

# Impact de la température et de la fertilité des terrils sur la croissance des Pins d'Alep (Projet PAG) Appel à projet DRIIHM 2016

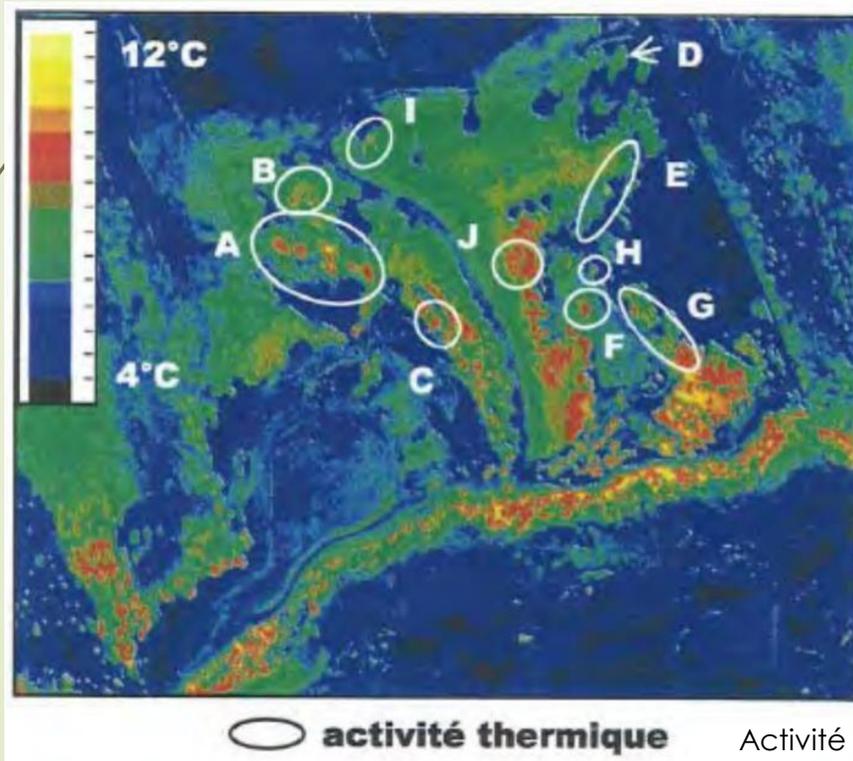
Emmanuel DELATTRE

06/11/18

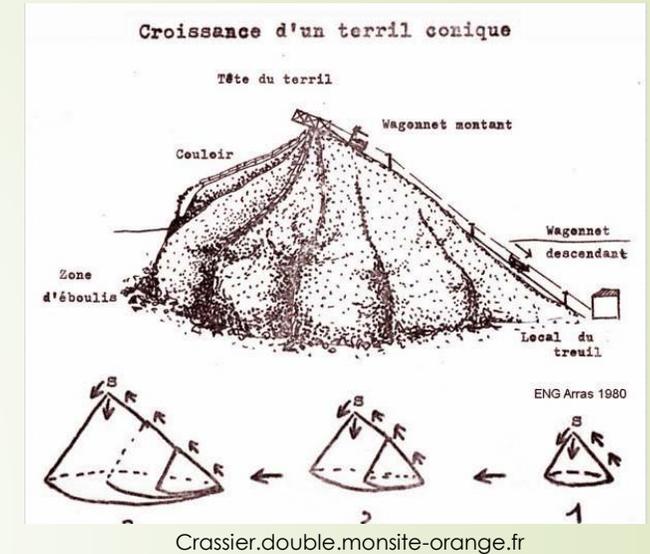
## 2

## Contexte

- Les terrils du bassin minier de Provence
  - Activité minière => déchets => déversés => formation des terrils  
Formés depuis 1860 jusqu'en 2003
  - Réactions exothermiques => Autocombustion  
900°C au cœur



Activité thermique du Défens (Source : INERIS)



3

# Contexte

## ► Projet PAG

- Peuplement des terrils par pins d'Alep dès l'arrêt du dépôt des stériles
- Croissance radiale supérieure à des rendosols
- Conditions climatiques identiques
- Recherche des facteurs causaux

**Pourquoi ?**

Température  
du substrat

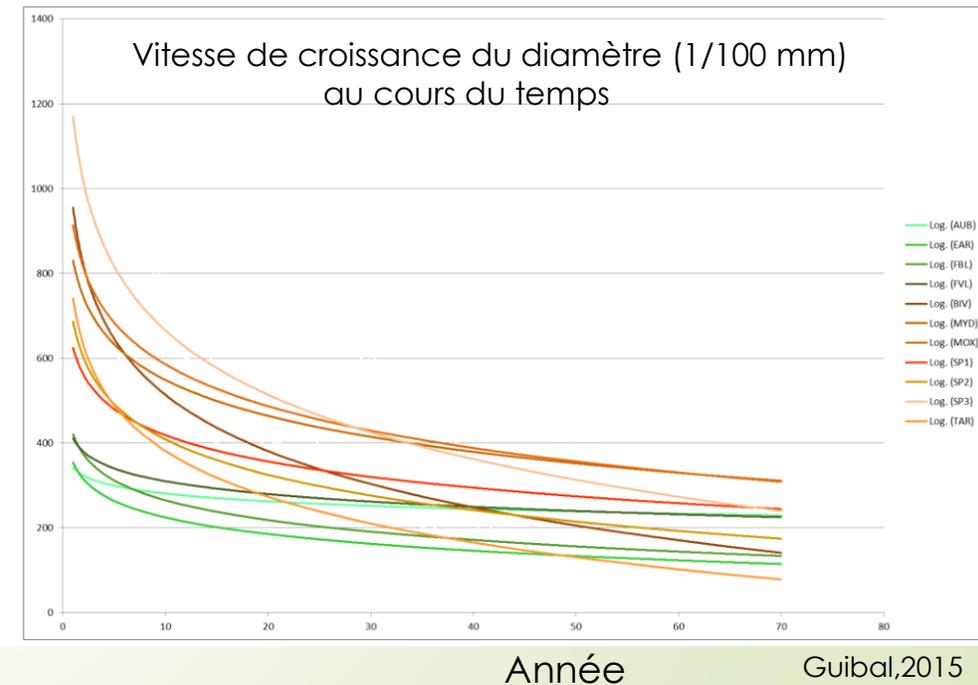
Analyse in-vivo

Fertilité  
des sols

Analyse in-situ

Terrils

Témoins



# Sommaire



## ► Etat de l'art

- La croissance des végétaux
- Facteurs influençant la croissance

## ► Méthodes et techniques

- Echantillonnage
- Dispositif expérimental
- Analyses chimiques

## ► Résultats et discussion

- Etude in vivo
- Etude in situ

## ► Conclusion



5

# État de l'art

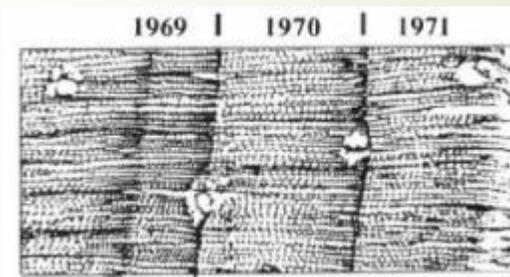
6

# La croissance des végétaux

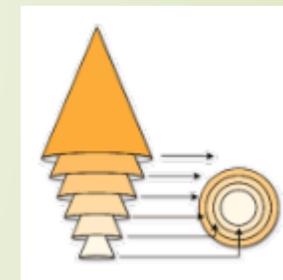
- Germination
- Formation des cernes : Croissance
- Cycles de croissance



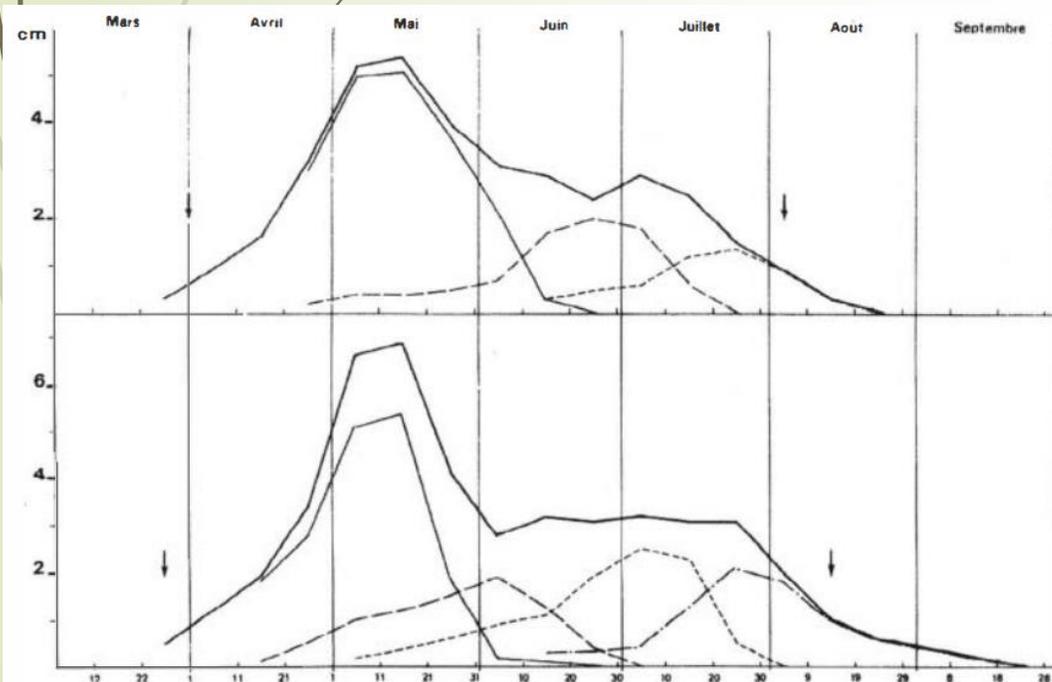
<http://www.truffaut.com/jardin/graines-bulbes/graines-fleurs/Pages/conseil-strategie-germination-graines.aspx>



Serre-Bachet, 1992



Guibal, 2015

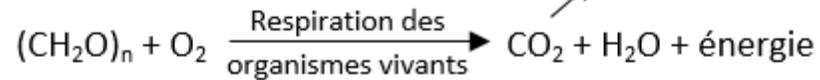


Croissance de deux flèches multinodales à trois et quatre cycles de croissance. Vitesse et durée d'allongement de la pousse totale et de chacune des pousses élémentaires.

Serre-Bachet, 1992

# Facteurs influençant la croissance

➤ Oxygène



(Coutanceau, 1957)

➤ Irrigation

➤ Température de l'air

(Myneni et al., 1997)

➤ Température du substrat – respiration, biodisponibilité

(Pregitzer et al., 2000)

➤ Les éléments minéraux essentiels : les ressources biodisponibles

(Marschner, 2012)

➤ Incapable de compléter son cycle de croissance

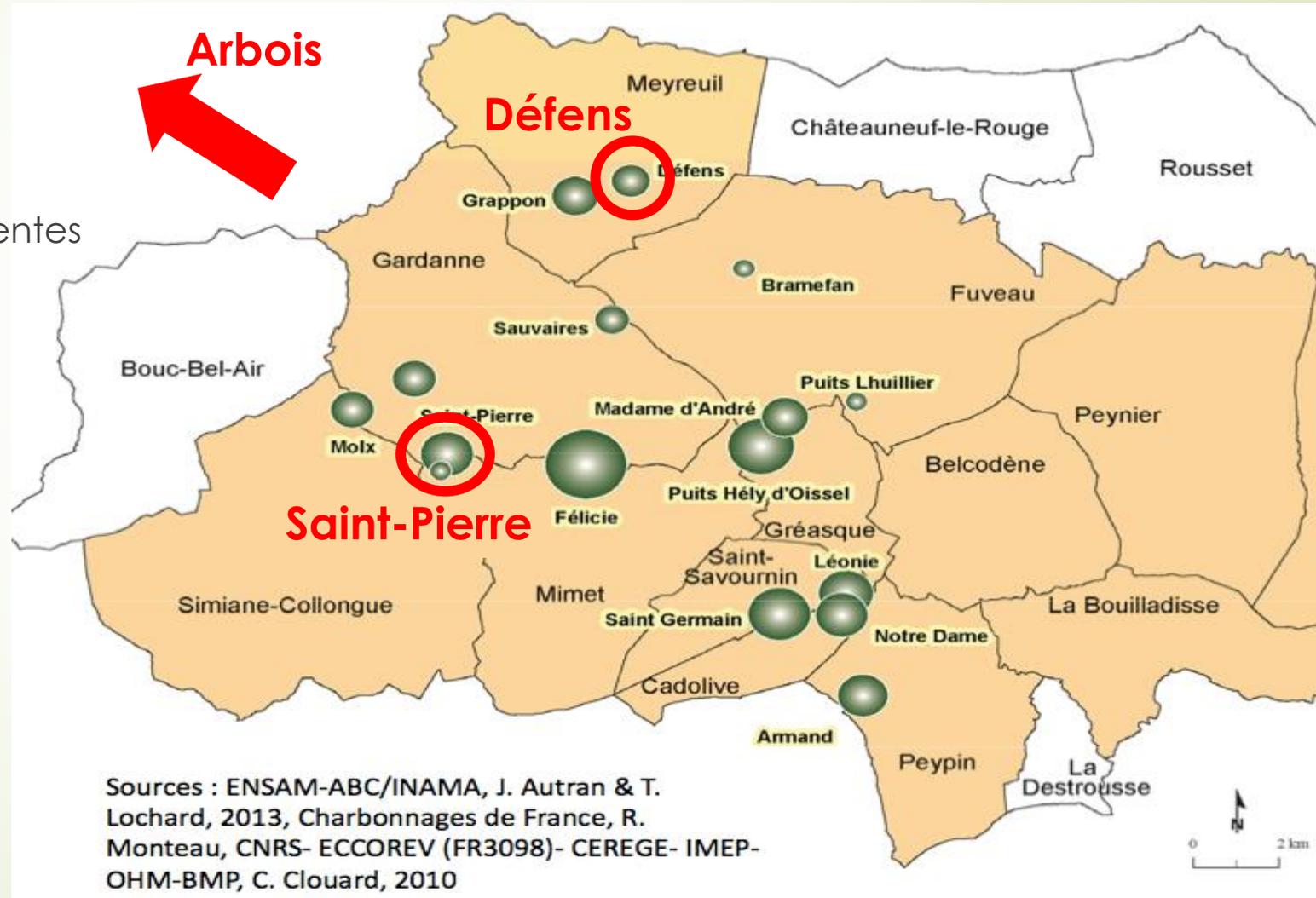
➤ Fonction qui ne peut être remplacée par une autre

➤ Impliqués dans le métabolisme/requis pour une étape du métabolisme

# Méthodes et techniques

# Étude de la fertilité: approche *in-situ*

- Terrils
  - Étudiés par M. Guibal
  - avec et sans combustion
  - Roches de natures différentes



10

# Echantillonnage

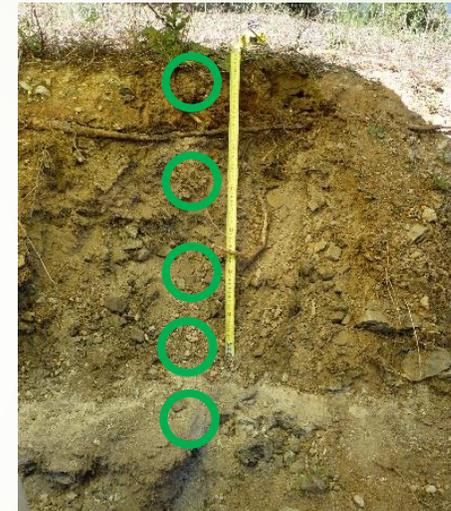
## ➤ Fosses pédologiques



Arbois



St Pierre



Défens



Défens – pt chaud  
40°C à 70 cm en 2014  
(source : INERIS)

**Nature du  
substrat :**

Site référence  
rendosol

Cendre

Argile

Mixte

**Profondeur :**

20 cm

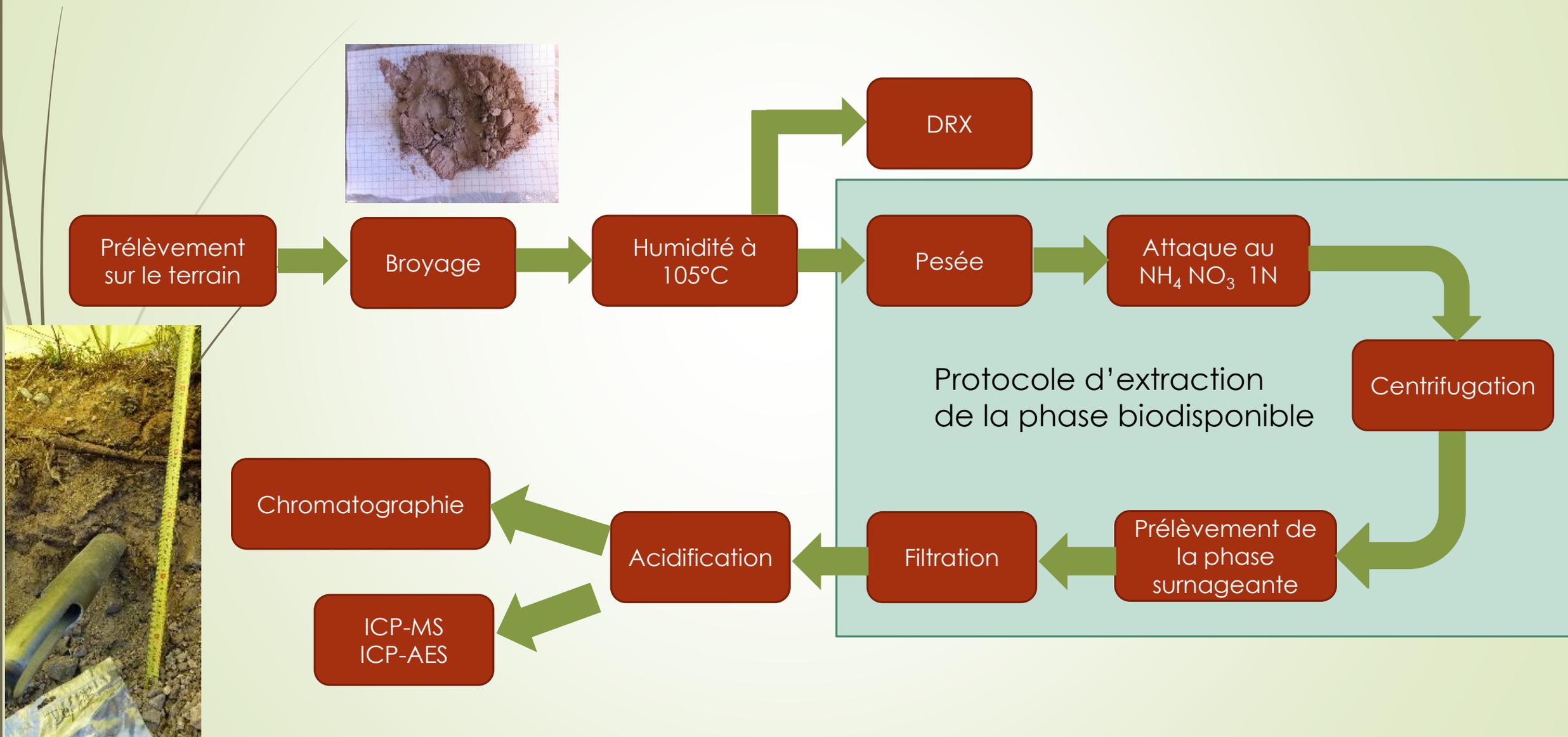
110 cm

25/80 cm

45 cm

11

# Caractérisation de la fertilité des substrats



# Étude de la température : approche *in-vivo*

- Nymphéa Distribution crée en 1990 par Philippe Prohin
- Serre dédié à la recherche



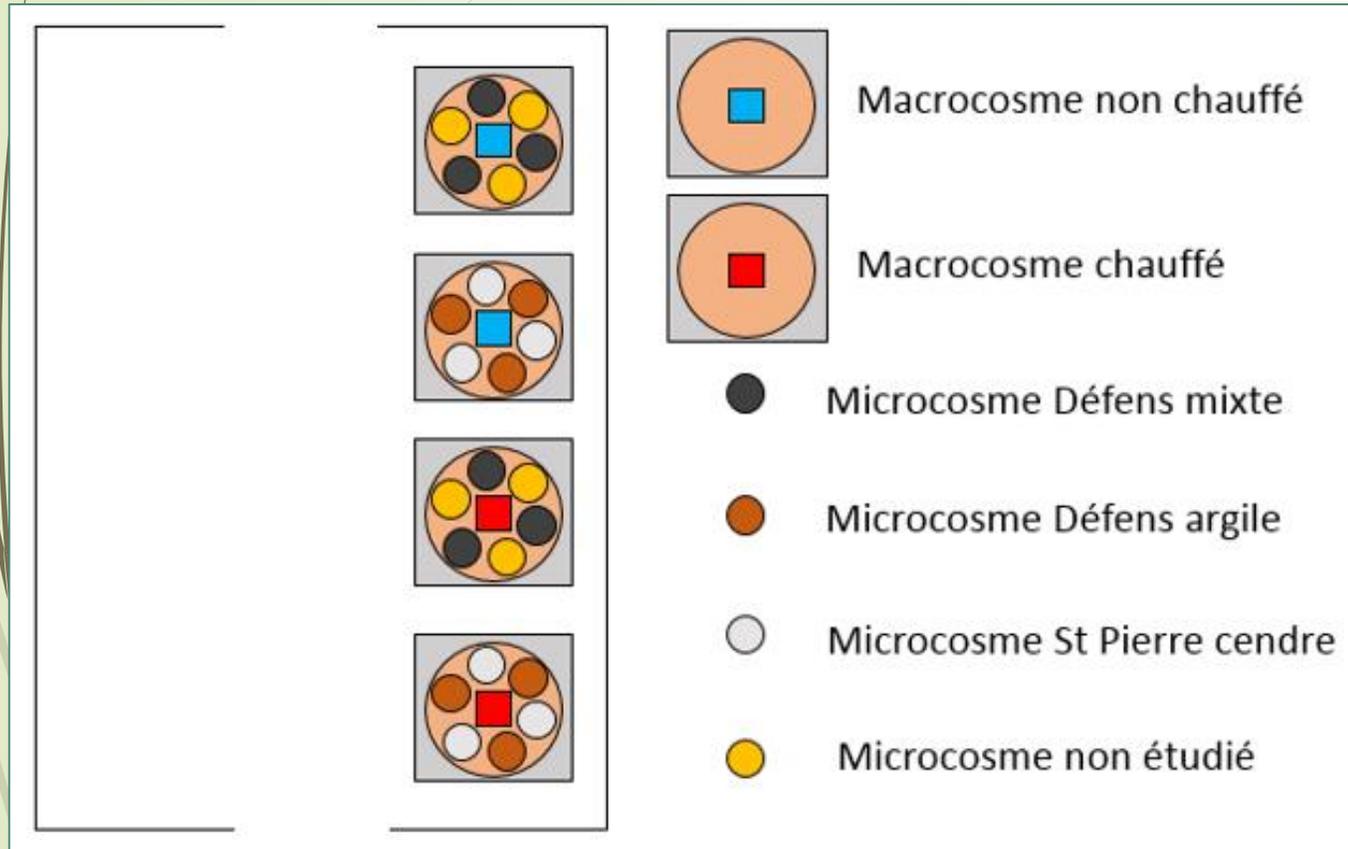
<http://sensationjardin.fr/nymphaea/>



<http://sensationjardin.fr/nymphaea/>

13

# Impact de la température : Étude *in-vivo*



## ➤ Paramètres mesurés :

- Nombre d'aiguilles
- Diamètre du tronc
- Diamètre de trois ramifications
- Hauteur

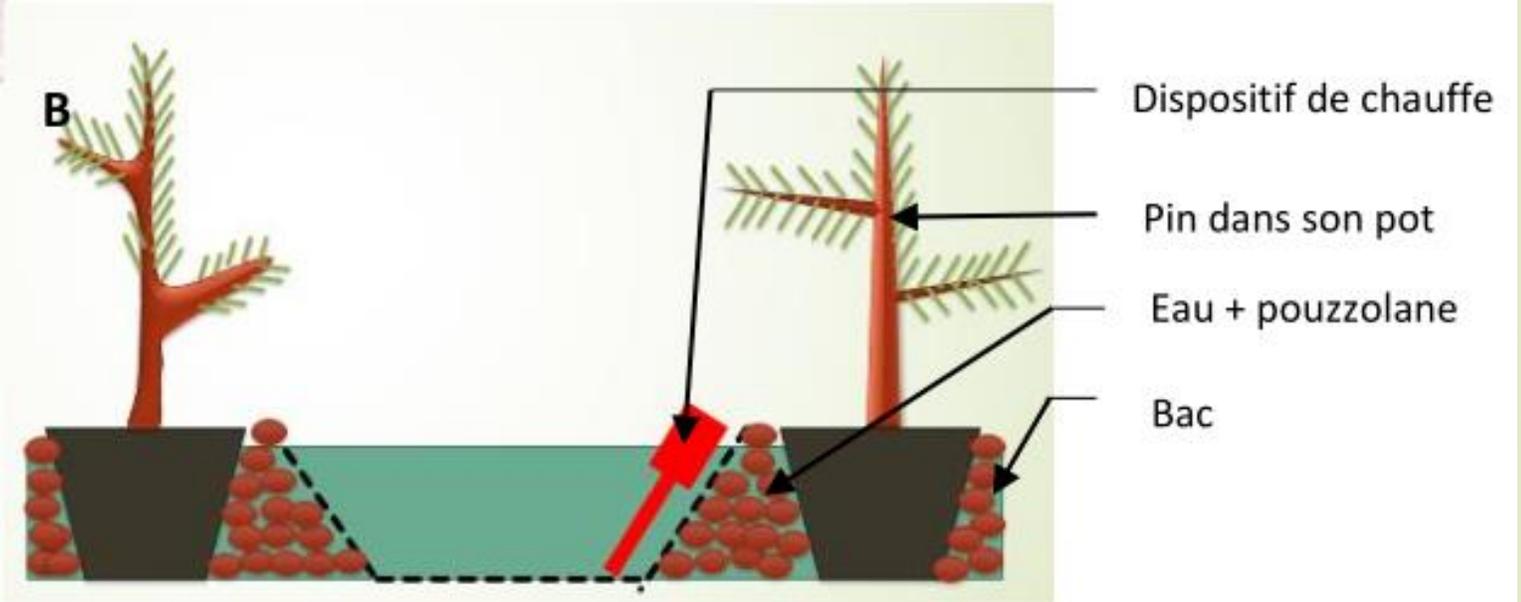
## ➤ Suivi

- De l'hydrométrie
- Des paramètres climatiques
- Température des substrats

Mesures hebdomadaires sur 108 jours

14

# Dispositif expérimental

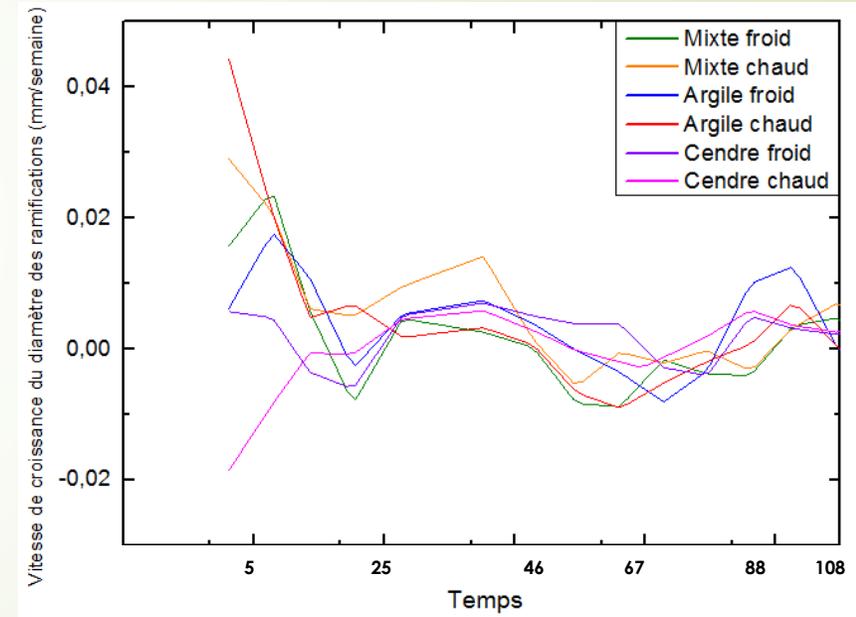
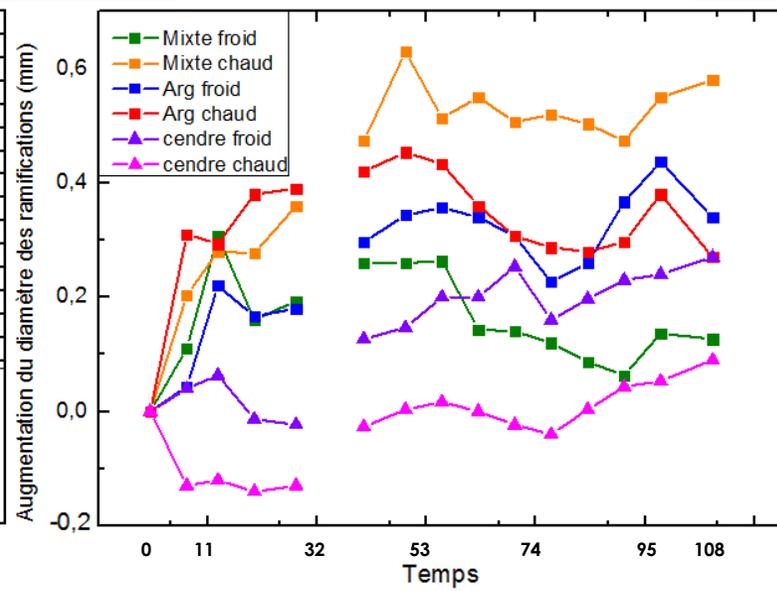
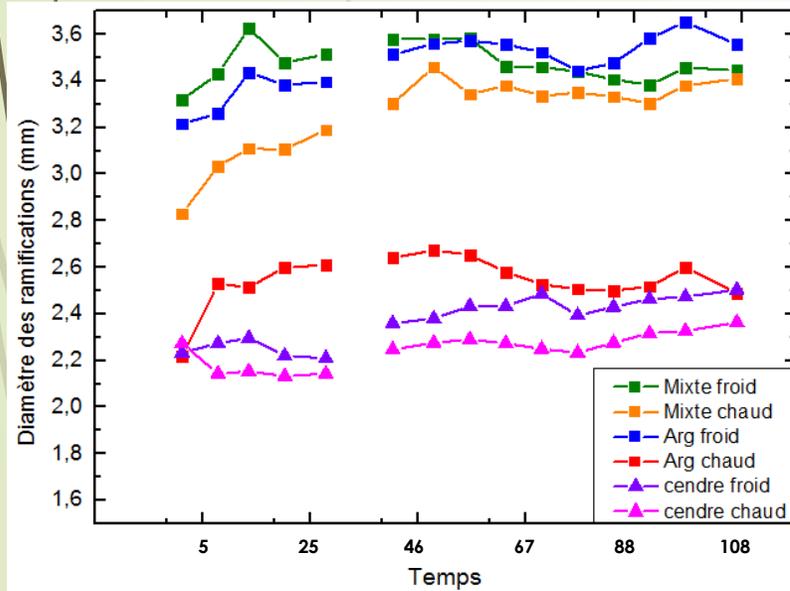


# Résultats et discussion

16

# Traitement des données

Exemple avec le diamètre des ramifications



Données brutes



Shift

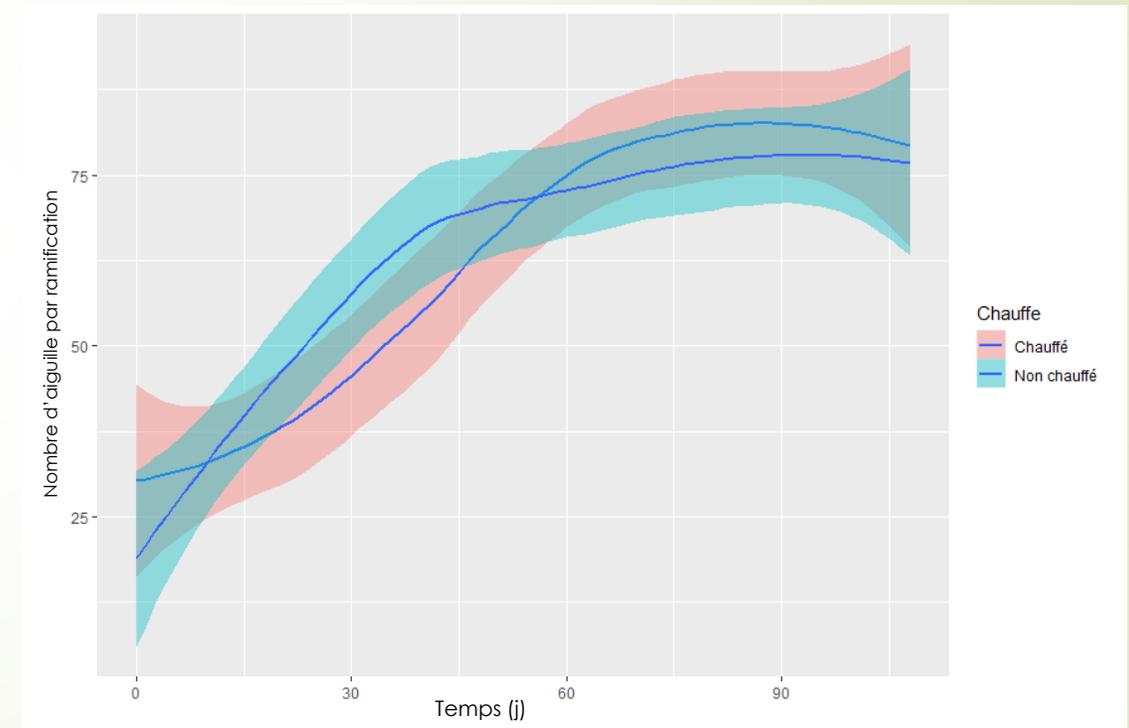
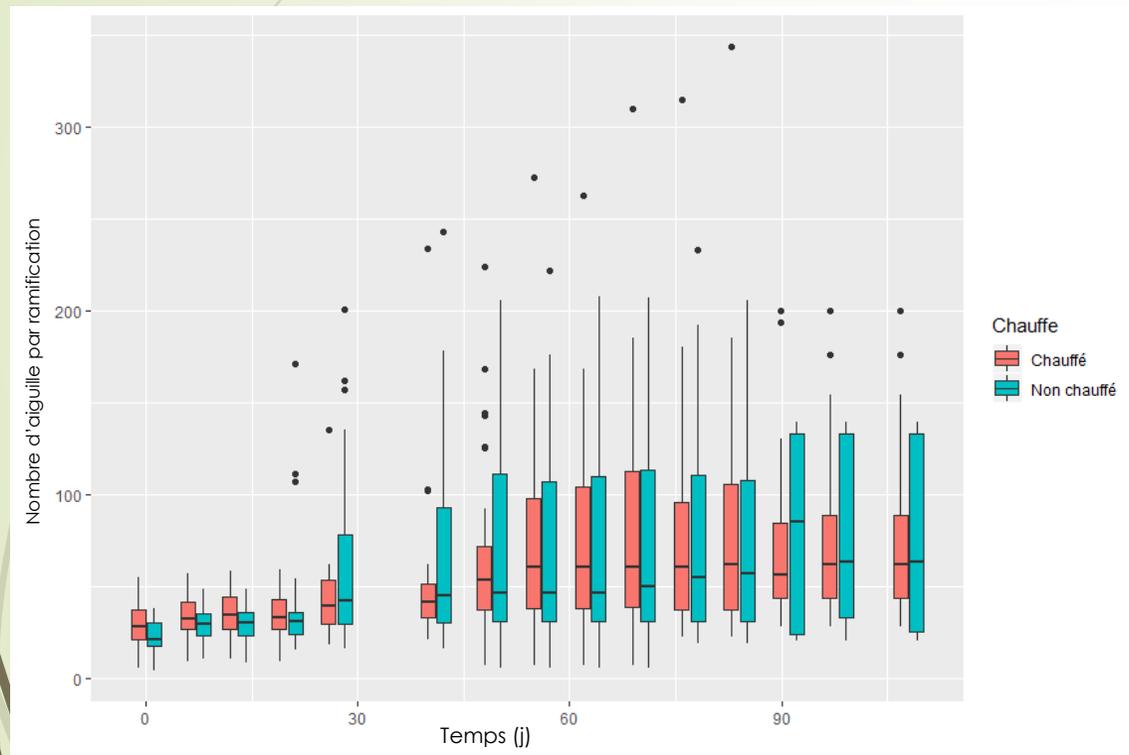


Dérivée

17

# Pousse des aiguilles (en nombre)

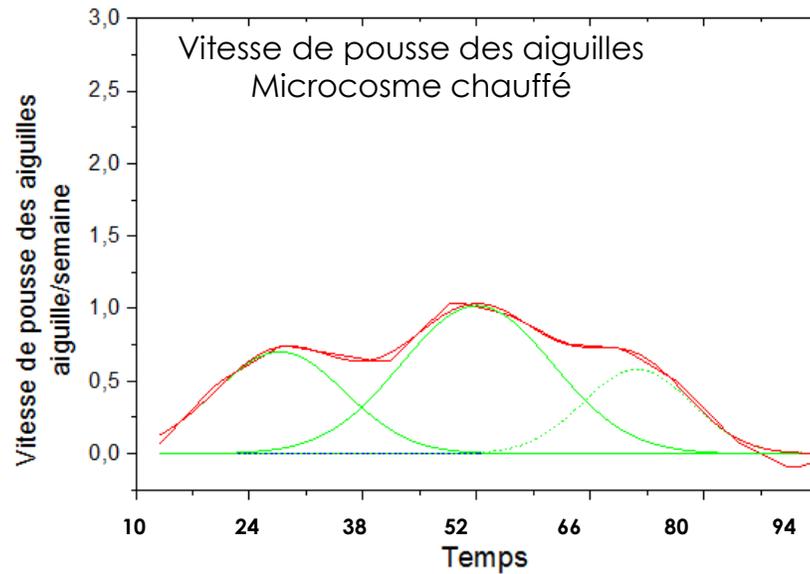
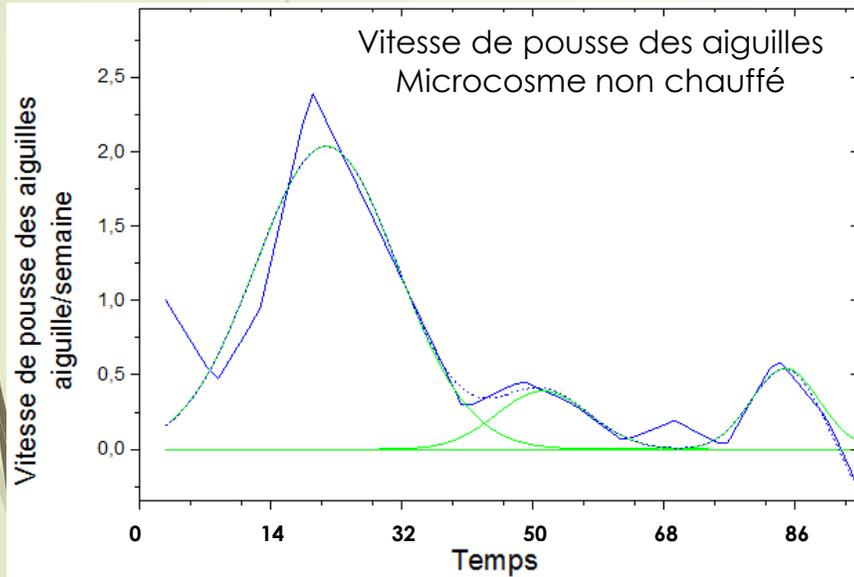
➤ Impact de la température



18

# Pousse des aiguilles (en nombre)

► Impact de la température

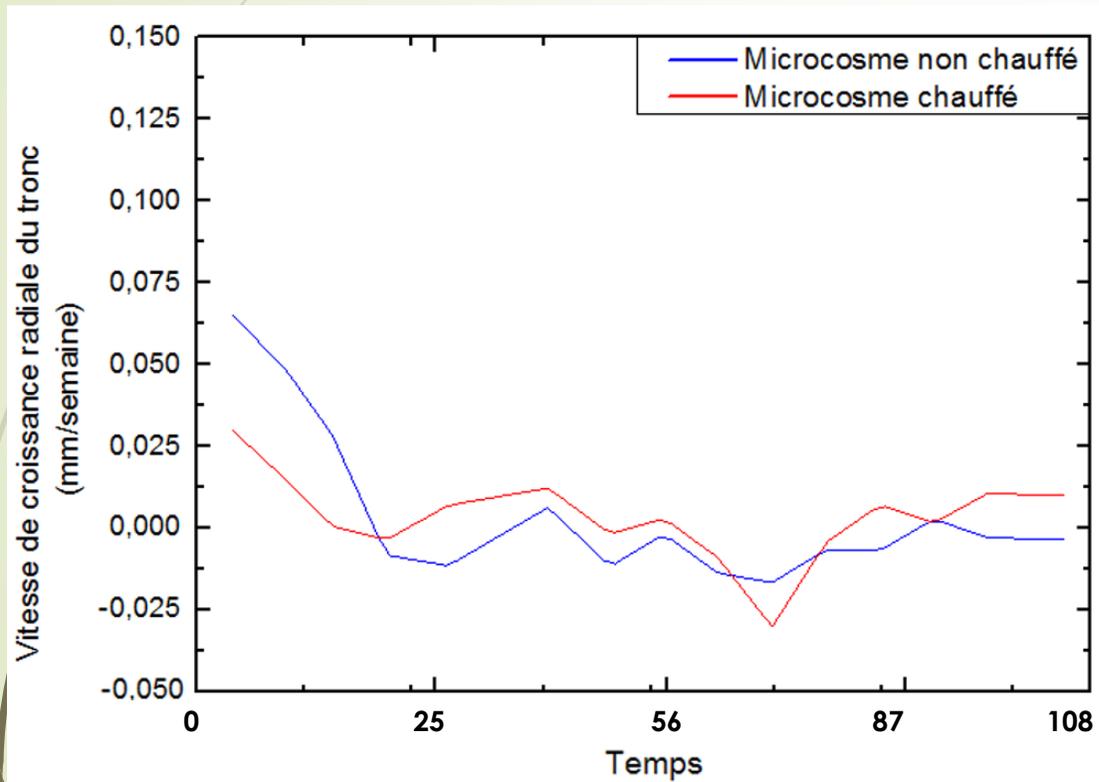


► Microcosmes chauffés : Pousse des aiguilles constante

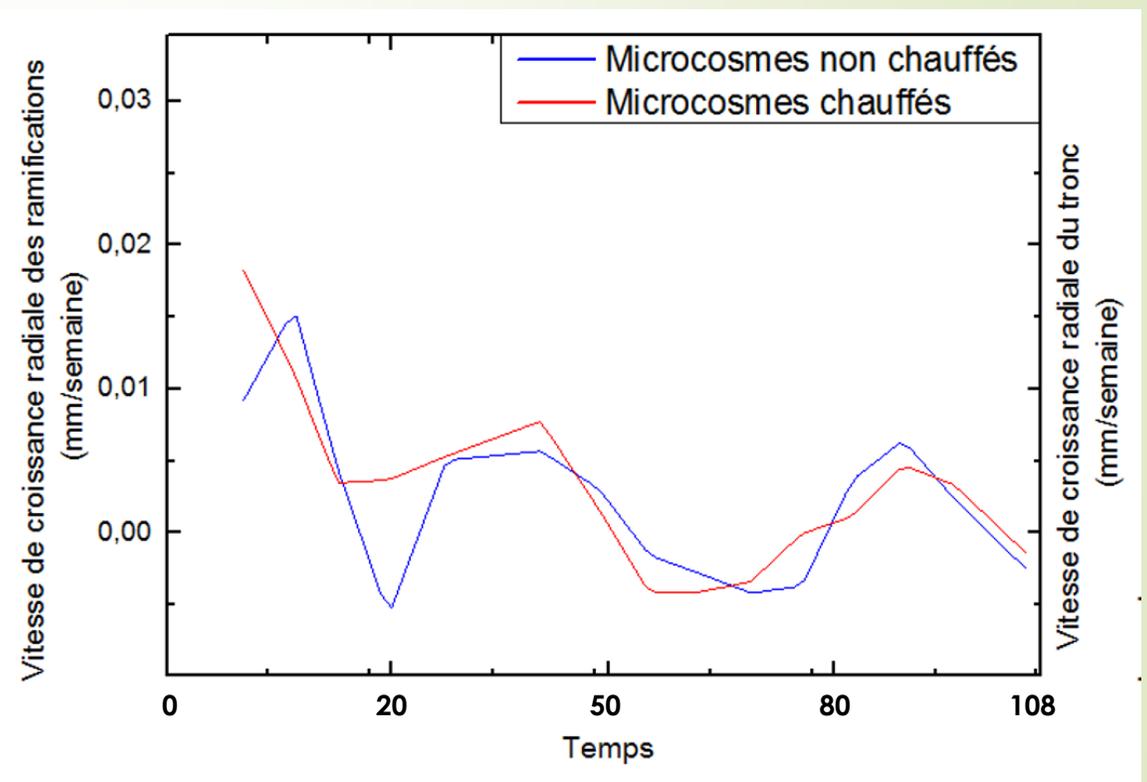


# Croissance radiale

Diamètre du tronc :



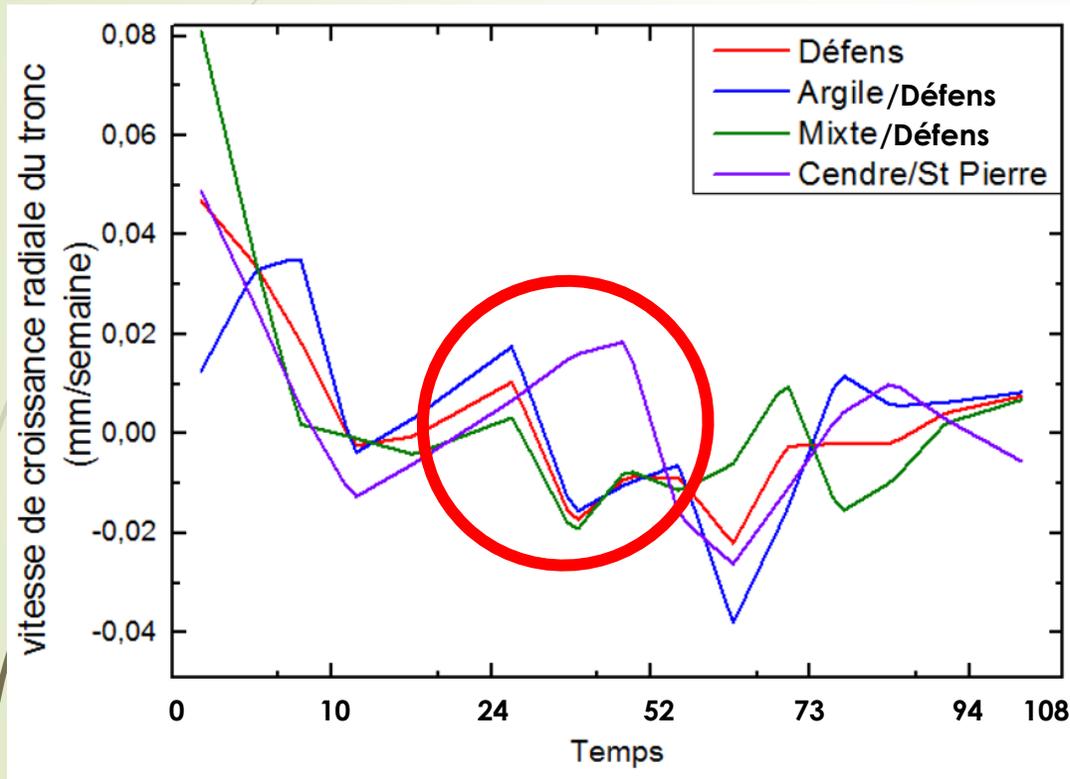
Diamètre des ramifications :



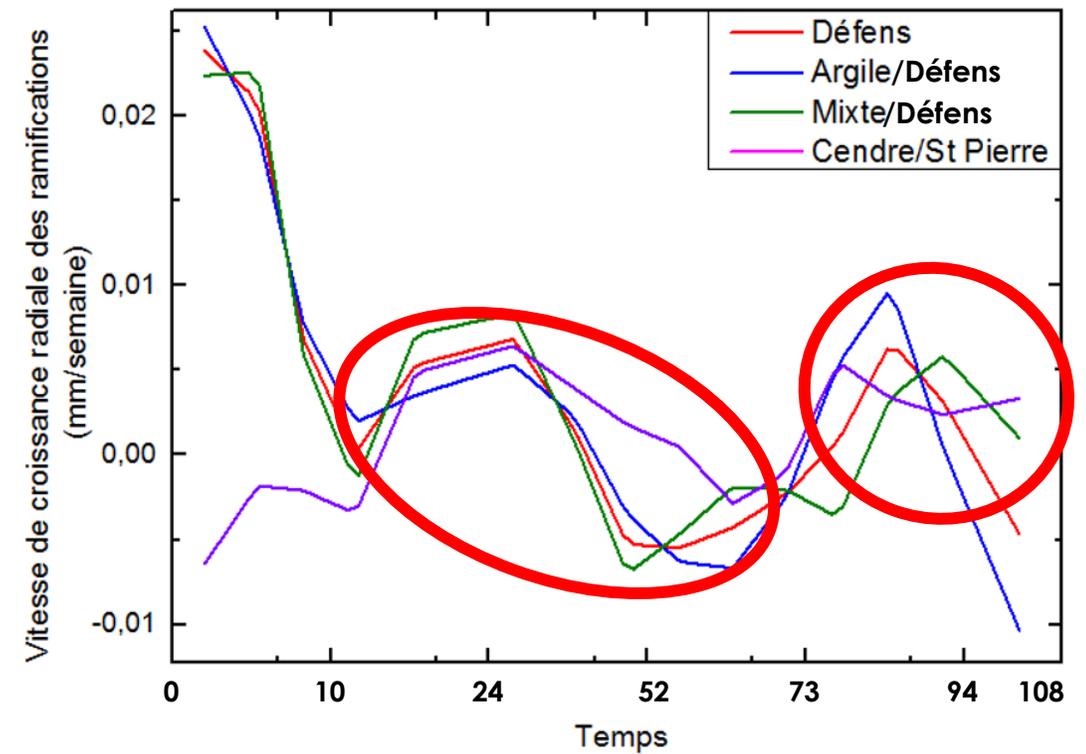
Pas impact de la température

# Croissance radiale

Diamètre du tronc :



Diamètre des ramifications :



Impact du substrat

21

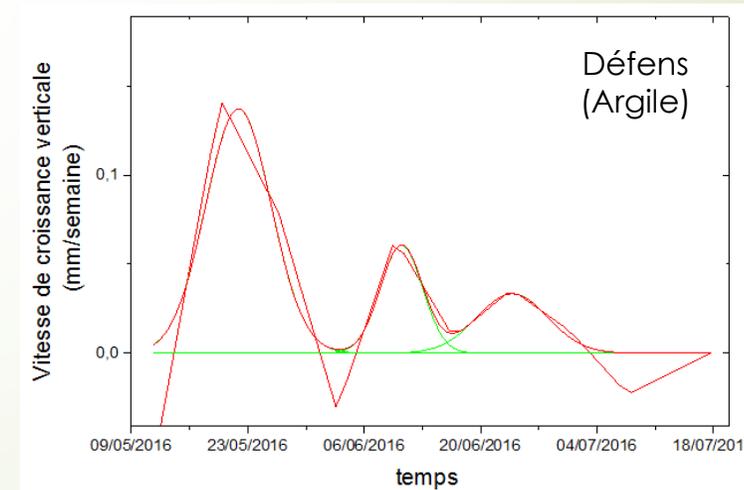
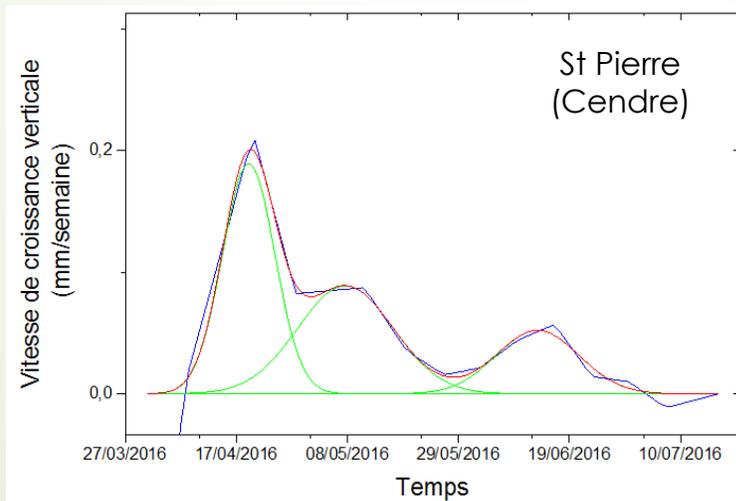
# Croissance verticale

## Impact du substrat

Numéro du pic	Microcosme St Pierre cendre				Microcosme Défens argile			
	FWHM	Hauteur maximale	Aire intégrée	% de l'aire représenté	FWHM	Hauteur maximale	Aire intégrée	% de l'aire représentée
1	11,66	0,19	2,35	43,58	9,25	0,14	1,36	64,49
2	21,33	0,09	2,02	37,43	5,98	0,06	0,39	18,51
3	18,39	0,05	1,02	18,99	9,98	0,03	0,35	17,00

Total : 5,4 mm/semaine<sup>2</sup>

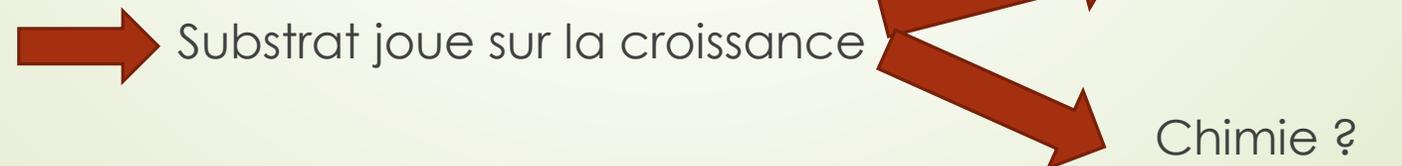
2,1 mm/semaine<sup>2</sup>



2,5x plus importante sur le St Pierre

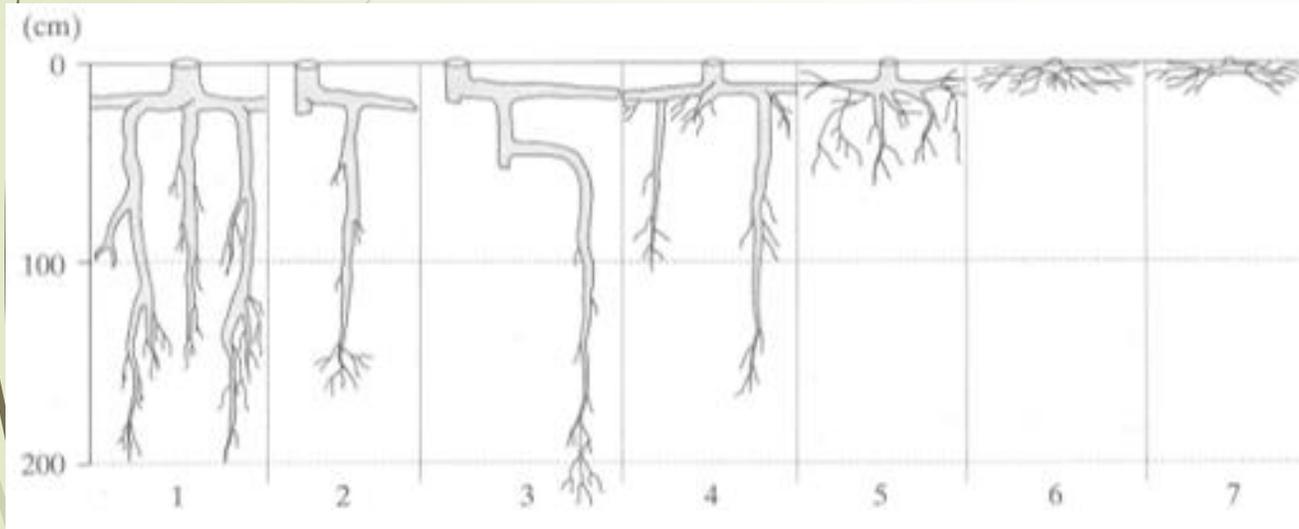
## Étude in-vivo (Synthèse)

- Impact de la température :
  - Pousse des aiguilles : Perte de l'effet saisonnier
- Impact du substrat :
  - Croissance radiale : Même cinétique tronc/ramification car pousse en cône  
Cinétique différente suivant le substrat
  - Croissance verticale : 2,5x plus importante sur le St Pierre



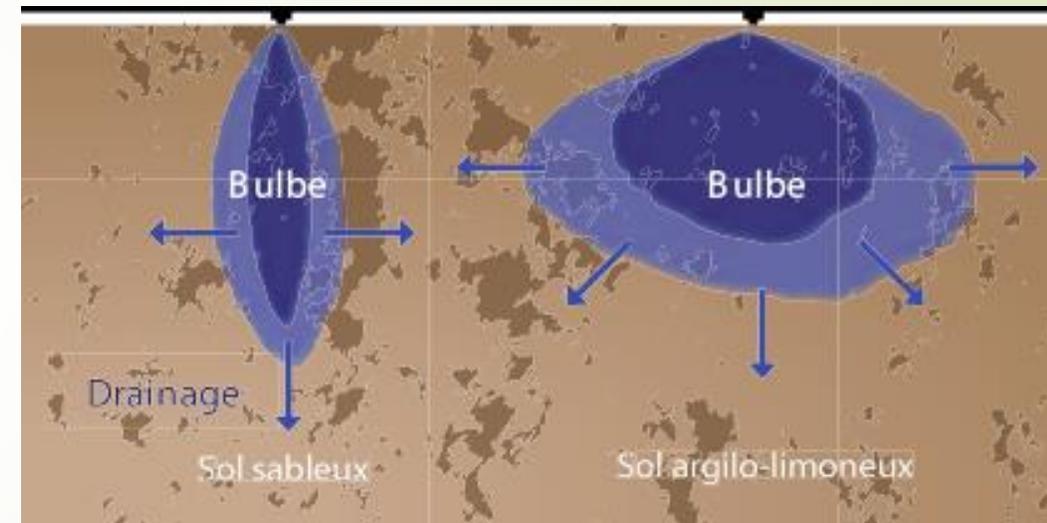
23

# Nature physique



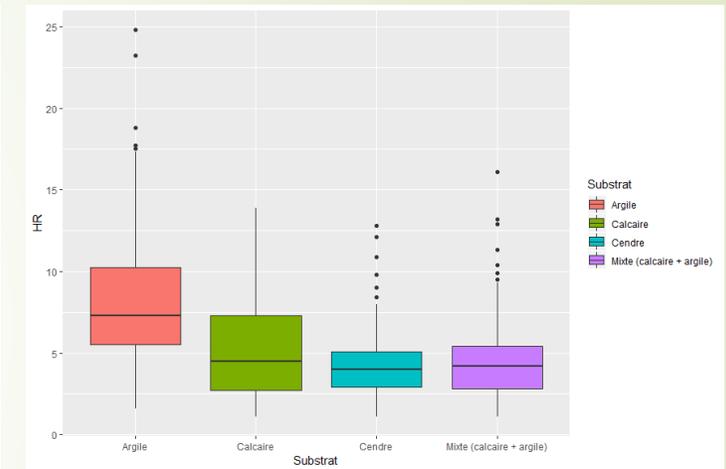
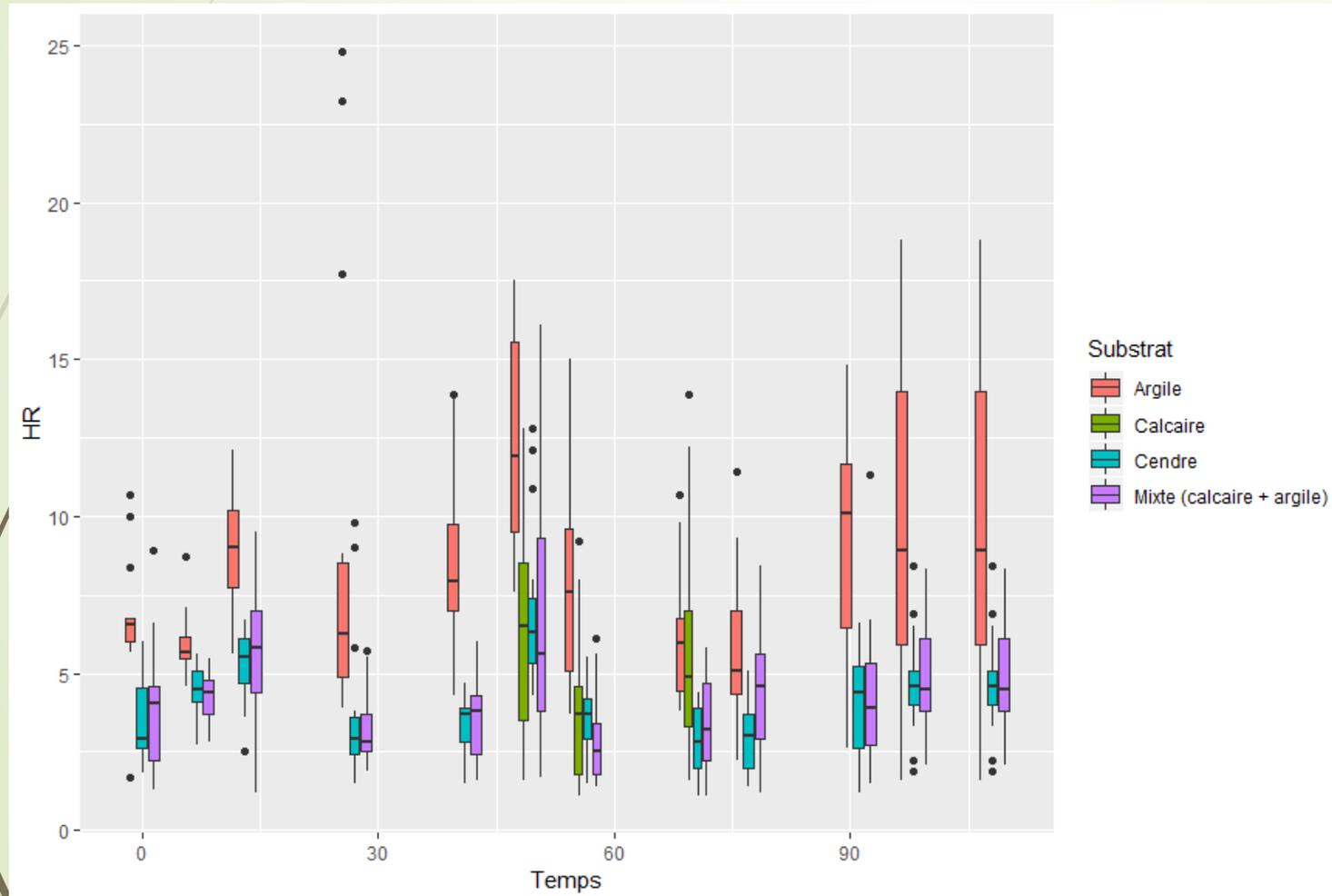
*Pierre Vollenweider, cours N°4*

- 1 sablo-limoneux
- 2 faiblement podsolique "Grasböden"
- 3 sableux
- 4 sol gris forestier
- 5 sol brun montagnard
- 6/7 sol organique (tourbe, marais)

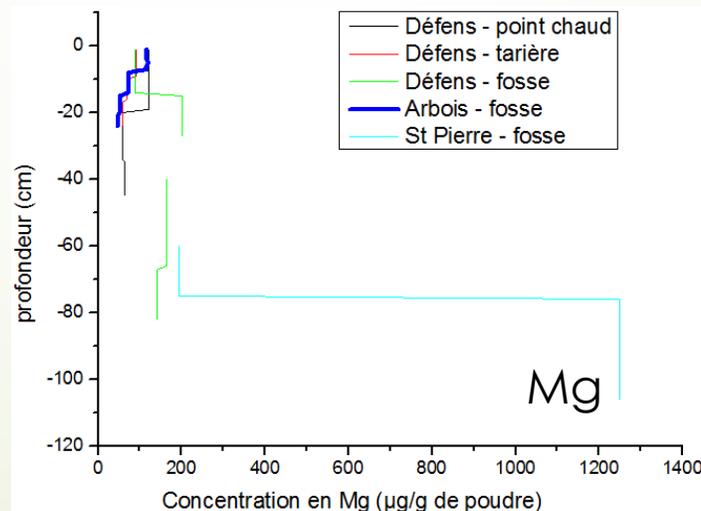
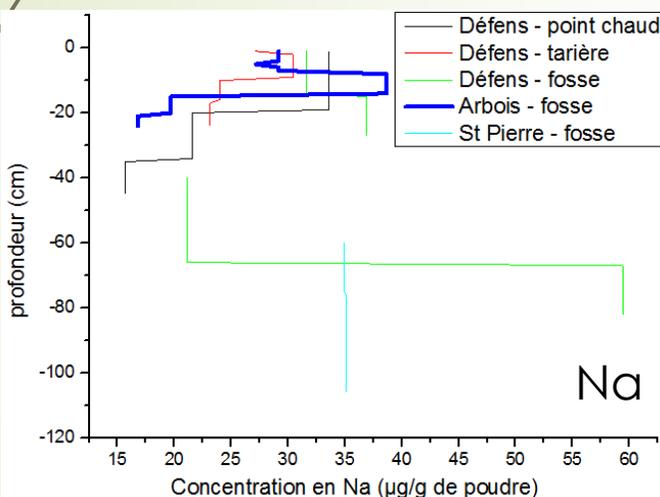
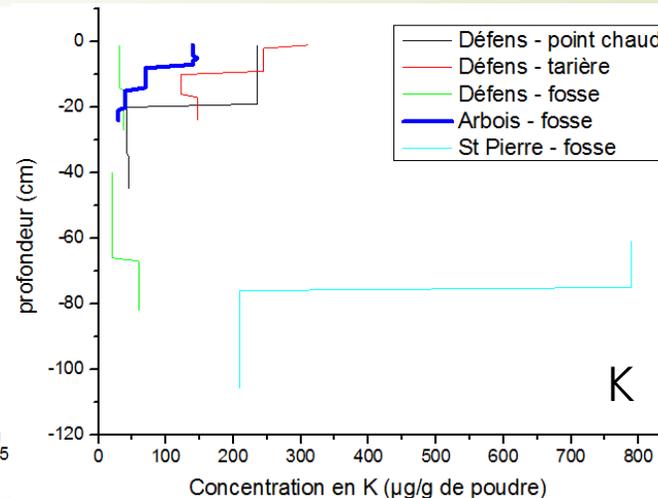
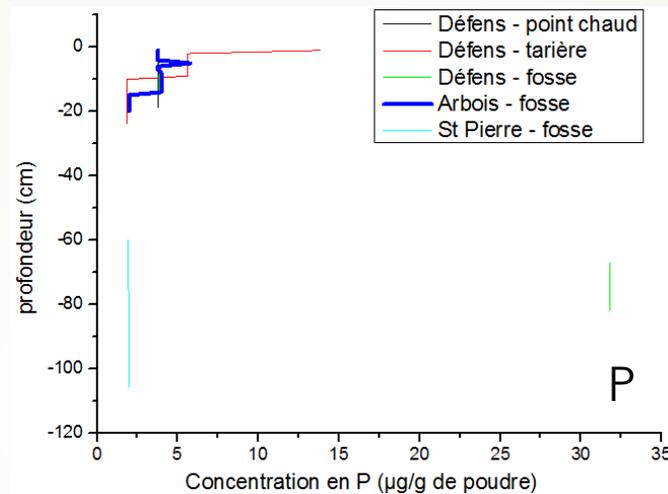
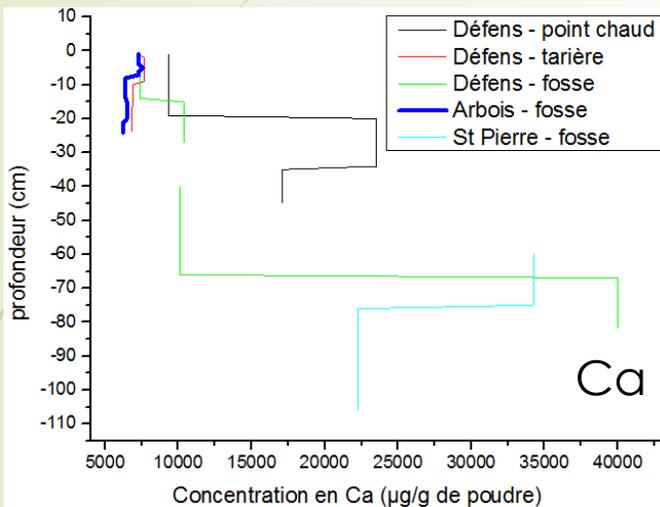


BRL exploitation 2010

# Nature physique



# Nature chimique (Étude *in-situ*)



Terrils plus riches en  
éléments nutritifs

# Nature chimique (Étude *in-situ*)

	Point chaud du Défens	Fosse du Défens	Fosse du St Pierre	Fosse de l'Arbois	Enrichissement moyen des terrils
Concentration en Ca (mg/g de poudre)	23,5 (DEF.S2)	40 (DEF.A5)	34,2 (SP.F2)	7,3 (EA.F1)	+ 246 %
Concentration en P (µg/g de poudre)	3,8 (DEF.S3)	31,8 (DEF.A5)	2,0 (SP.F2)	5,8 (EA.F1.2)	+ 116 %
Concentration en Mg (µg/g de poudre)	121,1 (DEF.S3)	200,9 (DEF.A2)	1250,8 (SP.F2)	116,3 (EA.F1)	+ 350 %
Concentration en K (µg/g de poudre)	234,6 (DEF.S3)	59,4 (DEF.A5)	789,5 (SP.F1)	146,3 (EA.F1.2)	+ 146 %
Concentration en Na (µg/g de poudre)	33,6 (DEF.S3)	59,4 (DEF.A5)	35,1 (SP.F2)	38,7 (EA.F2)	+ 10 %

- Explication par
  - Nature des stériles (roche mère)
  - Certains dépôts exogènes (bassanite, hématite)
  - Combustion (ettringite, butschliite)

## Étude in-situ (Synthèse)

- Caractère physique :
  - Rétention de l'eau différente suivant le substrat
  - Propice au développement racinaire
- Caractère chimique :
  - Richesse des stériles en nutriments
- Effet combiné :
  - Chaleur facilite la biodisponibilité des éléments du substrat

# Conclusion

- Dispositif expérimental valide
- Impact de la température du substrat sur le nombre d'aiguilles
- Impact du substrat sur la croissance radiale et verticale  
Ressources biodisponibles et nature physique du substrat
- Activité microbienne et fongique ?



# Bibliographie

- BRL exploitation (2010), Mémento technique : Irrigation des espaces verts.
- Coutanceau, M. (1957). Encyclopédie des jardins: Préf. de Georges Guy-Charron. 50 plans et croquis de Ch. Cothier, 64 pages en couleurs. Larousse.
- Guibal, F., 2015. Croissance des pins d'Alep sur différents milieux post-industriels du Bassin Minier de Provence. *Séminaire de restitution de l'Observatoire Hommes-Milieus du Bassin Minier de Provence*, 5 octobre 2015, Trets.
- Serre-Bachet, F. (1992). Les enseignements écologiques de la variation de l'épaisseur du cerne chez le pin d'Alep.
- Pregitzer, K. S., King, J. S., Burton, A. J., & Brown, S. E. (2000). Responses of tree fine roots to temperature. *The New Phytologist*, 147(1), 105-115.
- Myneni, R. B., Keeling, C. D., Tucker, C. J., Asrar, G., & Nemani, R. R. (1997). Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature*, 386(6626), 698.

# Remerciements

- Isabelle Techer & Éric Beaugnon (Universitaires)
- Philippe Prohin & Marie-Ange Lebas (Nymphéa Distribution)
- Frédéric Guibal (IMBE)
- Éric Mossang & Céline Darie (CNRS, Grenoble)
- Éric Arcement & Héloïse Labadie (Stagiaires)

Merci à vous

Questions ?

# Étude des biais

## Validité du dispositif :

Taux de survie : 80 %

18 pins

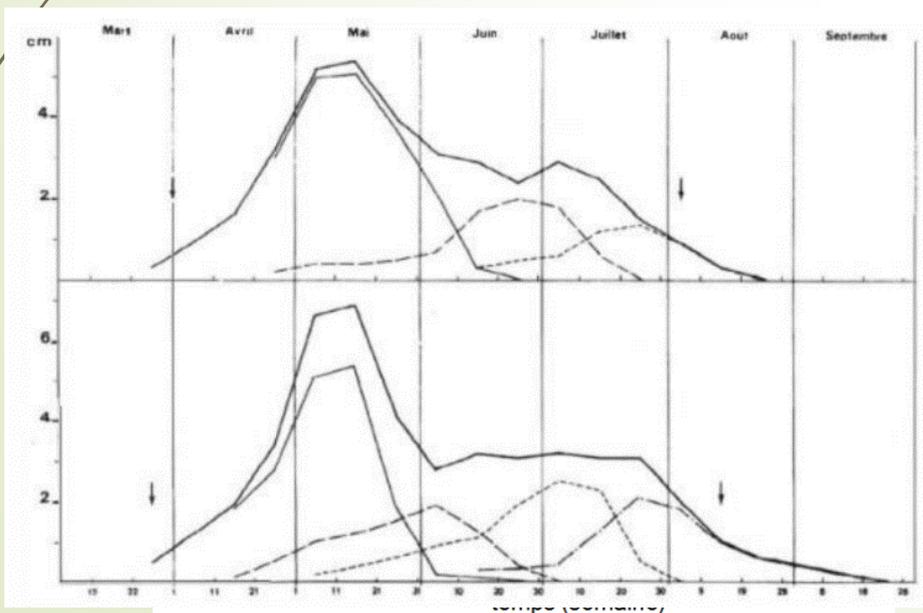
4 morts

2 chauffés / 2 non chauffés

1 mixte / 1 cendre / 2 argile

2 microcosmes argiles chauffés

## Impact des pins morts



Serre-Bachet, 1992

## Pousse des aiguilles

