<p>Légumineuses Adventices Associations Medicago Arabidopsis</p>	<p>Légumineuses Vigne, Tabac Tomate Medicago Arabidopsis</p>	<p>Listeria et Tissus racinaire</p>

Spécificités : une gamme définie d'objets d'étude, interactions plantes/micro-organismes

Sélectionner les plantes les plus performantes crops.. ..“meilleur” rendement, « efficacité environnementale.

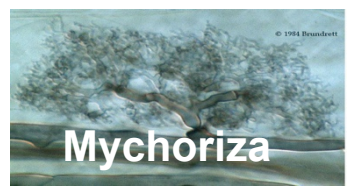
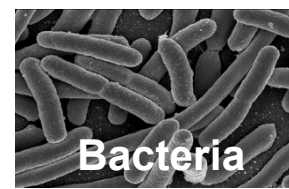
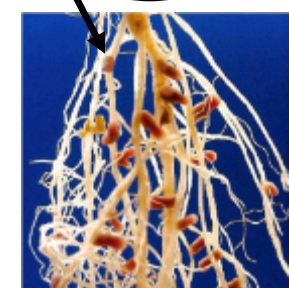
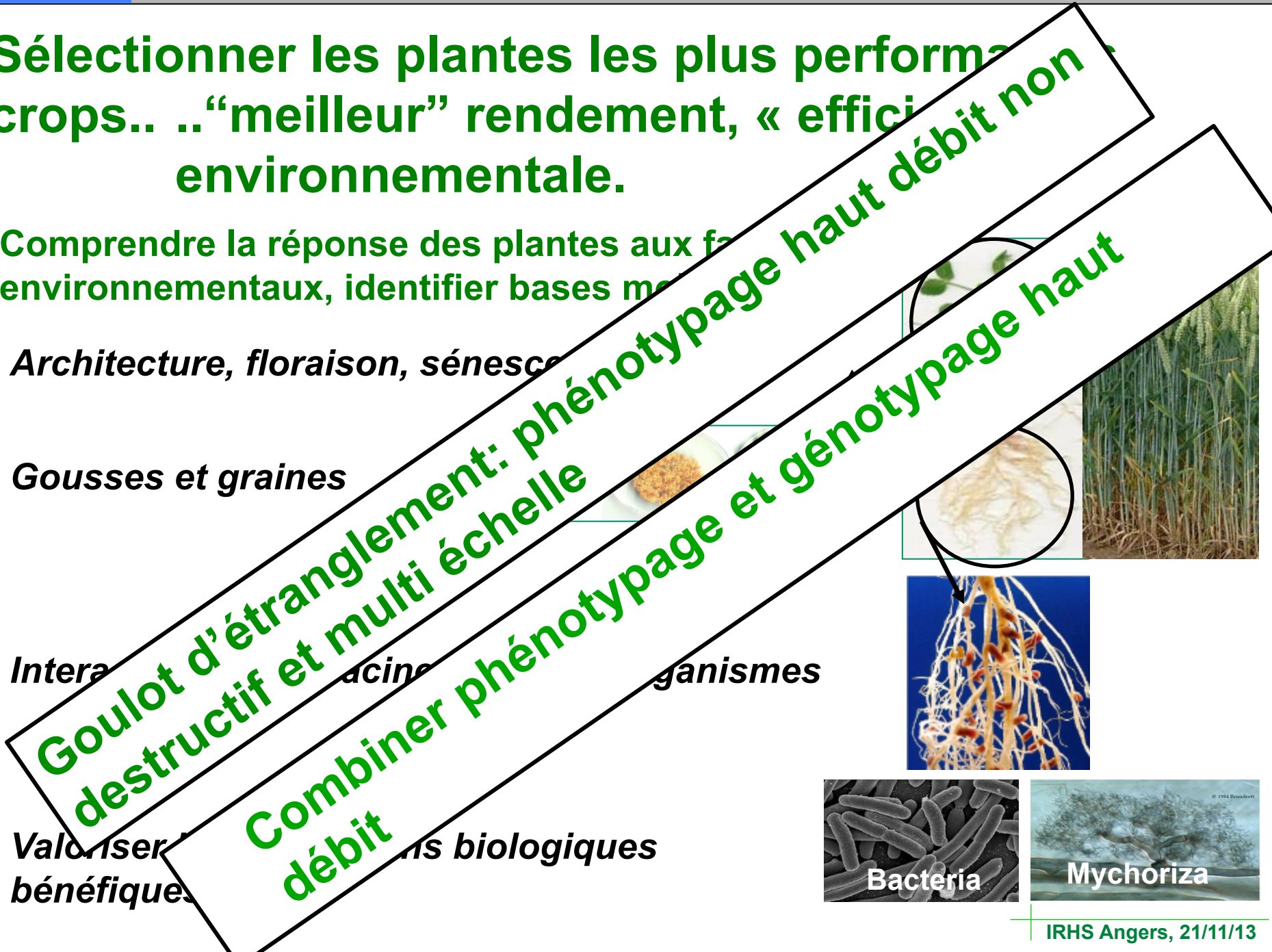
Comprendre la réponse des plantes aux facteurs
environnementaux, identifier bases moléculaires

Architecture, floraison, sénescence

Gousses et graines

Interactions racines-microorganismes

Valoriser les microorganismes biologiques
bénéfiques



Bacteria

Mychoriza

Outils et méthodes

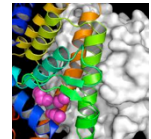


Variabilité génétique



Conception d'Idéotypes de plantes

Mécanismes et bases moléculaires



Fluxomique
PPHD
Rhizotrons
Rhizobox

Dispositifs de culture

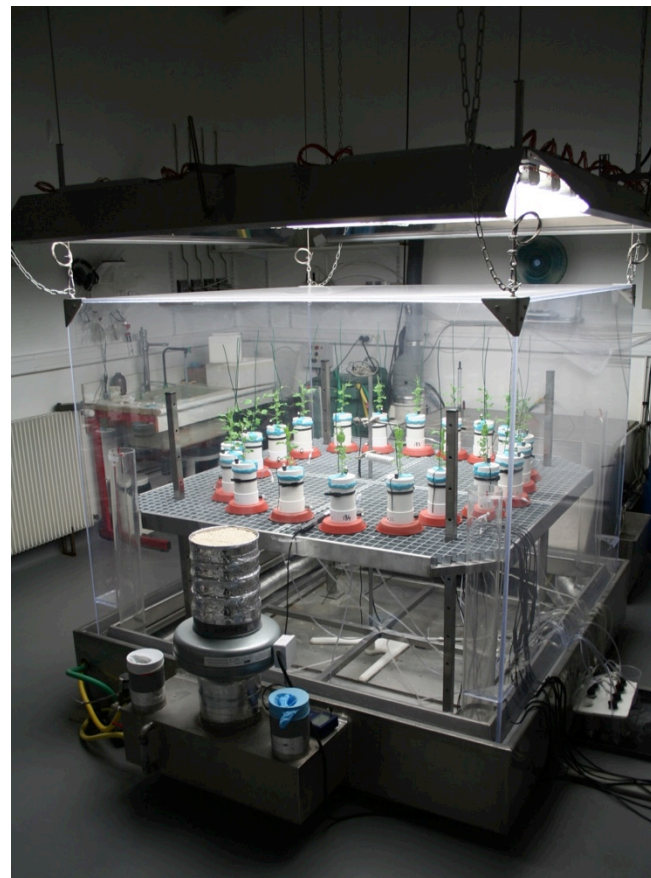


Poches, hydroponique



Split root isotopique N₂

Mesures des C, N, S



Chambre de marquage
¹³C/¹⁵N/³⁴S

Contexte	Approche	Outils	Exemples	Modèles	Conclusion
		Fluxomique			
		PPHD		Equipements	
		Rhizotrons		Shoot roots etc...	
		Rhizobox		Spielberg's	

Plateforme de Phénotypage Haut Débit





Bâtiment,
Serres (240+110m²),
Chambres climatiques (80m²)
Robots et caméras Lemnatec[©]

Contexte	Approche	Outils	Exemples	Modèles	Conclusion
----------	----------	--------	----------	---------	------------

Fluxomique
PPHD
Rhizotrons
Rhizobox

Equipements
Shoot roots etc...
Spielberg's



Architecture aérienne


20 unités/h

Plantes des agrosystèmes


Organes (graines...)


Petites plantes





Germination



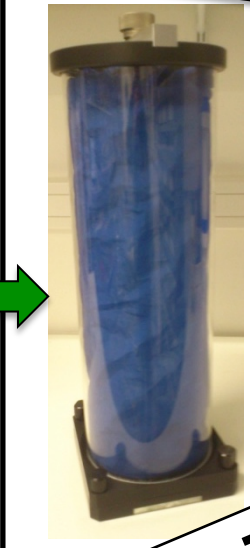
6 unités/h



2 unités/h


Racines



120 unités/h




100 unités/h



Capacité ≈ 1800 plantes

Très large capacité

Cabines de phototypage avec caméras et robots

Contexte	Approche	Outils	Exemples	Modèles	Conclusion
		Fluorimétrie			
		PPHD	Equipements		
		Rhizotrons	Shoot roots etc...		
		Rhizobox	Spielberg's		



Rhizotrones
Brevet EU INRA-
Inoviaflow, 1300 unités

Fluxomique
 PPHD
 Rhizotrons
 Rhizobox

Brushless motor

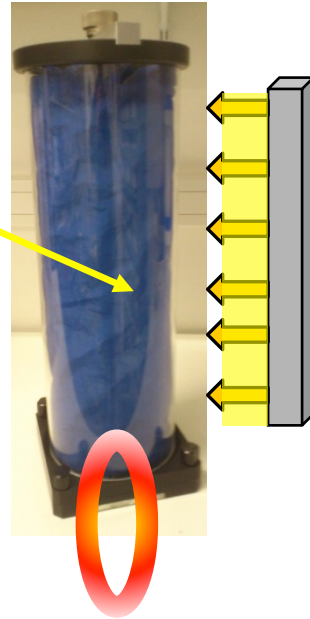
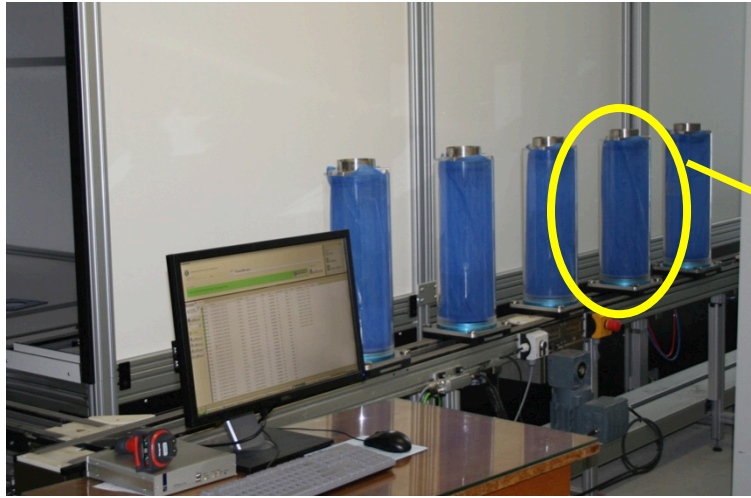
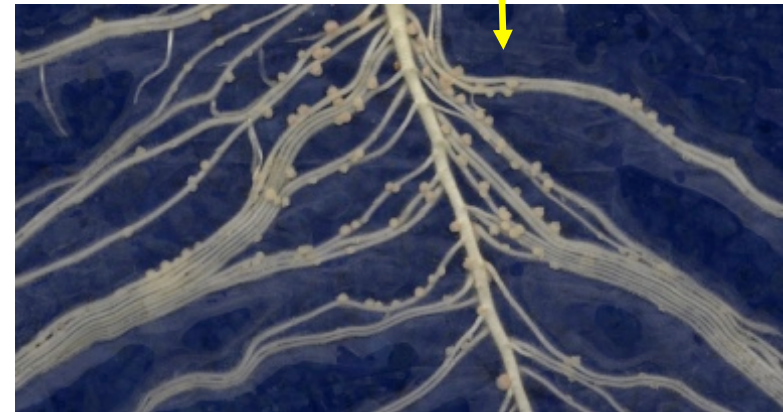


Image RVB



Haute résolution

Traits phénotypiques:

projected **root** area

projected **nodule** area

total nodule **number**

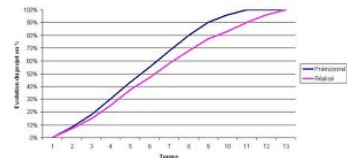
nodule size classification

total root length....



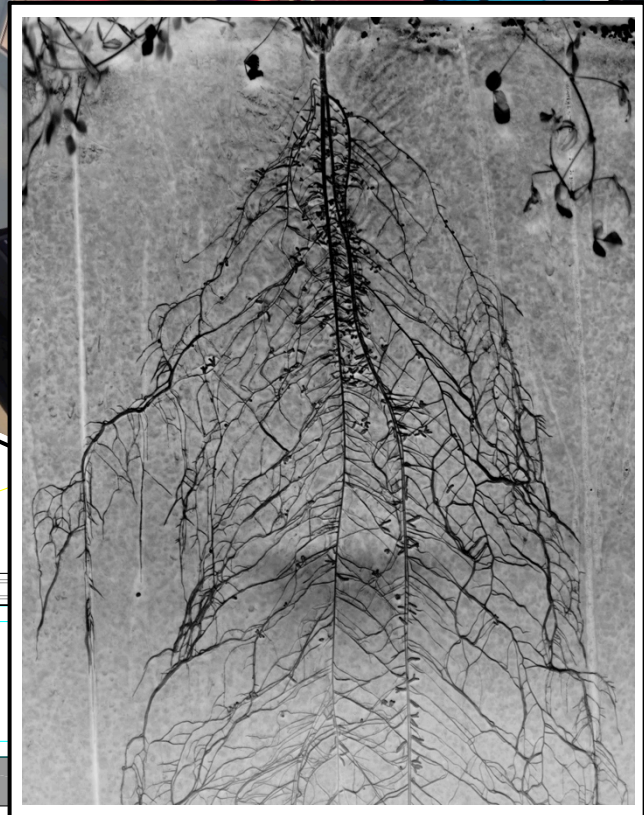
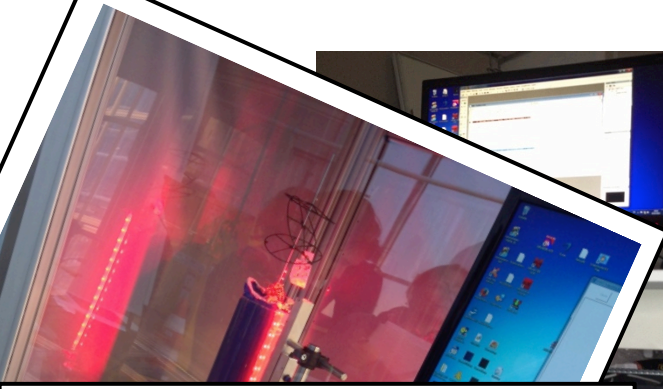
ID	Classe	Mar	Sp. In	Sp. Out	Evolution	T. P. C	SP	W. (g)	Moyens 1	Moyens 2	Moyens 3	Moyens 4
001	AB01	Sav	R01	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
002	AB02	Sav	R02	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
003	AB03	Sav	R03	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
004	AB04	Sav	R04	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
005	AB05	Sav	R05	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
006	AB06	Sav	R06	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
007	AB07	Sav	R07	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
008	AB08	Sav	R08	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
009	AB09	Sav	R09	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
010	AB10	Sav	R10	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
011	AB11	Sav	R11	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
012	AB12	Sav	R12	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
013	AB13	Sav	R13	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
014	AB14	Sav	R14	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
015	AB15	Sav	R15	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
016	AB16	Sav	R16	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
017	AB17	Sav	R17	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
018	AB18	Sav	R18	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
019	AB19	Sav	R19	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
020	AB20	Sav	R20	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
021	AB21	Sav	R21	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
022	AB22	Sav	R22	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
023	AB23	Sav	R23	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
024	AB24	Sav	R24	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
025	AB25	Sav	R25	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
026	AB26	Sav	R26	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
027	AB27	Sav	R27	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
028	AB28	Sav	R28	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
029	AB29	Sav	R29	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
030	AB30	Sav	R30	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
031	AB31	Sav	R31	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
032	AB32	Sav	R32	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
033	AB33	Sav	R33	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
034	AB34	Sav	R34	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
035	AB35	Sav	R35	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
036	AB36	Sav	R36	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
037	AB37	Sav	R37	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
038	AB38	Sav	R38	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
039	AB39	Sav	R39	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120
040	AB40	Sav	R40	30	1	120	0,6	1	120	0,6	1	120

La course en S



Fluorimétrie
PPHD
Rhizotrons
Rhizobox

RhizoBox
(INRA)



Capteur 12MP, 3 LEDs RVB, précision 50µm
Caméra : BASLER racer

Contexte	Approche	Outils	Exemples	Modèles	Conclusion
			Vigne		Objectifs
			Légumineuses		Détection maladie

Détecter les maladies en viticulture

Problèmes majeurs en viticulture →
maladies cryptogamiques (oïdium,
pourriture grise) de la vigne

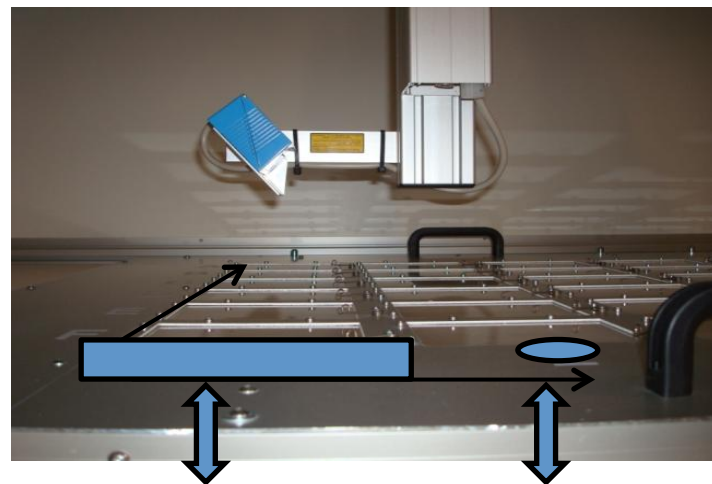
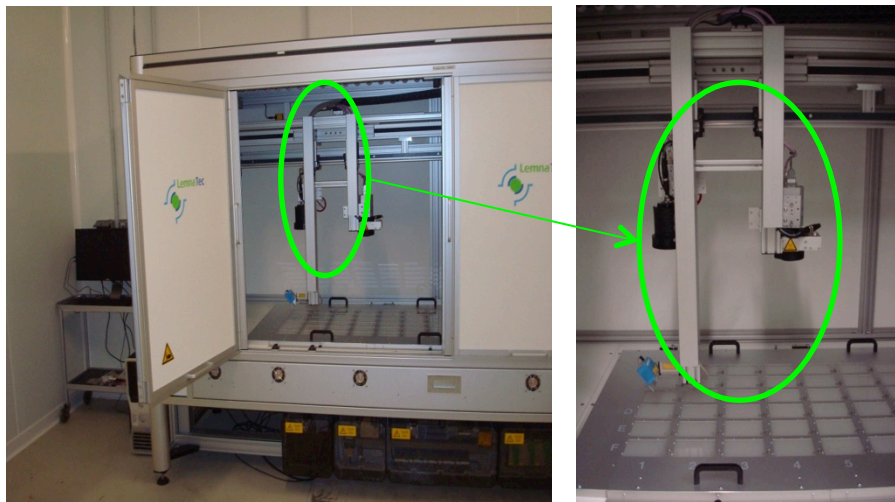


Approches:

1) ↓ nombre de fongicides
traitements et ↓ quantités appliquées
(règles de décisions) + images
(thermographie IR...)

2) stratégies alternatives aux
fongicides

Contexte	Approche	Outils	Exemples	Modèles	Conclusion
			Vigne		Objectifs
			Légumineuses		Détection maladie

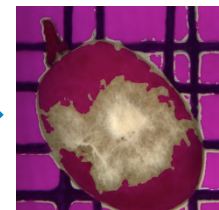
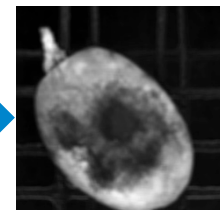
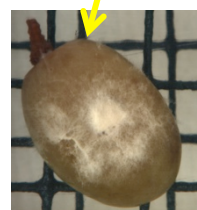


Microplaques, boîte de pétri

HTS (petites unités biologiques)

Couleur/texture, espaces hybrides

- images RVB dans des espaces colorimétriques qui intègrent la texture,
- objets à couleurs similaires peuvent avoir des textures différentes

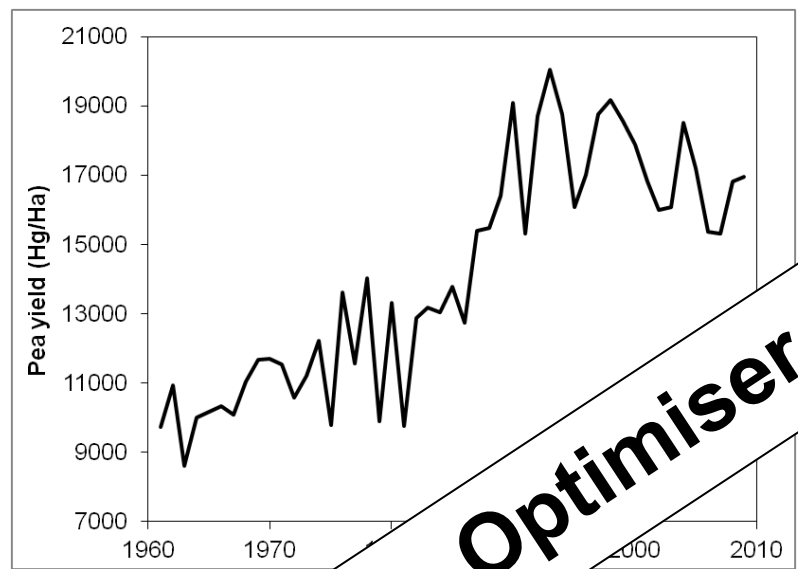


Détection/évaluation de l'intensité des maladies sur la vigne, les baies

Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

- Deux voies de nutrition azotée
- Fixation symbiotique et durabilité:
 - ↓ engrais, énergie fossile, émission GES, irrigation



Mais...

Rende... tuants

Optimiser la nutrition azotée



Sensitivité de la fixation symbiotique N_2 aux conditions environnementales



Régulation de la fixation symbiotique N_2 et assimilation NO_3 , déterminisme, constituants de la plasticité, ratio optimal racines/ nodosités?

Vigne	
Légumineuses	

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

Outils et méthodes



Variabilité génétique



Conception d'Idéotypes de plantes

Mécanismes et bases moléculaires



Vigne
Légumineuses

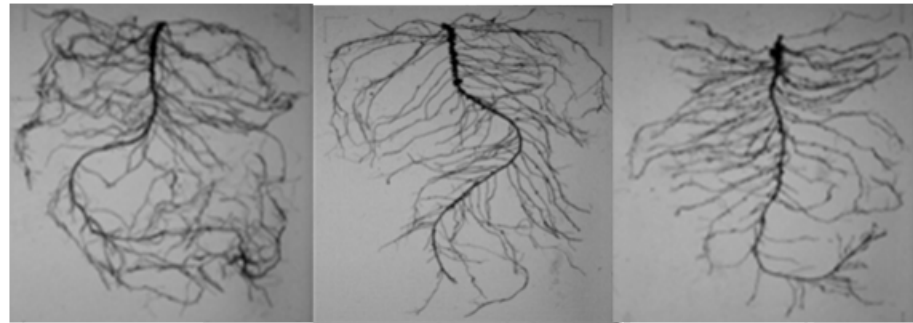
Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

Variabilité génétique naturelle

Collection nationale de pois, féverole et lupin (10000 accessions)



Diversité génétique de l'architecture racinaire



Bourion et al. Annals Bot. 2007

Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

Lignées Recombinantes (1400 RILs)

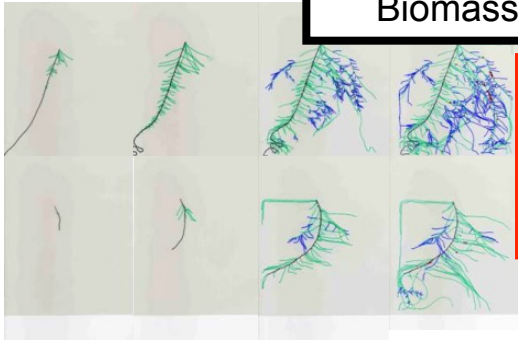
STRUCTURE



Parties aériennes :
 Hauteur
 Biomasse
 Surface foliaire

Racines:
 Nombre
 Longueur
 Biomasse

Nodosités:
 Nombre
 Surface
 Biomasse



FONCTION

Efficiéce
 d'acquisition de C



Efficiéce
 d'acquisition de N



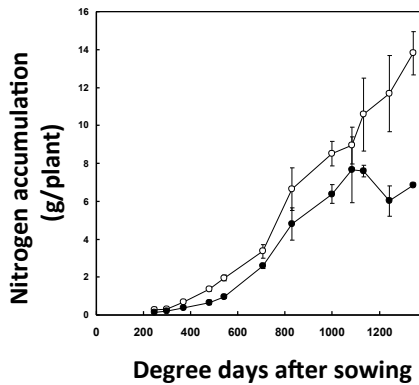
Bourion et al. TAG 2010

Variabilité génétique induite

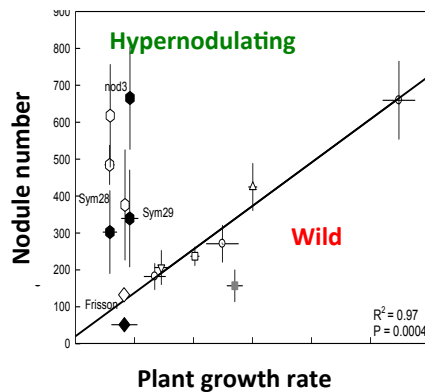
Identifier/caractériser les gènes impliqués dans la nodulation, son contrôle et celui de l'architecture racinaire

Développement des nodosités

Architecture racinaire



Salon et al. Agr 2001

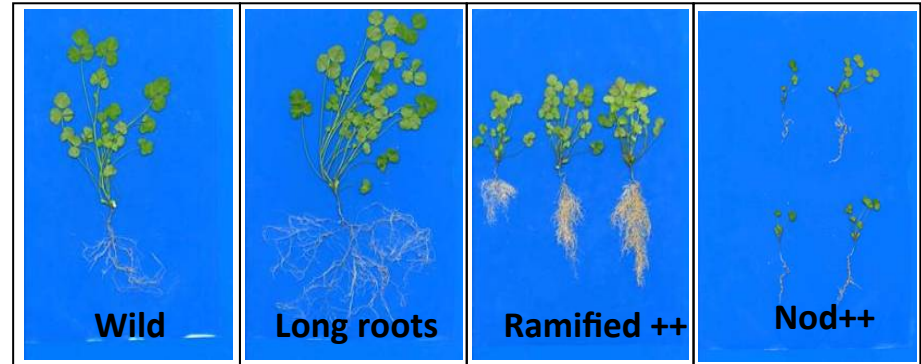


Voisin et al. Plant Soil 2010

Duc et al. 1998

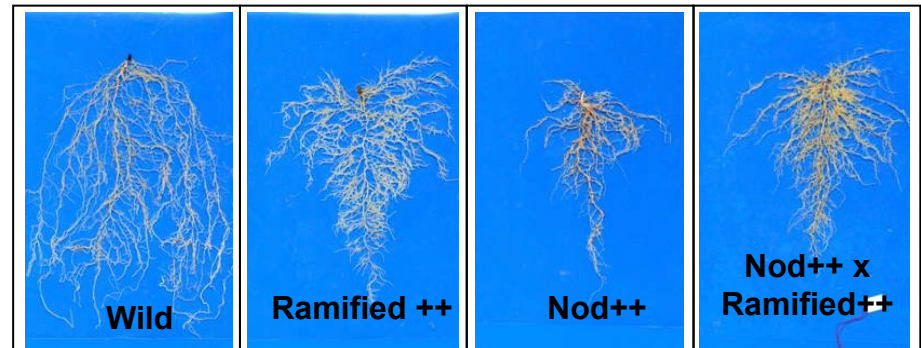
Cazenave et al. Plant Soil 2013

Medicago truncatula, Tnt1



Porceddu et al. BioMed 2008

Pea, EMS



Coll. KK Sidorova

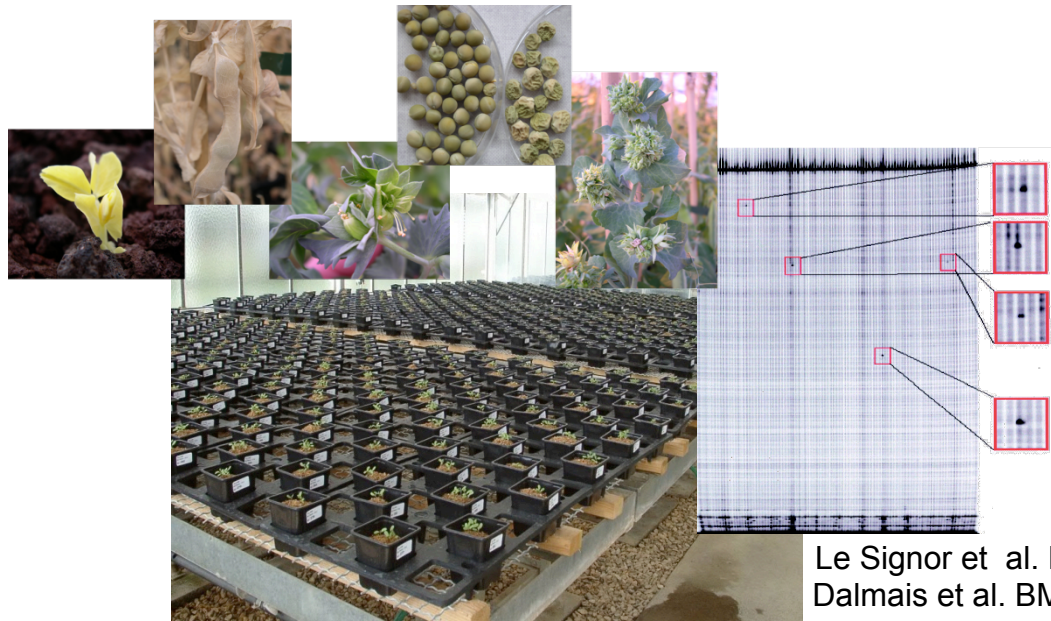
Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

Collection de mutants

Rechercher un mutant sur un gène cible, analyser l'effet de la mutation

Medicago truncatula Jemalong A17 (9000 M2) et pois (*Pisum sativum*) var. Caméor (5000 M2)



Le Signor et al. Plant Biotechnol 2009
Dalmais et al. BMC Genome Biol 2008

✓ Plateforme HTP TILLING : ABI 3730 (Contact: lesignor@dijon.inra.fr)

Contexte	Approche	Outils	Exemples	Modèles	Conclusion
			Vigne		
			Légumineuses		
				Objectifs	
				Diversité Génét.	
				Ident. Strategies	
				Clast Génotypes	

Outils et méthodes



Variabilité génétique



Conception d'Idéotypes de plantes

Mécanismes et bases moléculaires

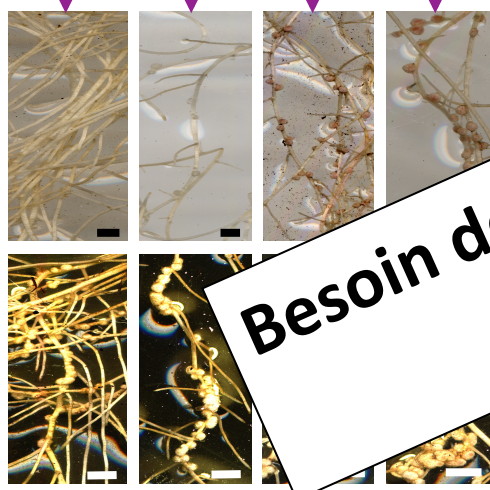
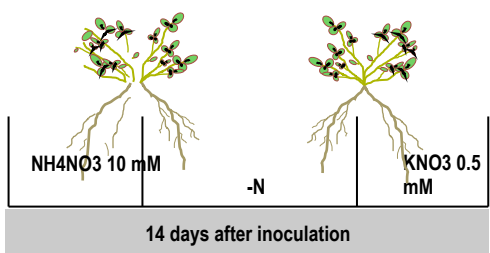


Vigne
Légumineuses

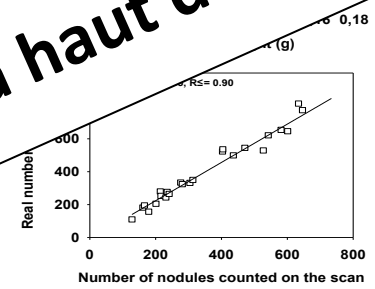
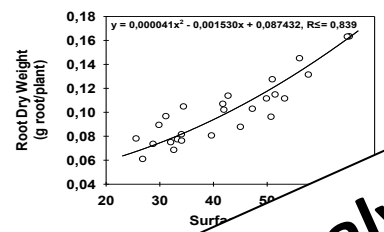
Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

Quelle est la stratégie d'une légumineuse en réponse à une contrainte azotée?

Caractérisation phénotypique "bas" débit du système racinaire nodulé



Besoin de rhizotrons et d'analyse d'image à haut débit



Stratégie structurale versus fonctionnelle

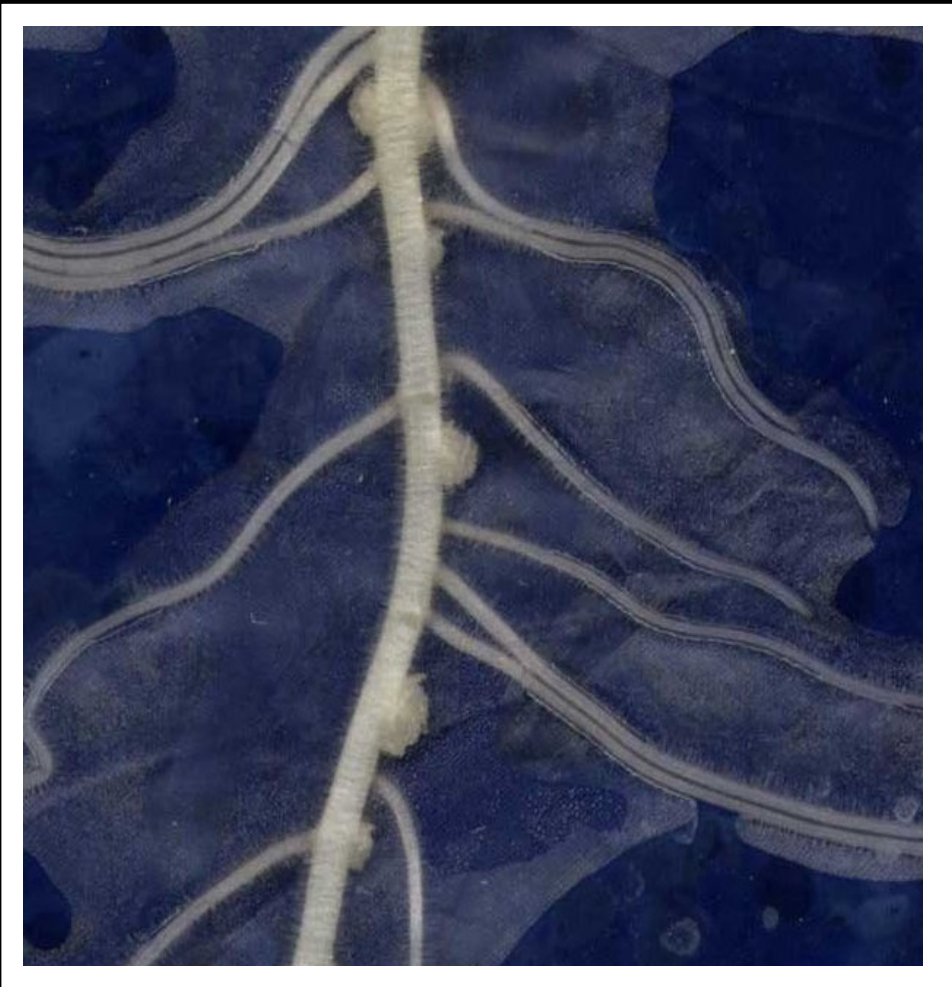


Split roots

Nombre, taille et apparence des nodosités

Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

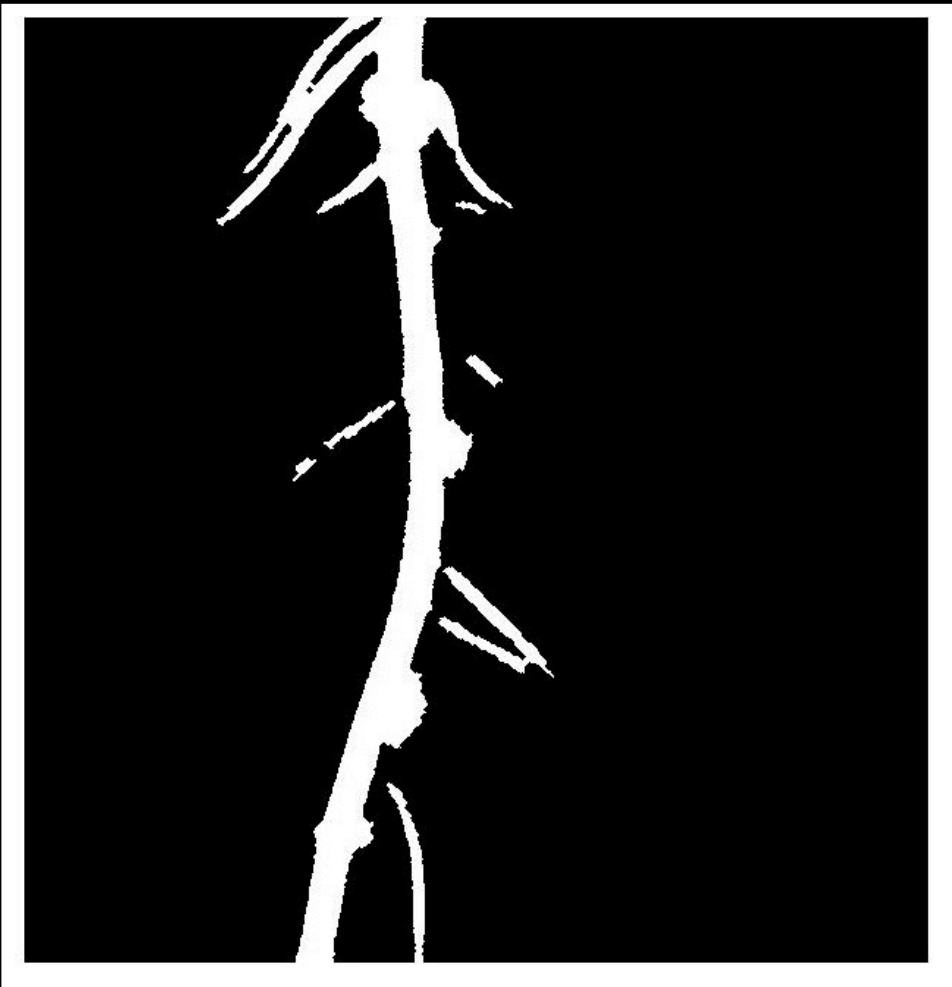
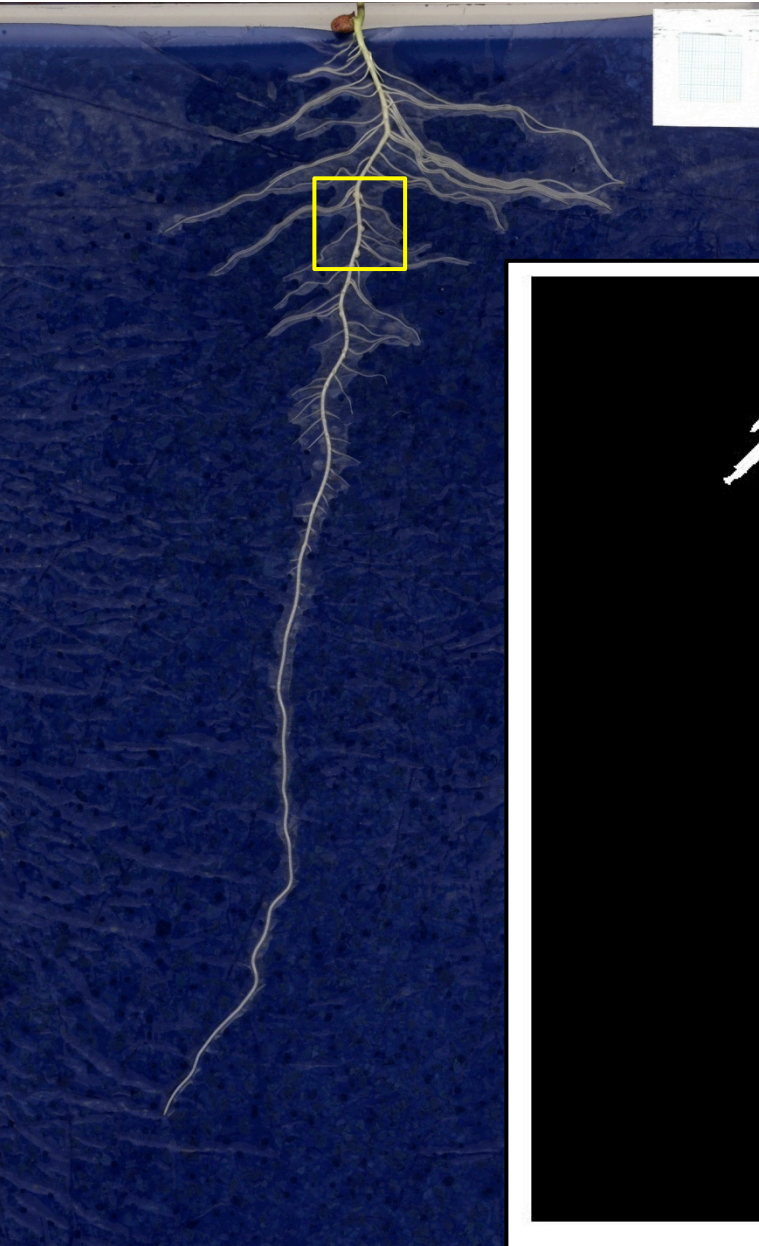


Jeune plante

Thèse Simeng Han (unpublished)

Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes



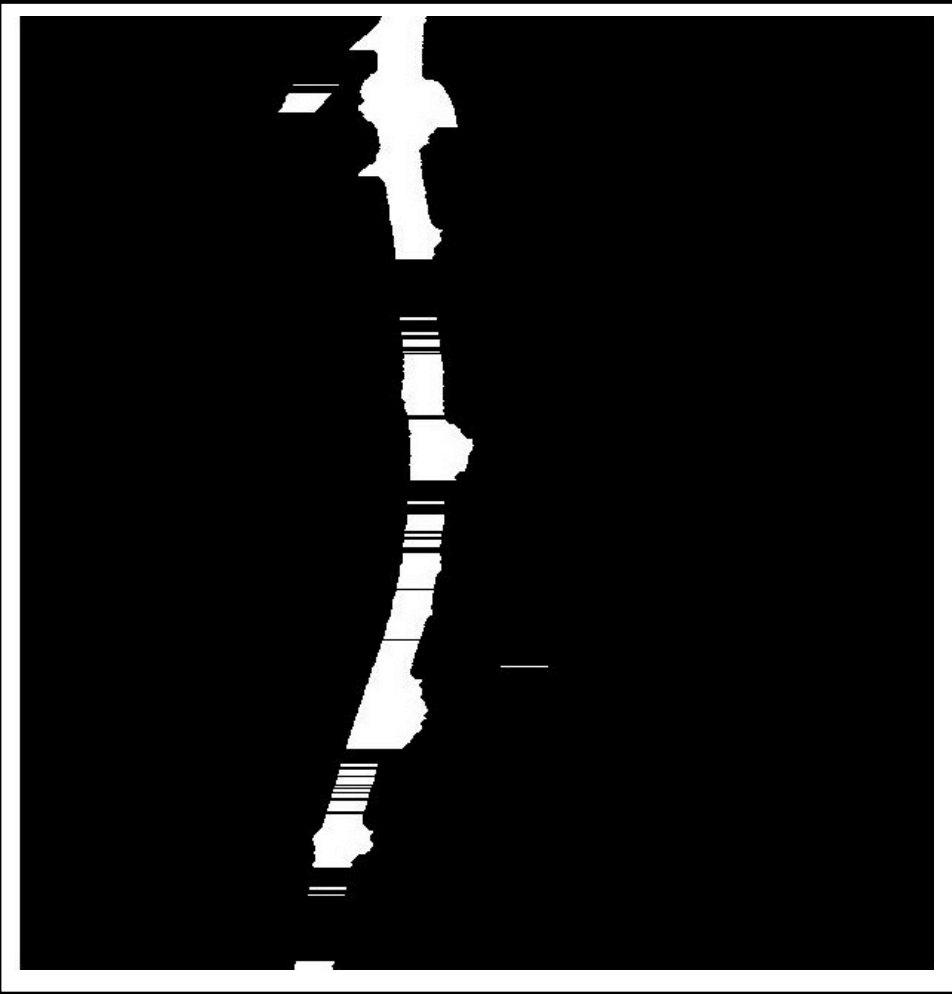
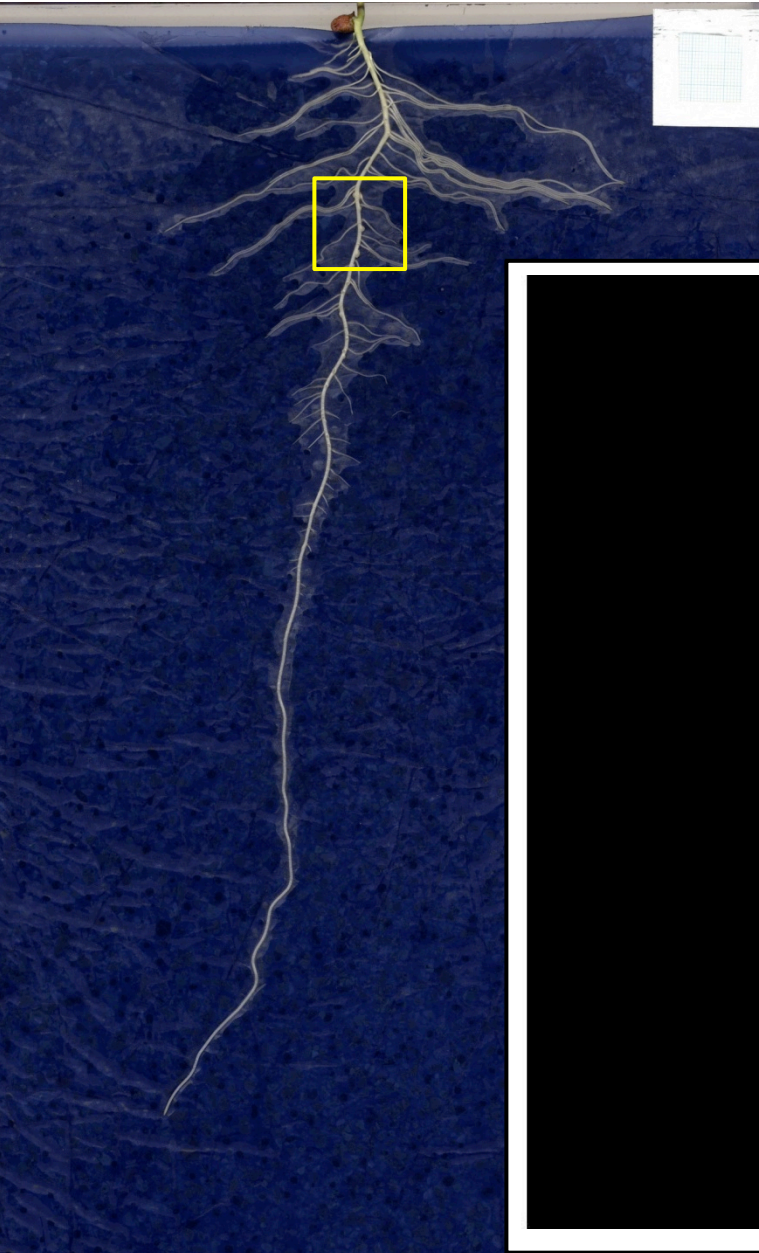
**Seuillage,
image
binaire**

Jeune plante

Thèse Simeng Han (unpublished)

Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes



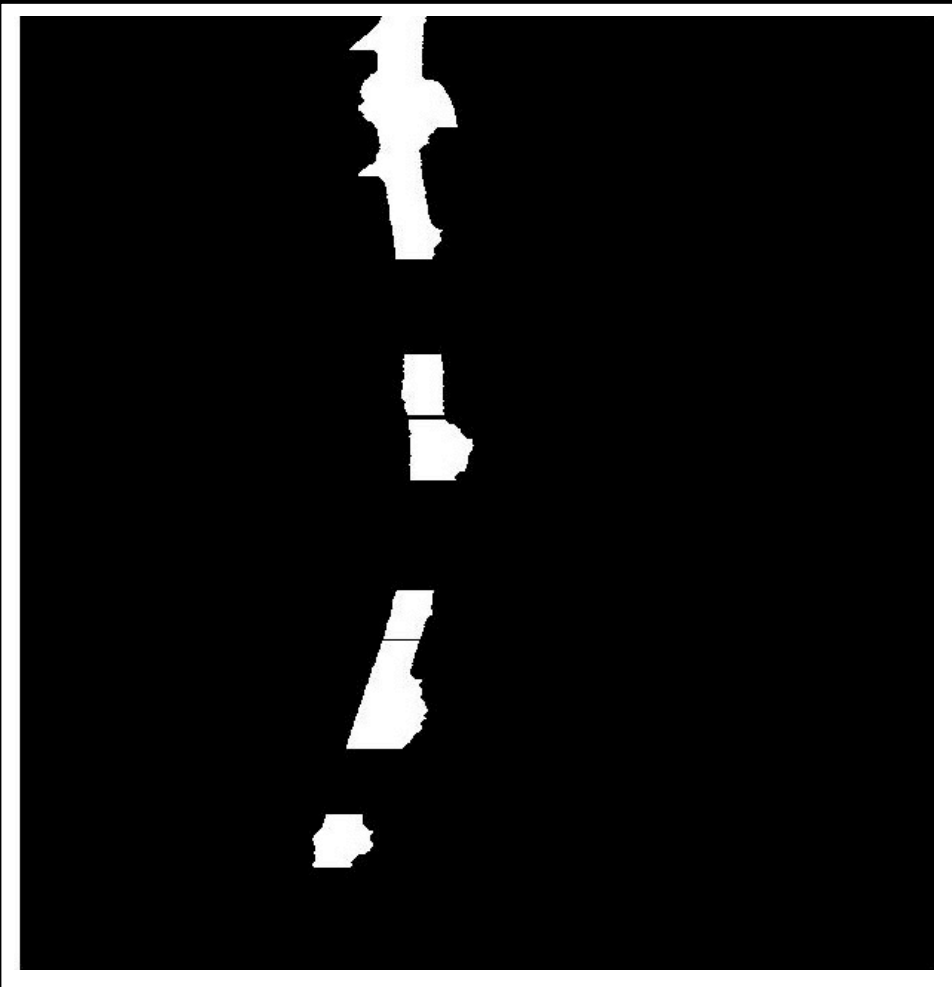
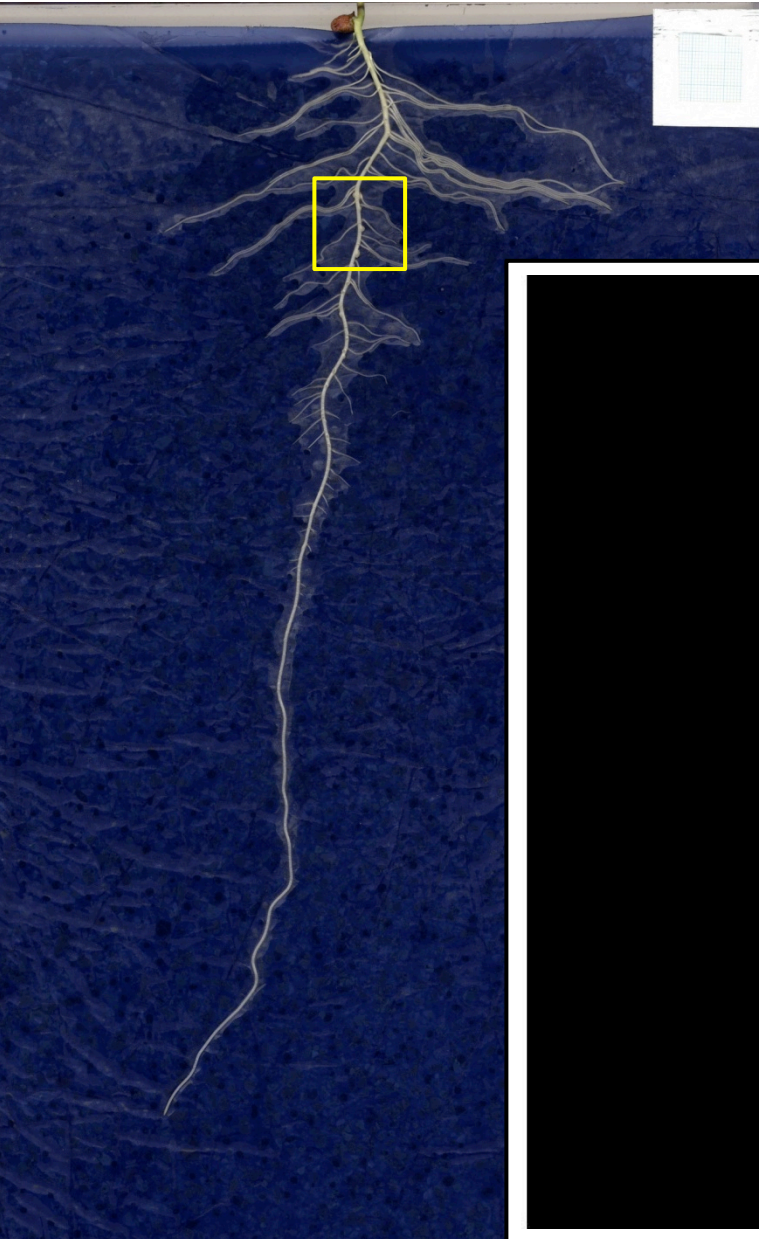
Ne garder
que les
formes
ressemblant
à des
nodosités

Jeune plante

Thèse Simeng Han (unpublished)

Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes



Enlever les zones inutiles

Jeune plante

Thèse Simeng Han (unpublished)

Vigne

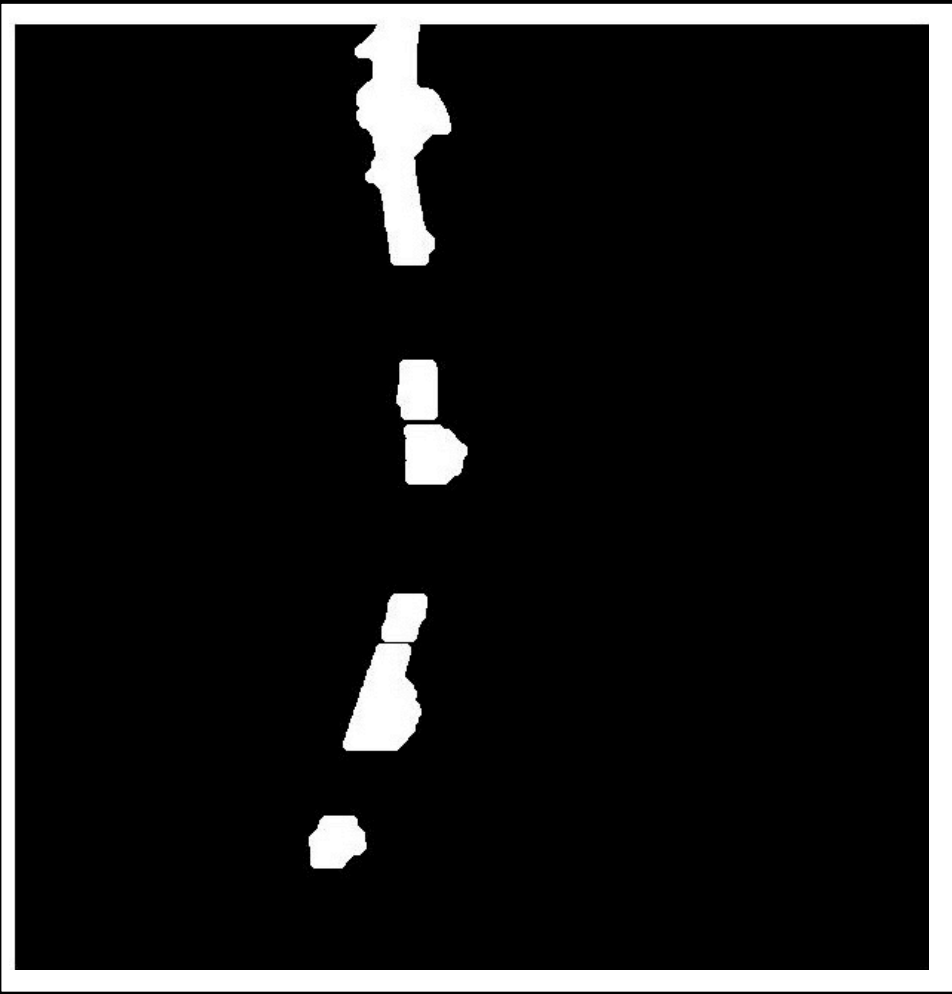
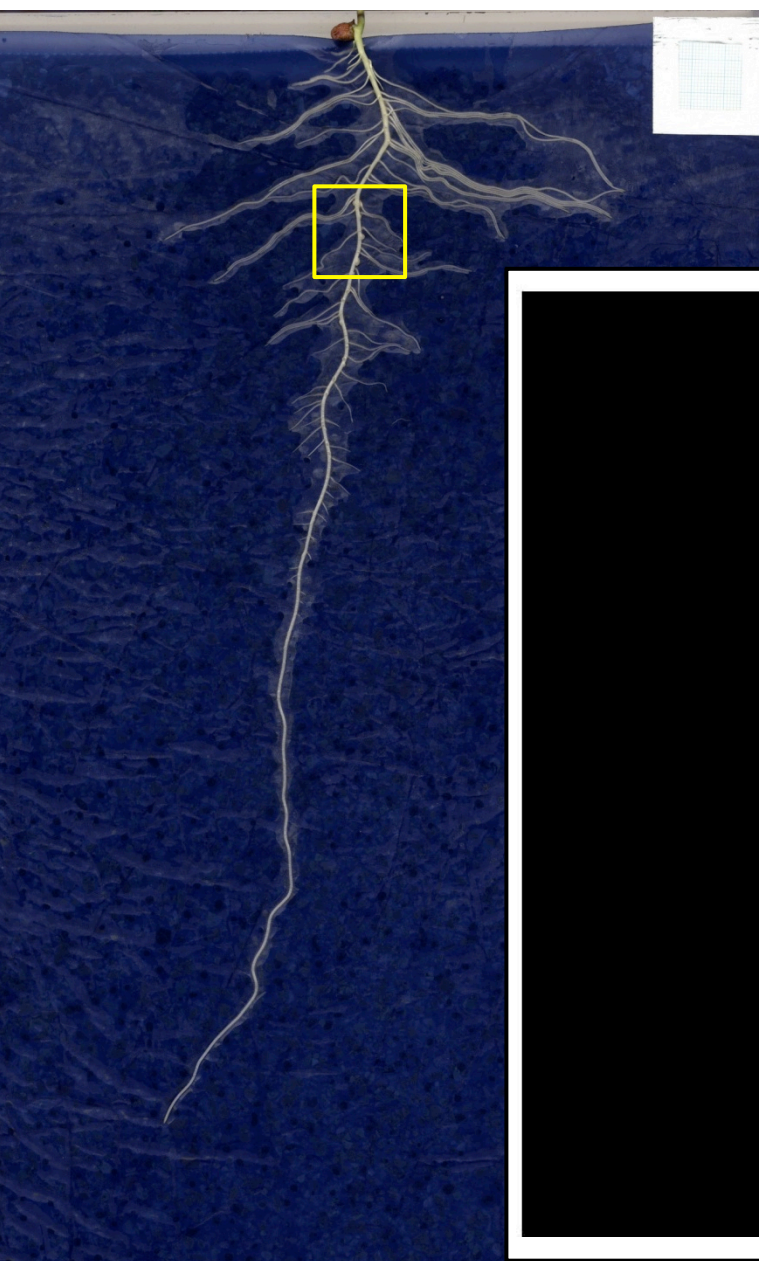
Légumineuses

Objectifs

Diversité Génét.

Ident. Strategies

Clast Génotypes



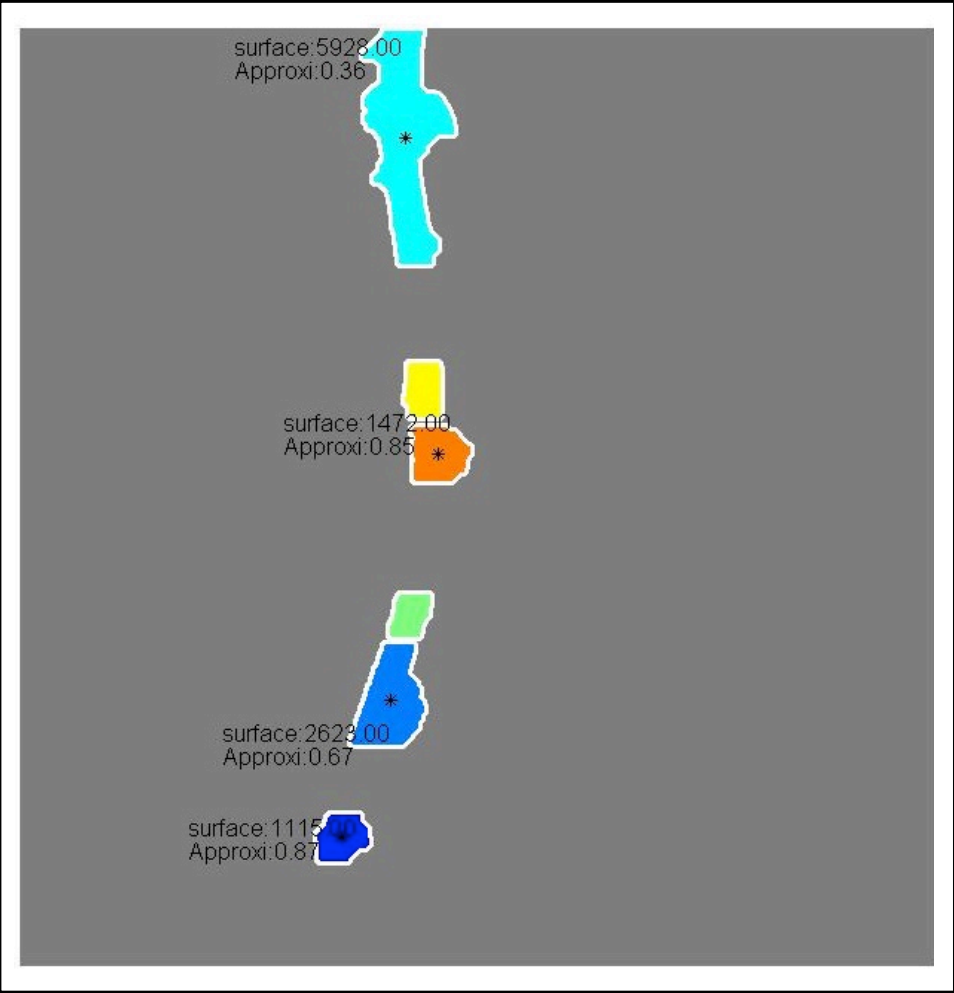
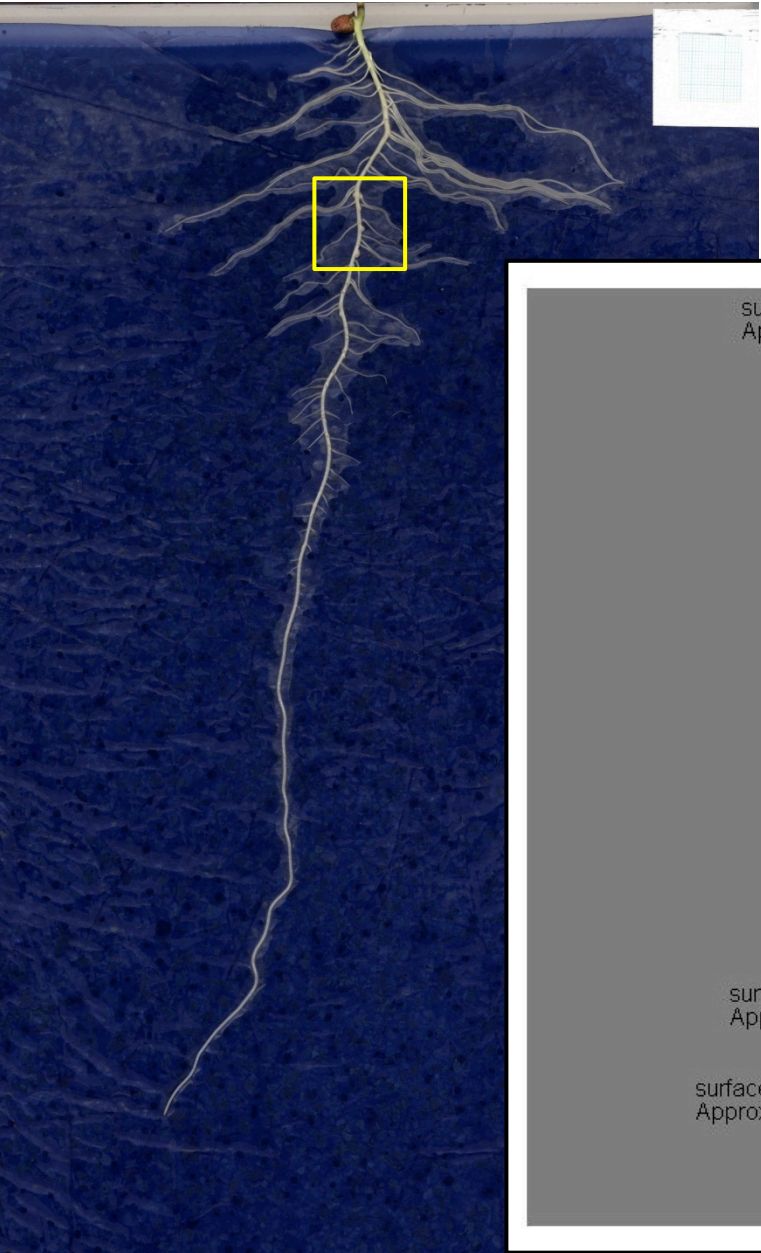
Lisser l'image

Jeune plante

Thèse Simeng Han (unpublished)

Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes



Compter les nodosités de forme circulaire approximative

Jeune plante

Thèse Simeng Han (unpublished)

Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes



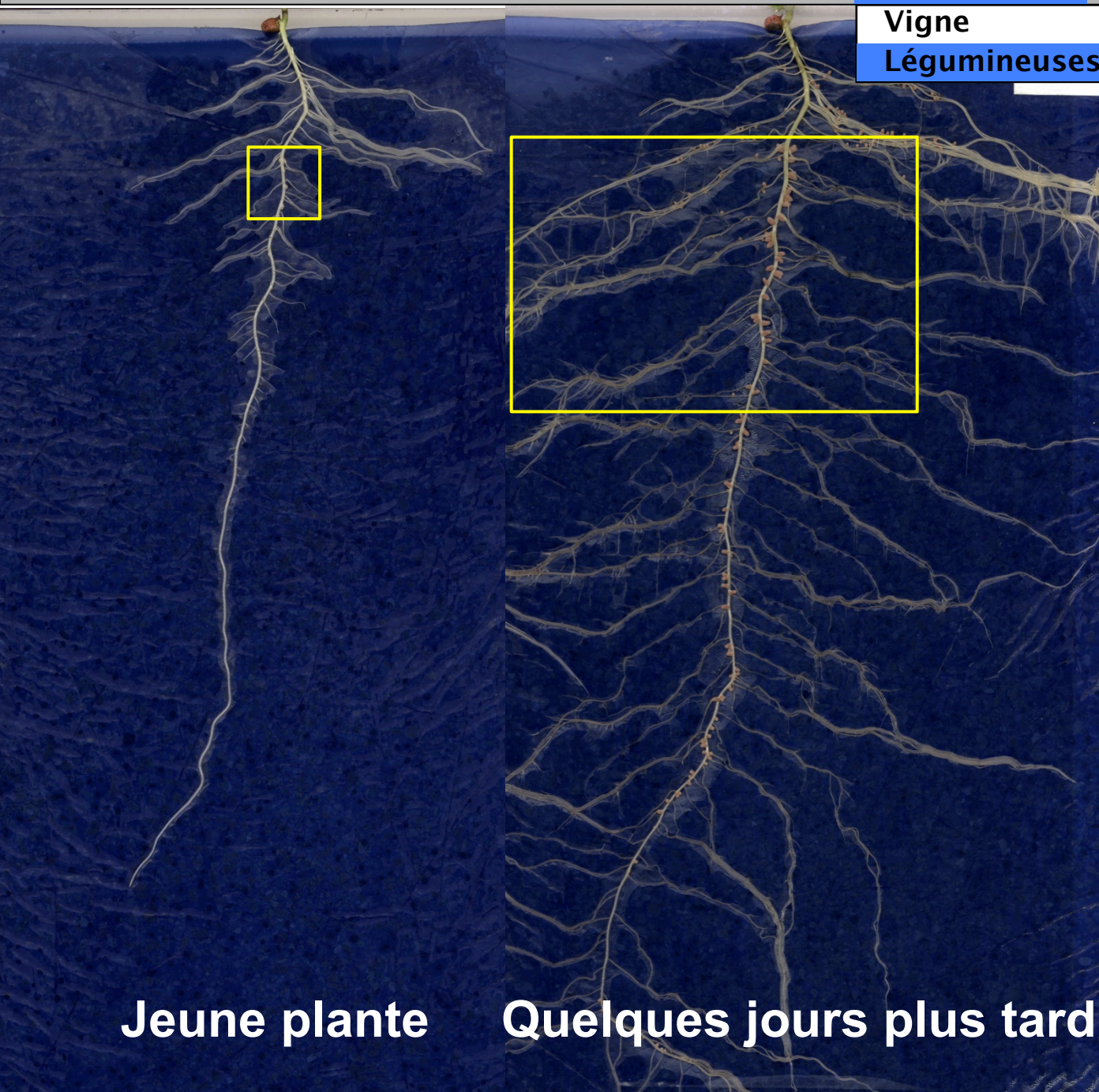
**Original image
+ nodosités
superposées**

Jeune plante

Thèse Simeng Han (unpublished)

Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

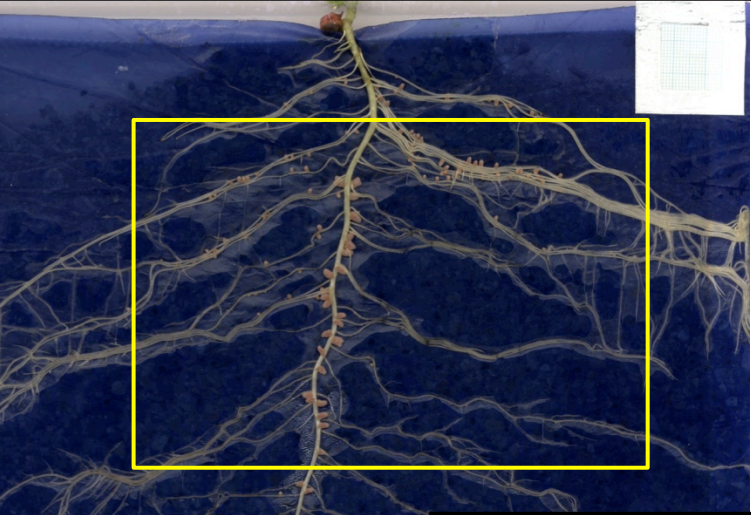


Jeune plante

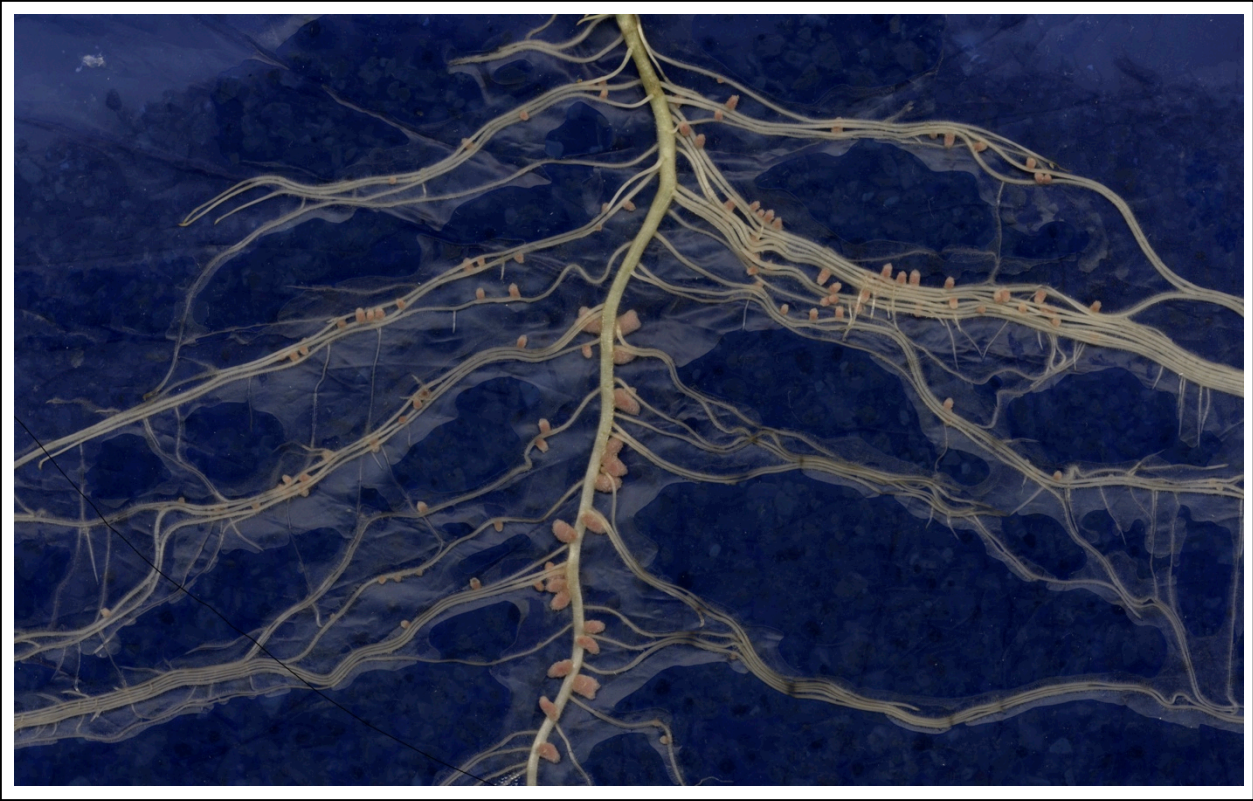
Quelques jours plus tard.

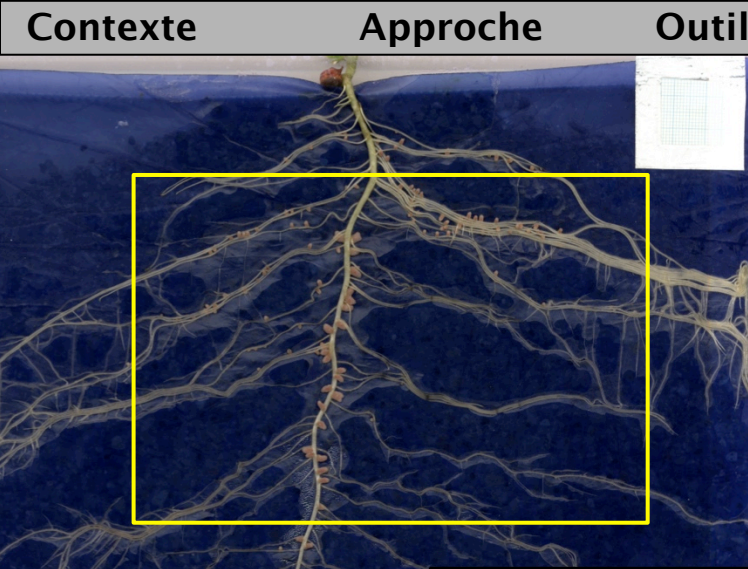

Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

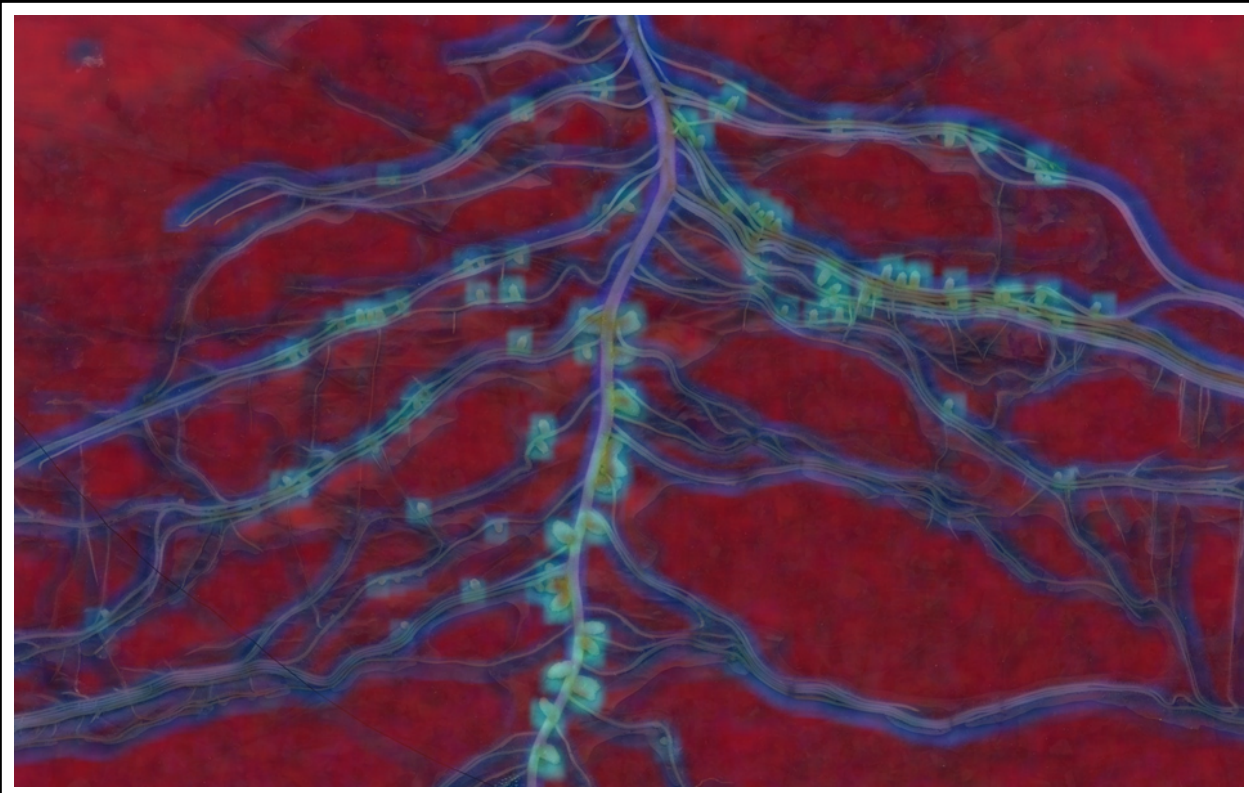


Focus sur image



Contexte	Approche	Outils	Exemples	Modèles	Conclusion
			Vigne		Objectifs Diversité Génét. Ident. Strategies Clast Génotypes
			Légumineuses		

Espace hybrides (couleur + texture)



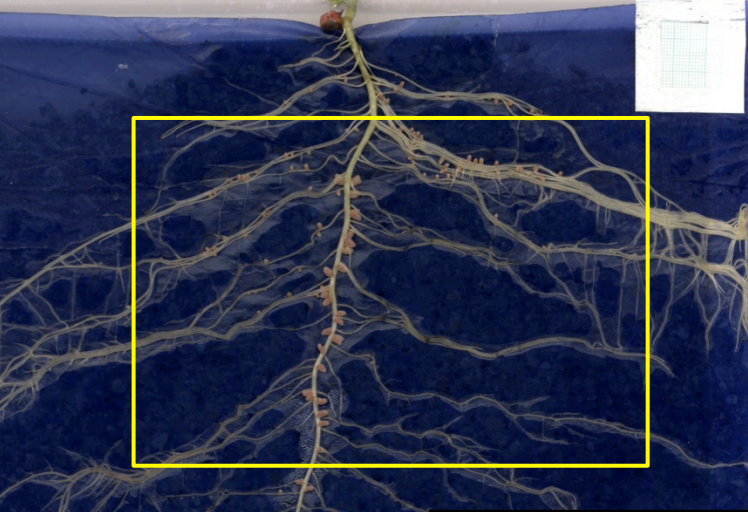

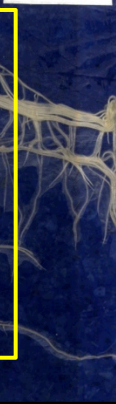
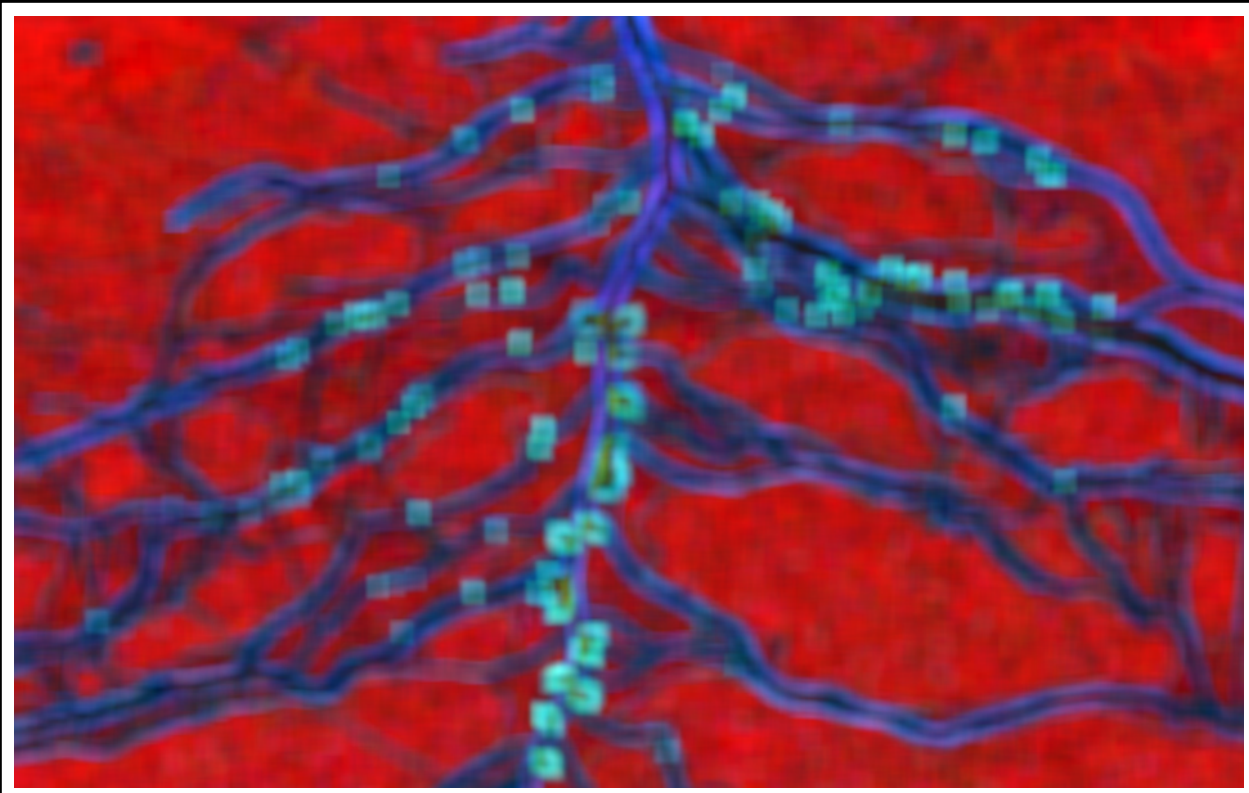
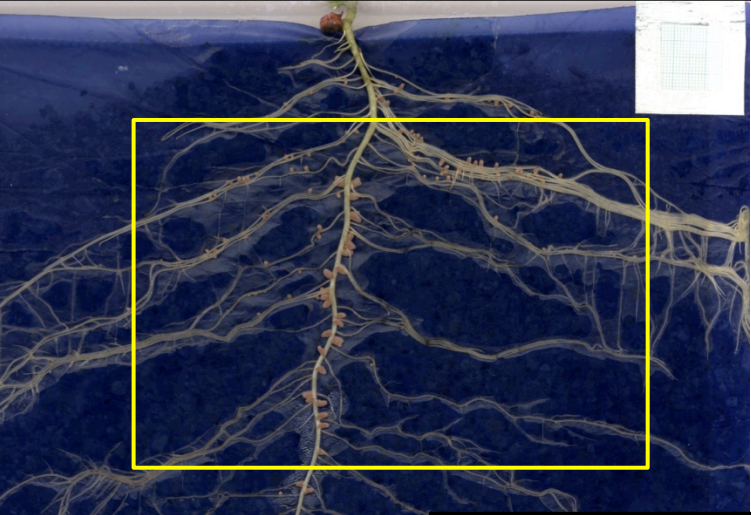
Contexte	Approche	Outils	Exemples	Modèles	Conclusion
			Vigne		
			Légumineuses		Objectifs Diversité Génét. Ident. Strategies Clast Génotypes

Image RVB de nodosités

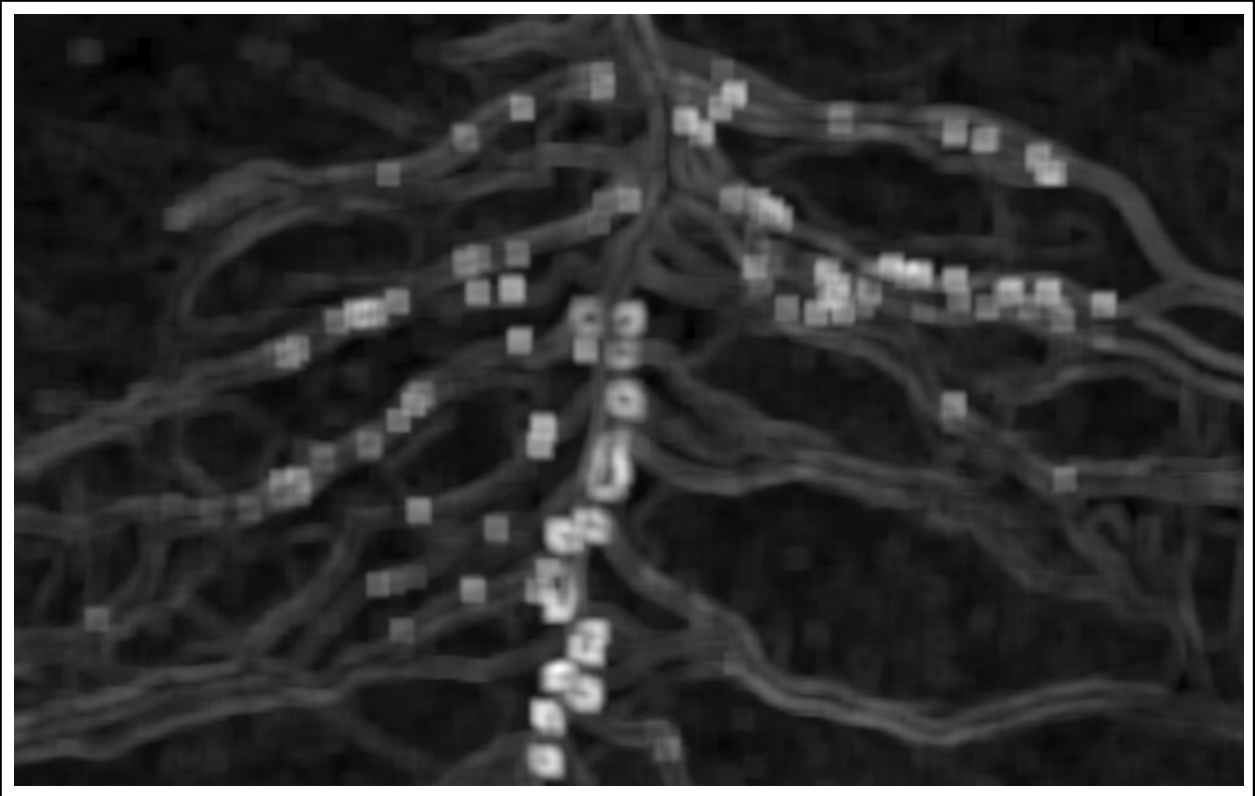


Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes



Bande d'image RVB



Vigne
Légumineuses

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

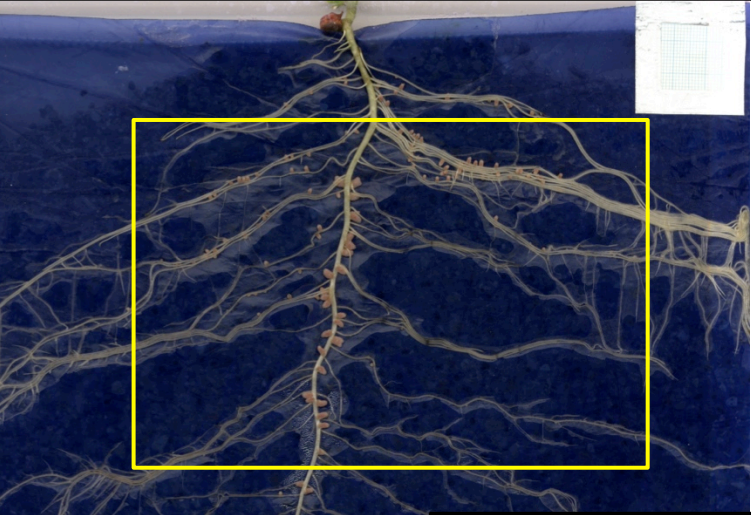
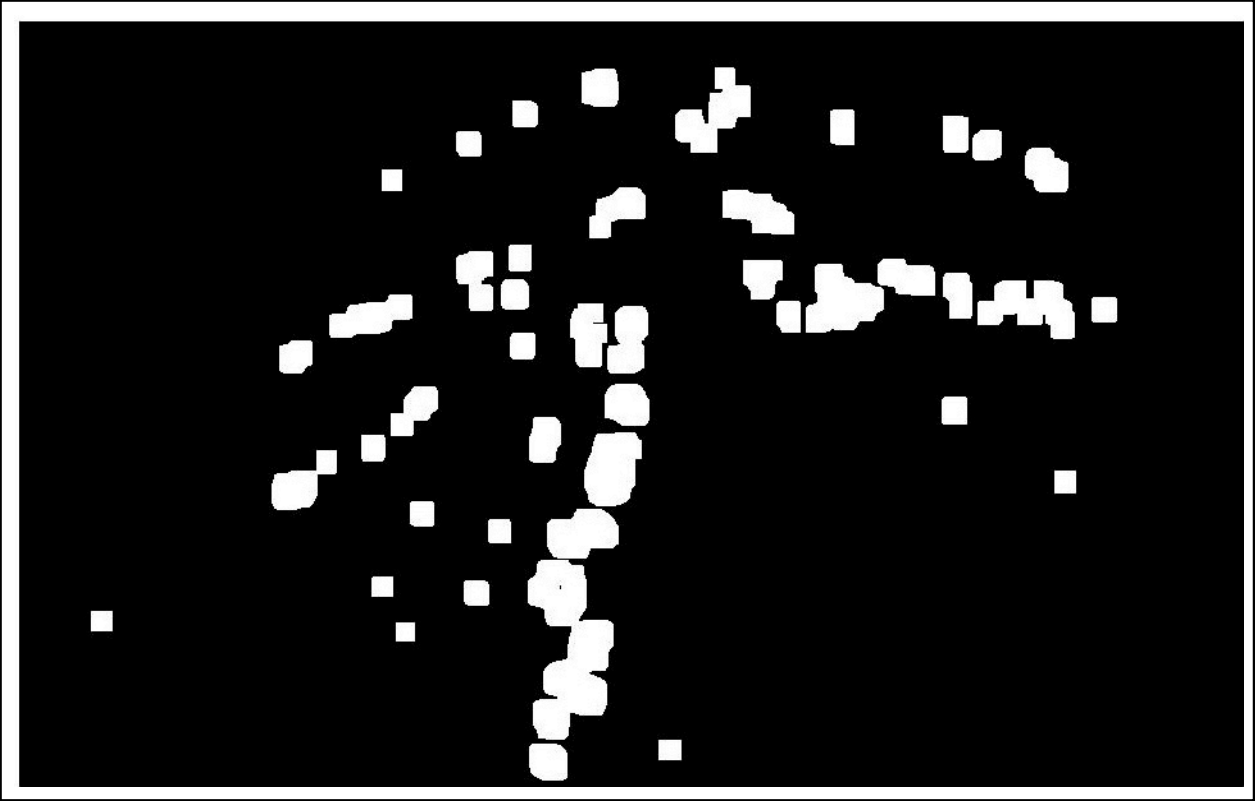
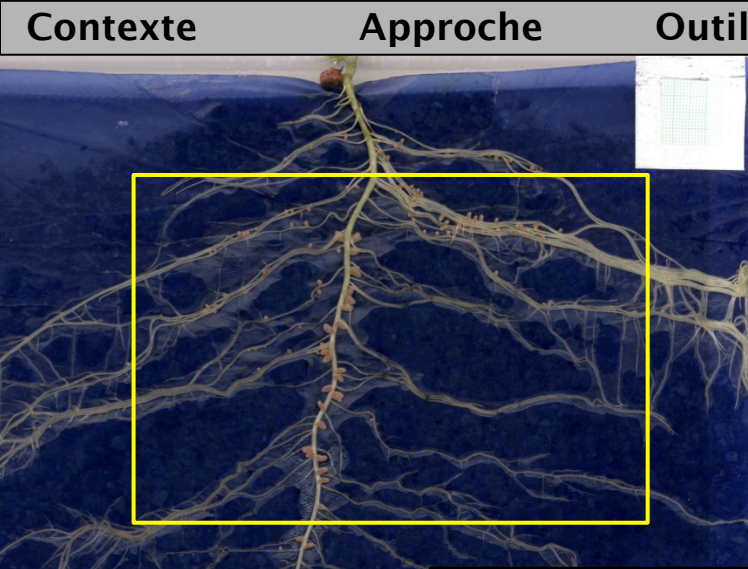

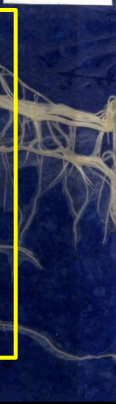
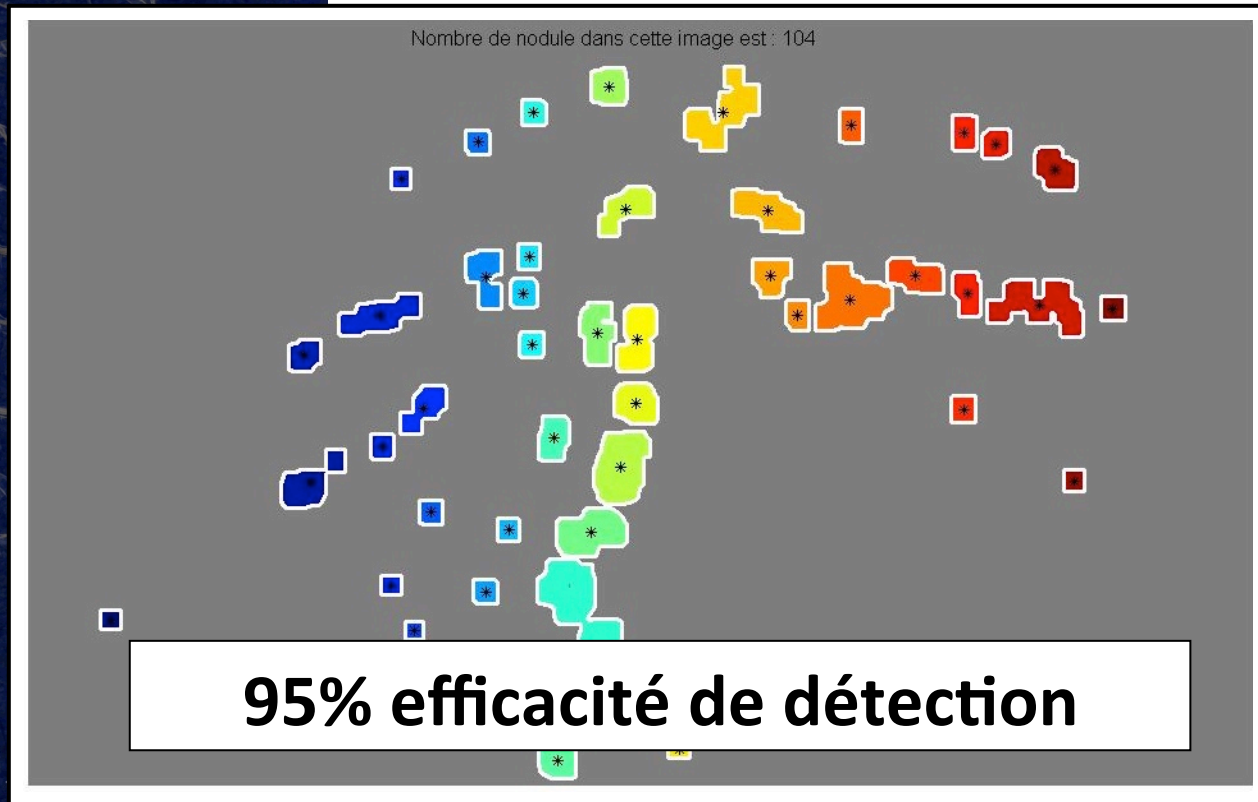


Image avec nodosités



Contexte	Approche	Outils	Exemples	Modèles	Conclusion
			Vigne		Objectifs
			Légumineuses		Diversité Génét.
					Ident. Strategies
					Clast Génotypes

Nodosités détectées automatiquement



Vigne	
Légumineuses	

Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

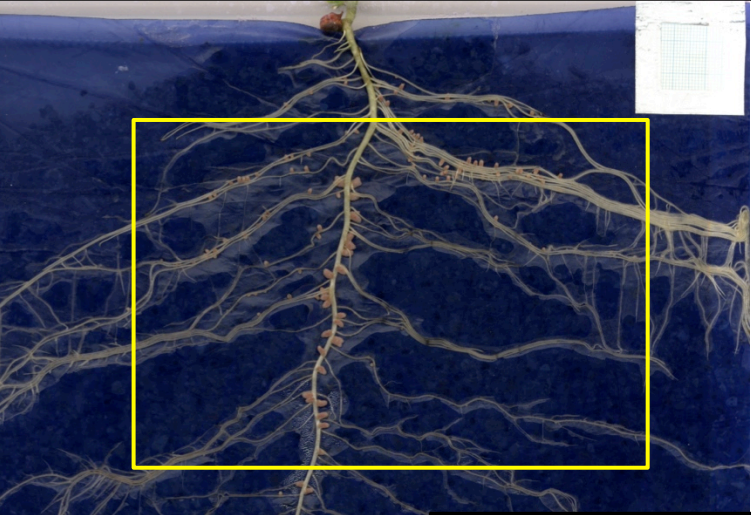
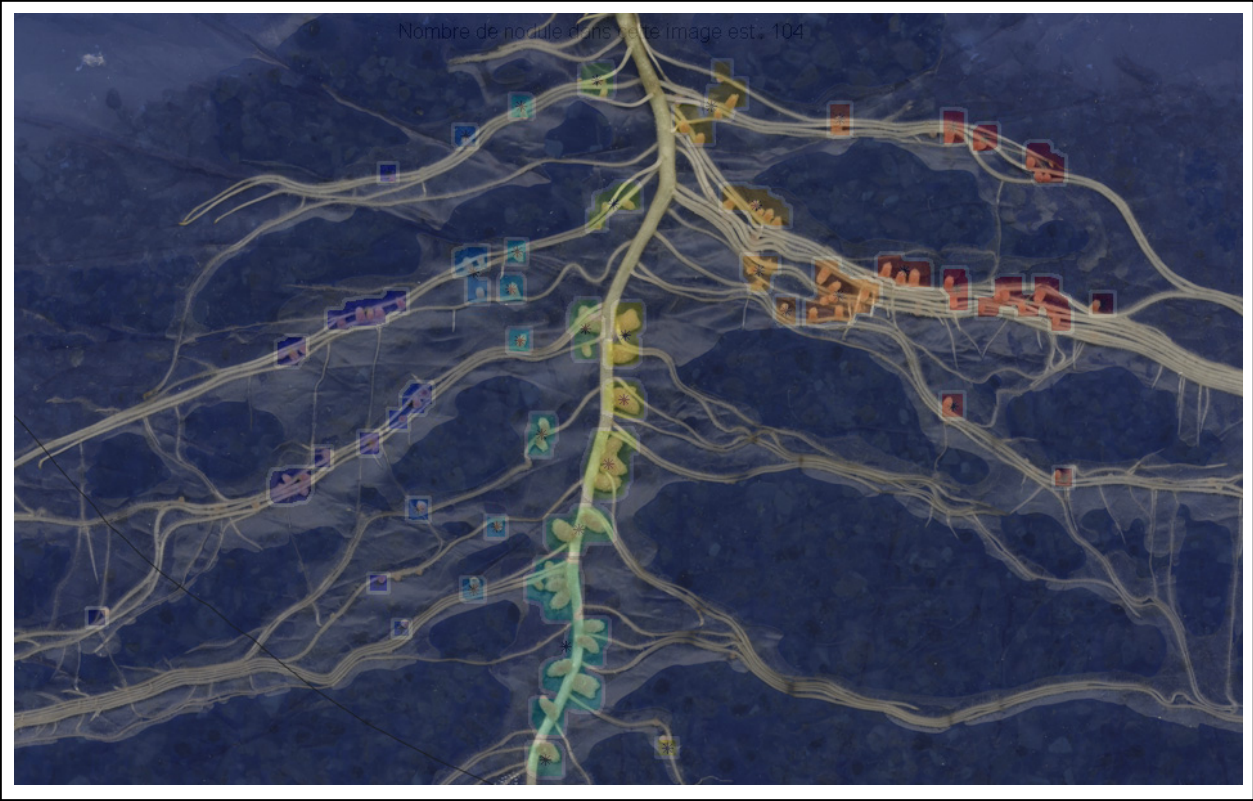


Image originale + nodosités superposées

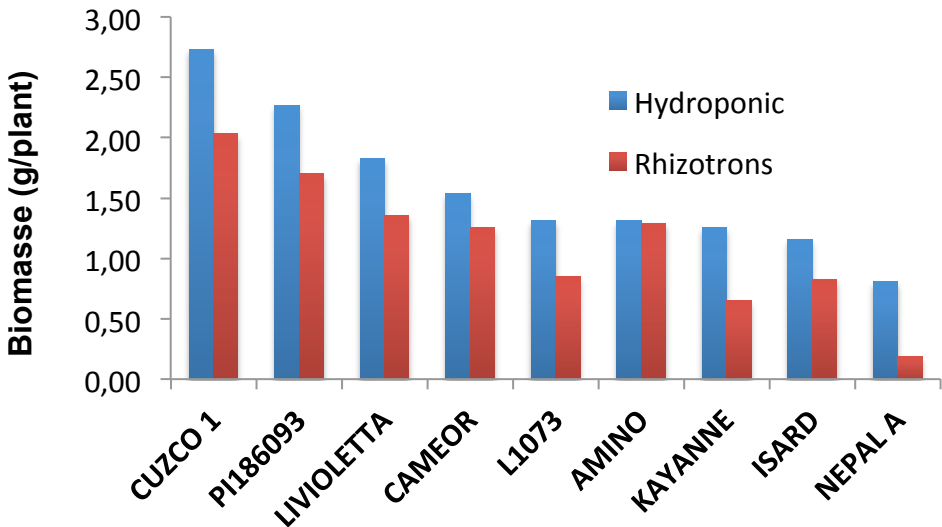
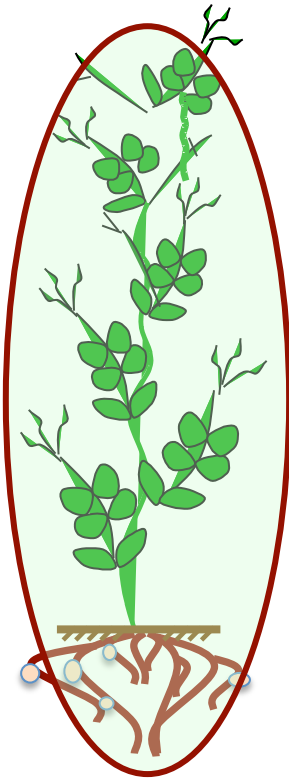


Vigne
Légumineuses

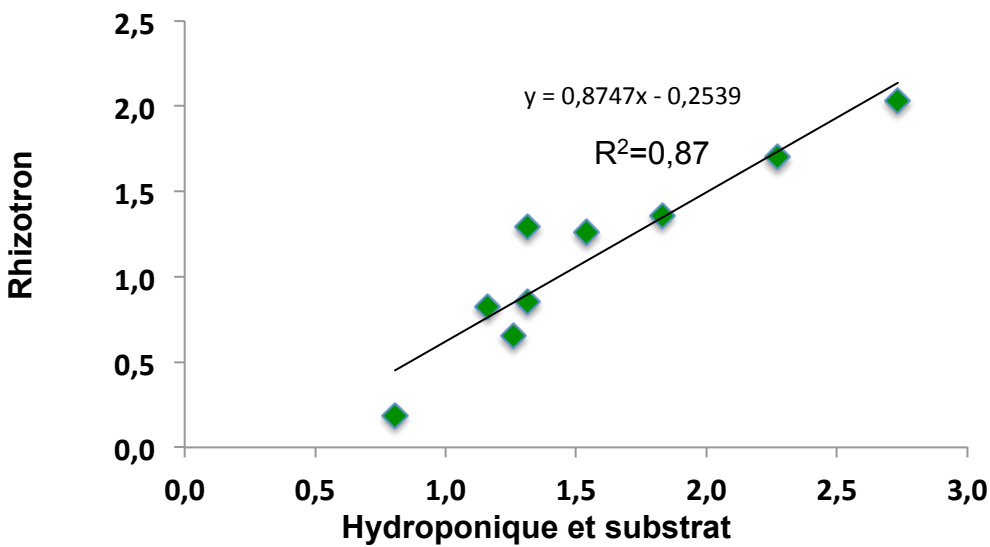
Objectifs
Diversité Génét.
Ident. Strategies
Clast Génotypes

Classement de génotypes: Pea core collection
Hydroponique versus rhizotron

Biomasse plante



La biomasse des plantes diminue dans les rhizotrons



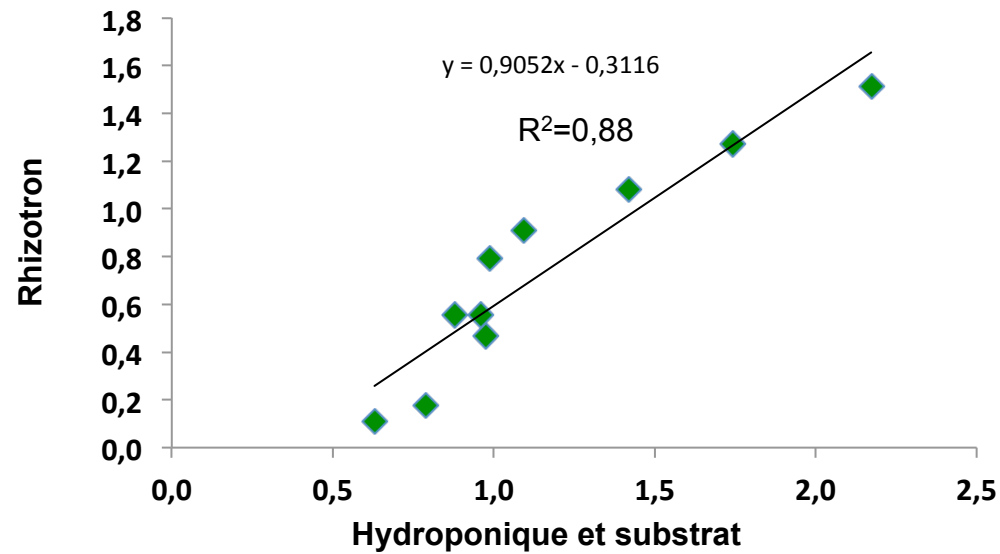
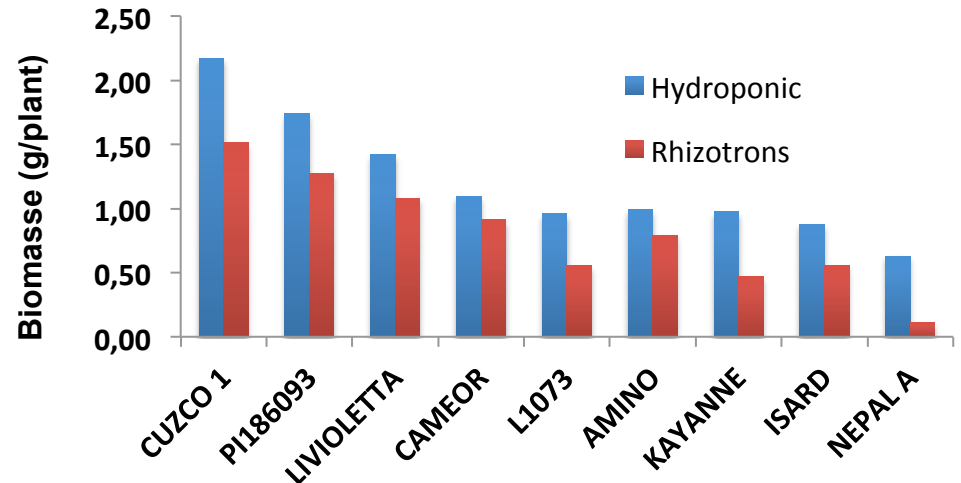
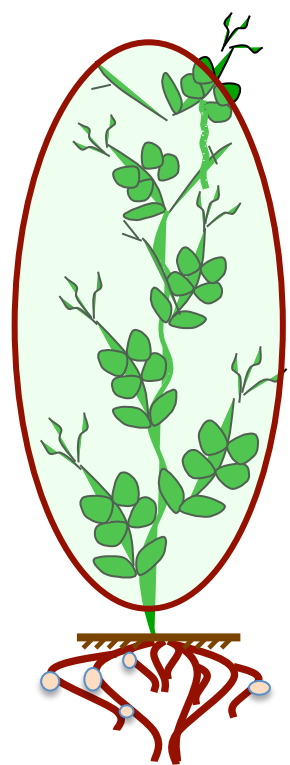
Le classement des génotypes ne varie pas

Vigne
Légumineuses

Objectives
Genetic diversity
Identify a strategy
Genotype ranking

Classement de génotypes: Pea core collection
Hydroponique versus rhizotron

Biomasse aérienne



Le classement des génotypes ne varie pas

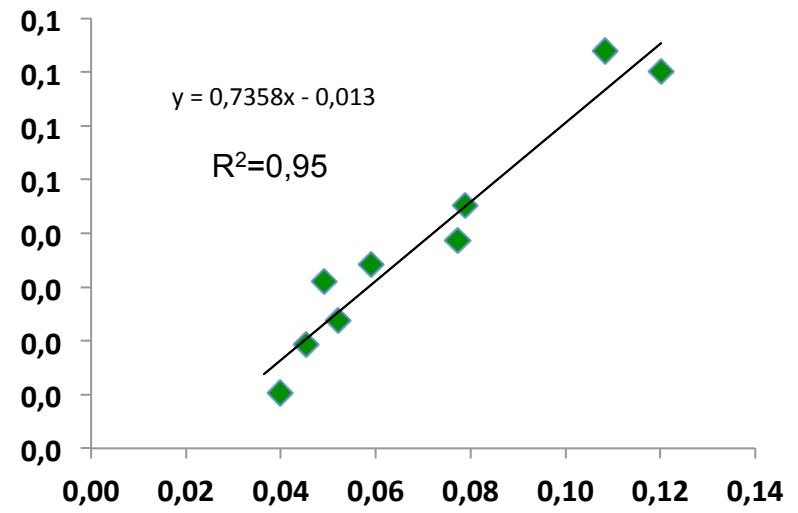
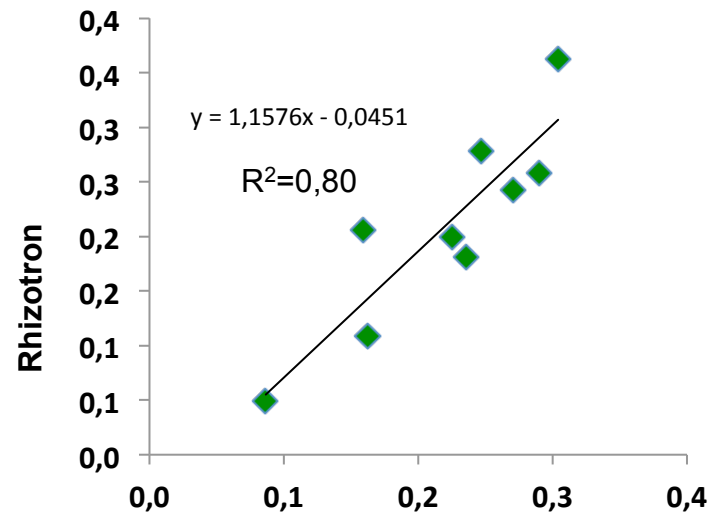
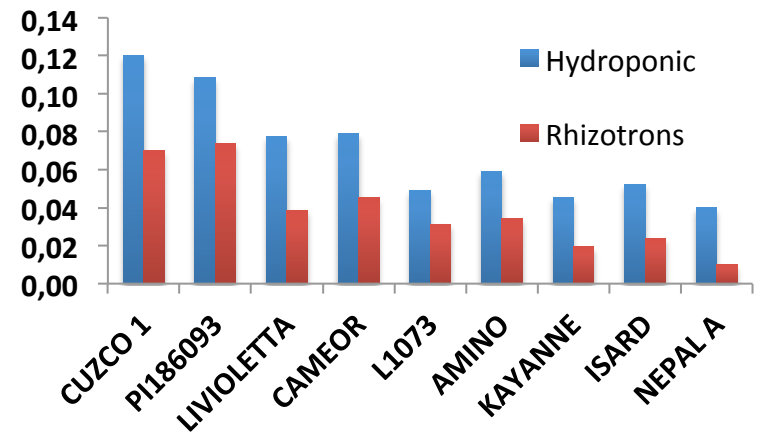
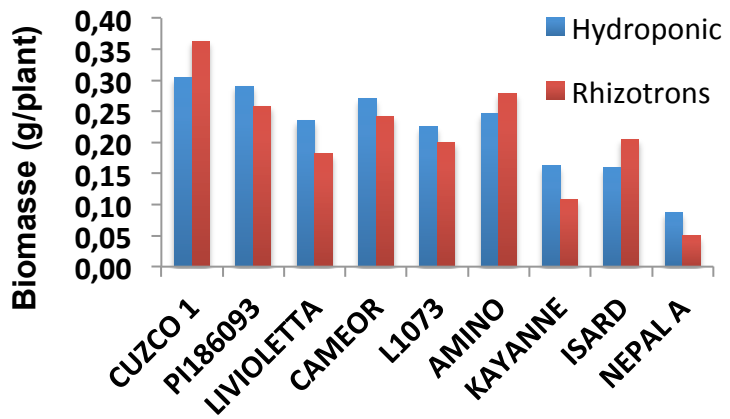
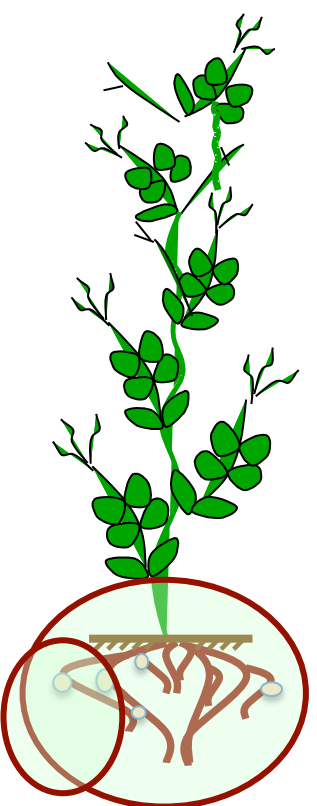
Vigne
Légumineuses

Objectives
Genetic diversity
Identify a strategy
Genotype ranking

Classement de génotypes: Pea core collection

Biomasse racinaires

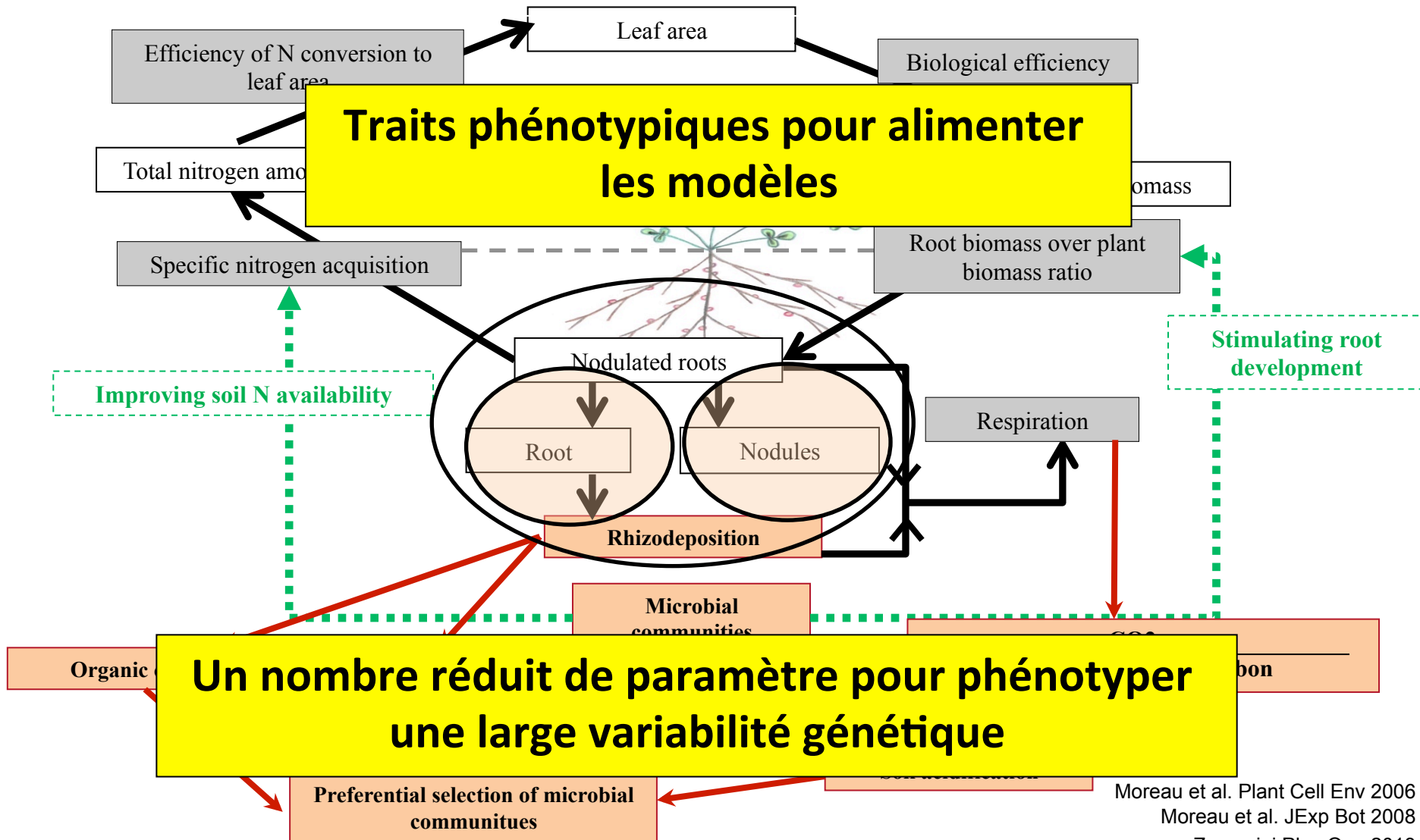
Biomasse nodosités



Hydroponique et substrat

Modèle Intégratif: *Medicago*

Décomposer des variables intégratives en processus physiologiques

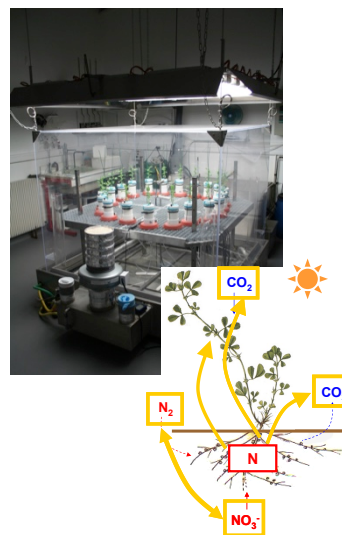
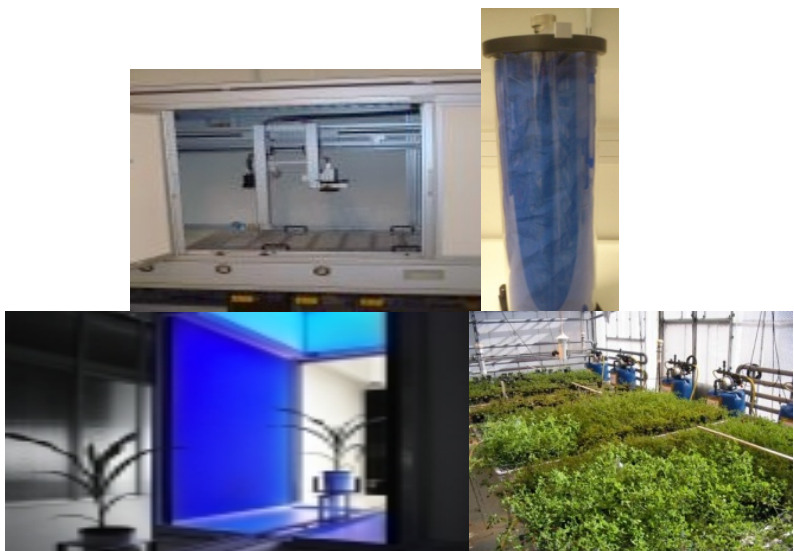


Food for thoughts... Combiner les approches

Phénotypage



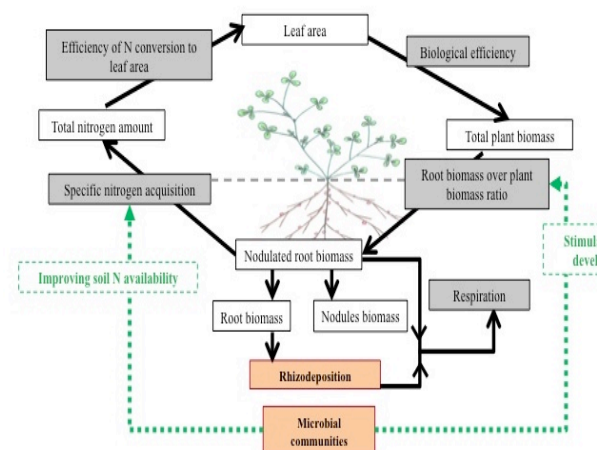
Approche analytique



Identifier des différences entre génotypes



Modélisation



Interpréter les différences détectées

- Vers le phénotypage fonctionnel (NAAS System)
- Valider au champ : Plateforme Phénotypage Dijon

EFOR

PPHD



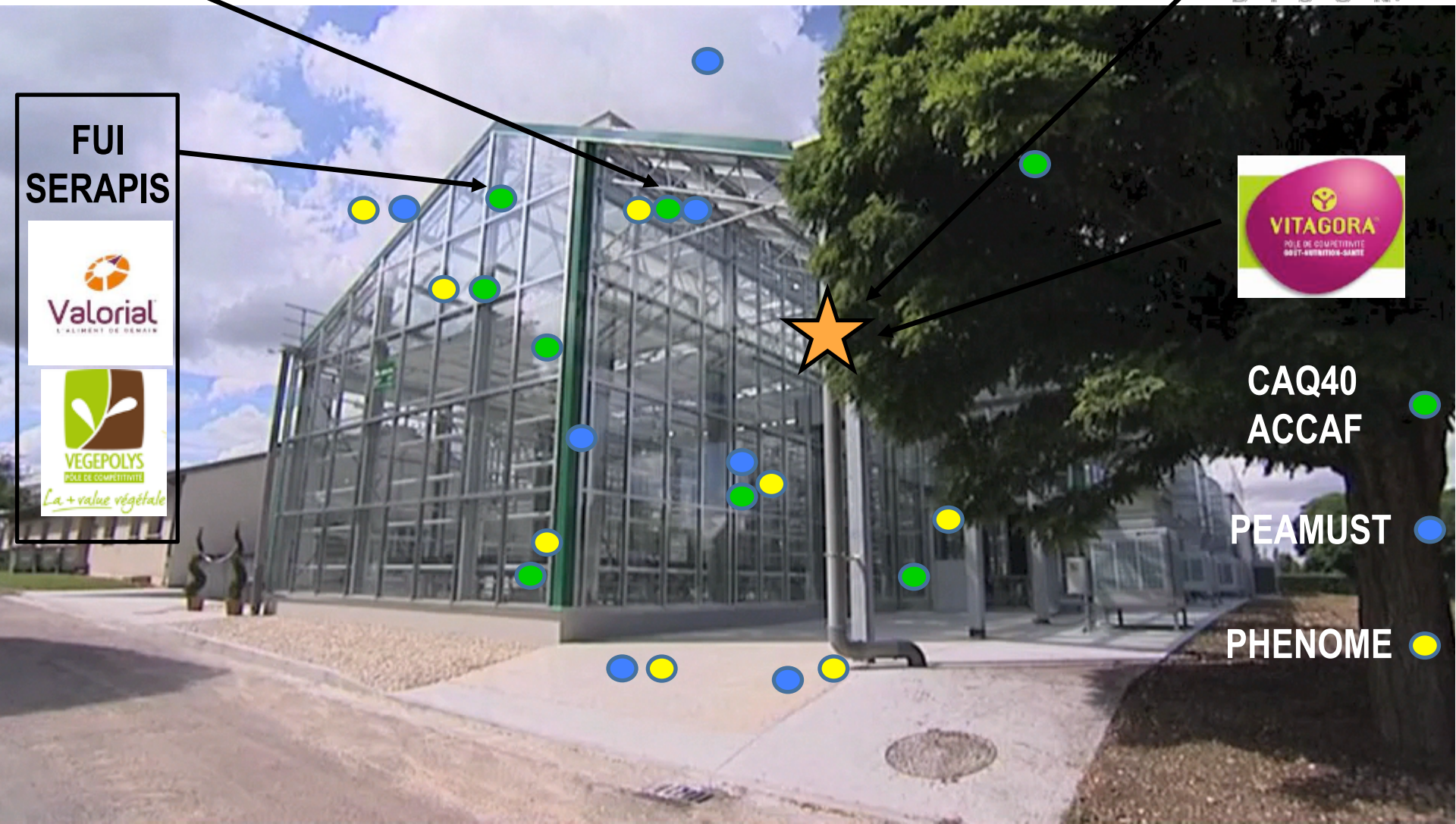
FUI
SERAPIS

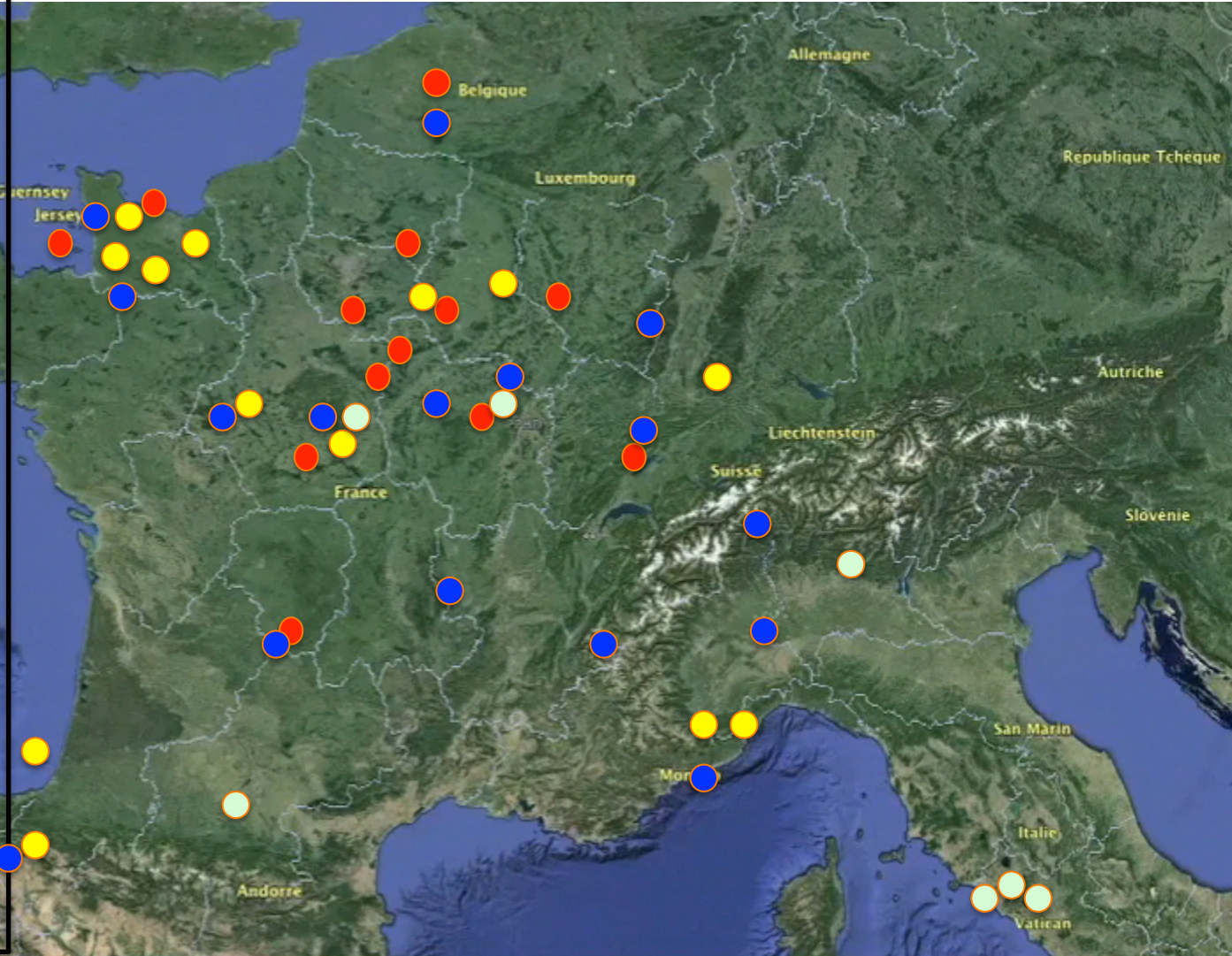


CAQ40
ACCAF

PEAMUST

PHENOME





Distribution...

Christian JEUDY



Céline BERNARD



Jean-Claude SIMON



Frédéric COINTAULT



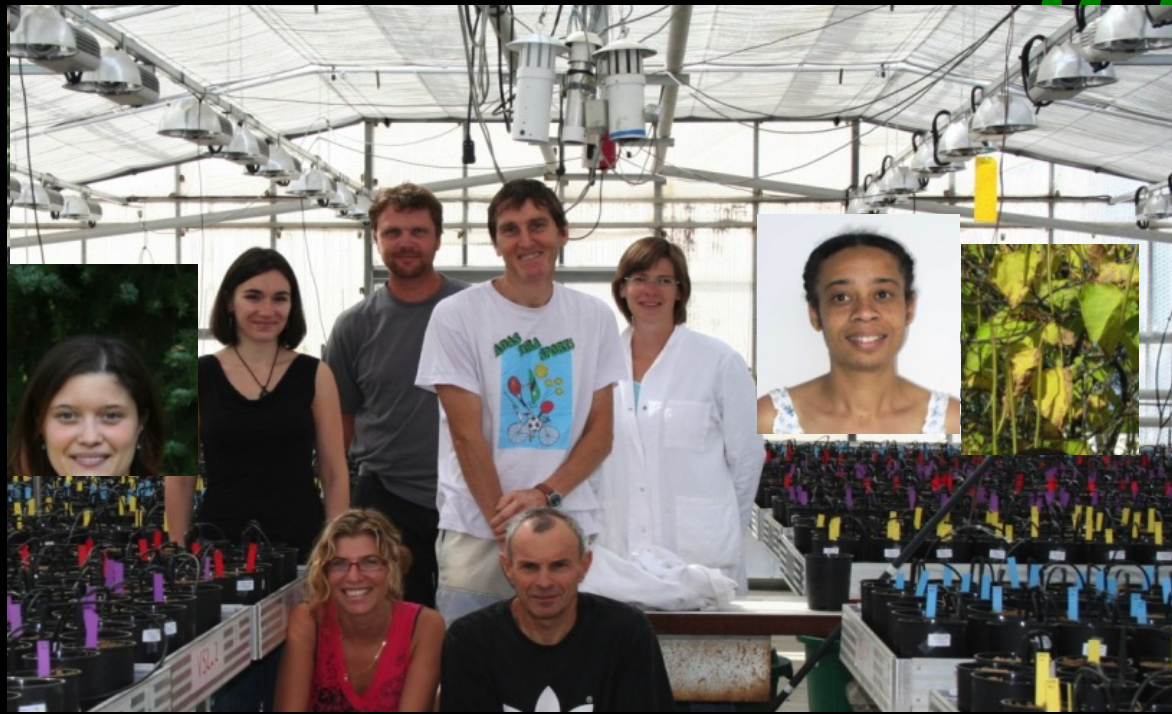
Simeng HAN



Marielle ADRIAN



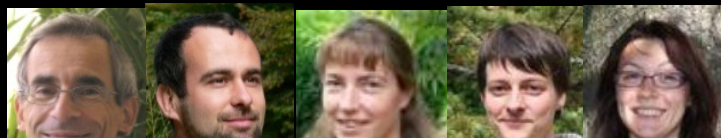
It's aussi...



Ecophysiology team



Medicago truncatula team



**Rhizotrones
(EU Licence INRA-
Inoviaflow, 1300 units
planed)**

Fluxomic
PPHD
Rhizotrons
Rhizobox

