Réunion CAQSIS du 27 au 29 Mars 2018

Survie, croissance radiale et résistance à la sécheresse de provenances de douglas dans deux contextes climatiques contrastés

Adaptation du douglas à la sécheresse

T. Chauvin, H. Cochard, P. Rozenberg

28 / 03 / 2018

_01

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?

Le Douglas

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?

Le Douglas

Introduit avec succès en France

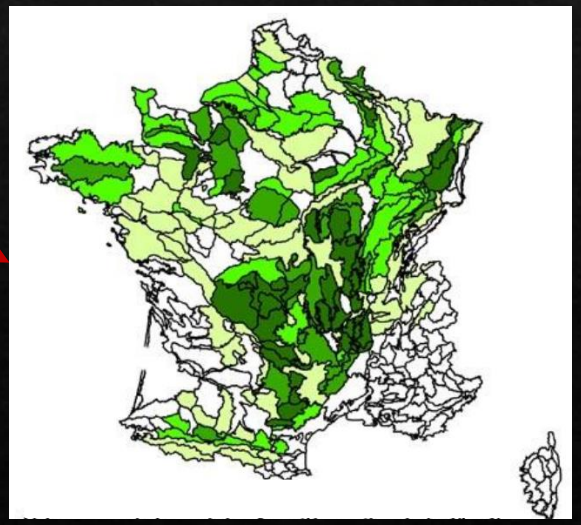
Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?

Le Douglas

Introduit avec succès en France

Vergers à graines français



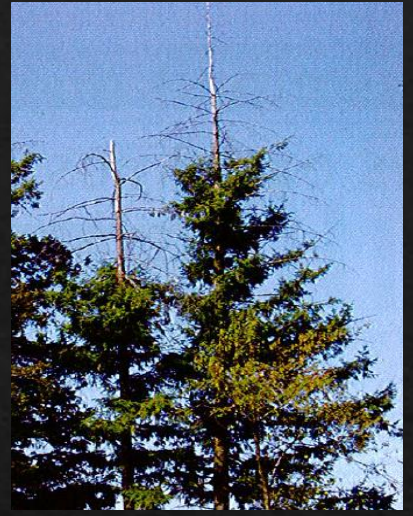
En France, 2015-2016 :

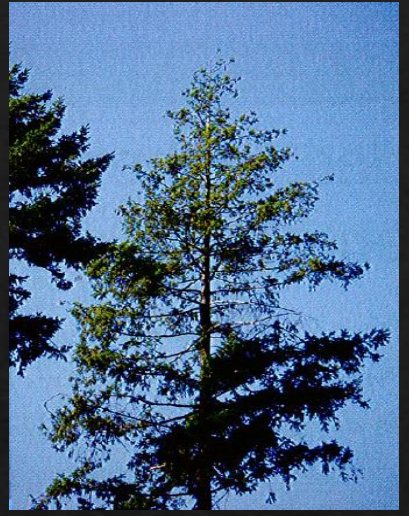
- Seconde espèce de reforestation.
- Seconde en vente (France et export).

Source: IRSTEA 2017

Contexte de l'étude

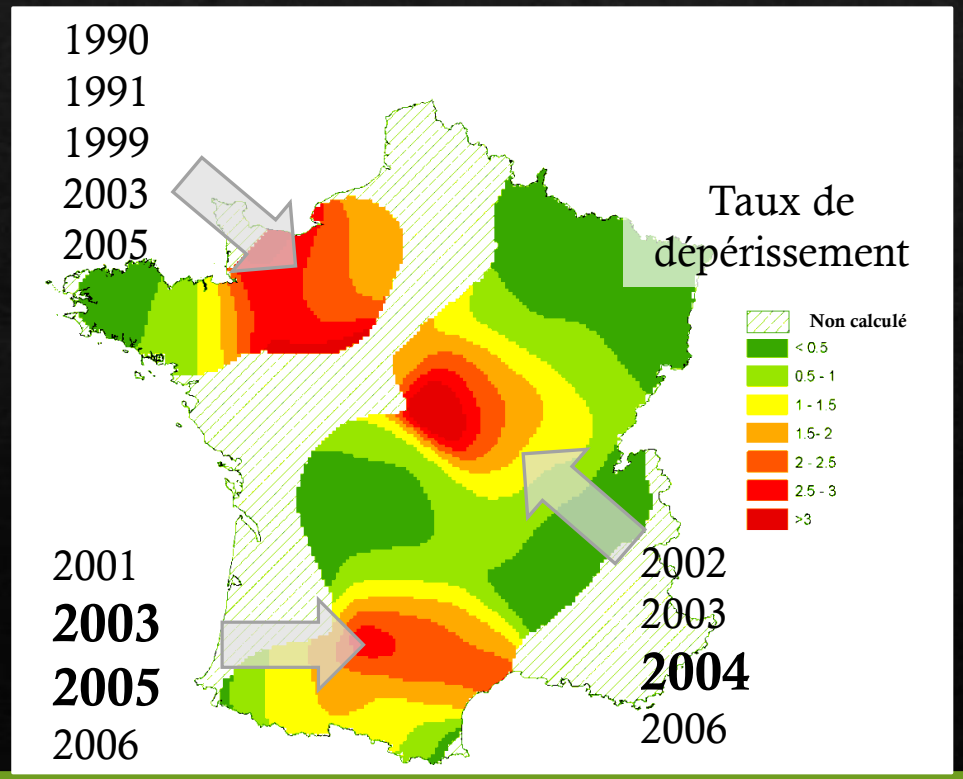
Pourquoi fait-on ça ?





Mais ces origines montrent, de nos jours, des signes de mal-adaptation :

- Dépérissements
- Diminutions croissance
- …
- Morts



ASS - 2011

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?

- Petite partie de l'aire naturelle.
- Est-ce qu'il existe un potentiel d'adaptation dans cette petite partie de l'aire naturelle ?

➡ Thèses de G. Dalla-Salda et M. Ruiz Diaz

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?

Mais où regarder ailleurs ??

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?

- Plus faible croissance.
- Sensible à un champignon (Rabdocline).

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?

- Plus [redacted]
- Sen[redacted]).

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?

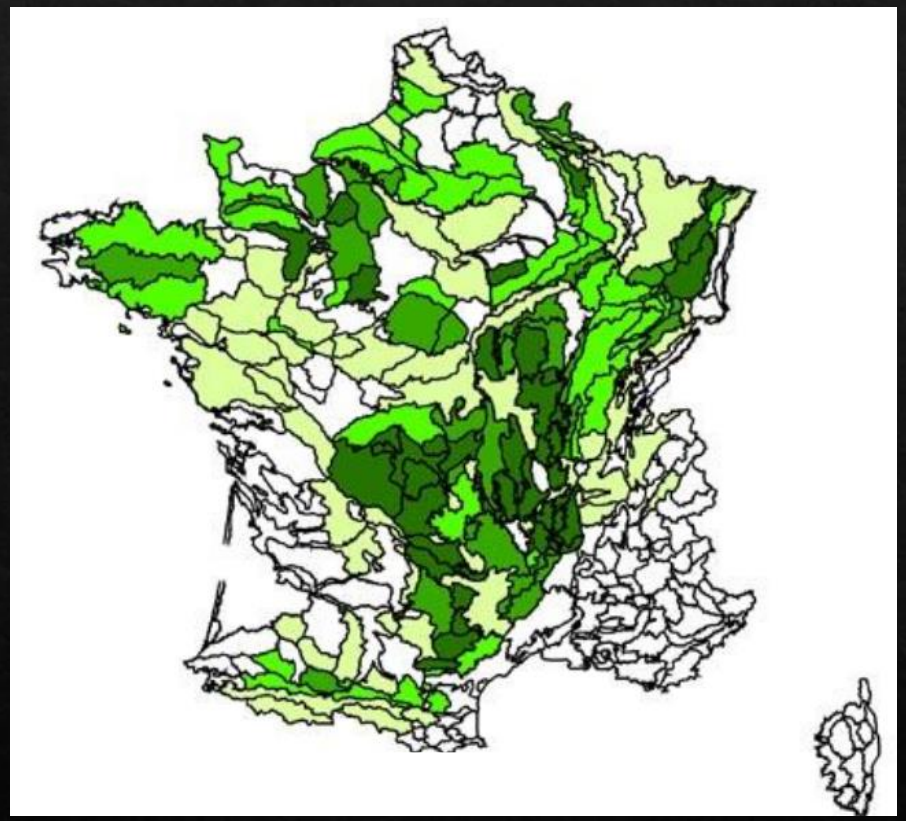
- Plus [redacted]
- Sen[redacted]e).

- Il y a déjà des vergers à graines en France.
- Climat plus chaud et plus sec.

Ma thèse

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?



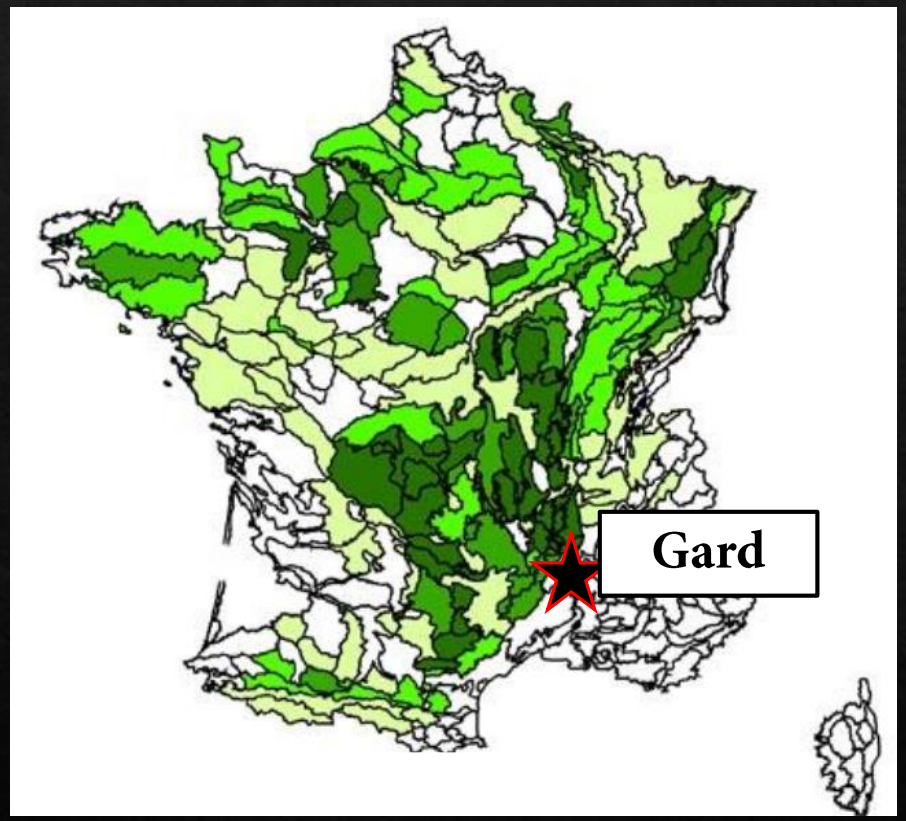
Deux tests de provenances :

- Dans des sites plus chauds et plus secs que ceux recommandés pour les plantations de douglas.

→ Simulation du changement climatique

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?



Deux tests de provenances :

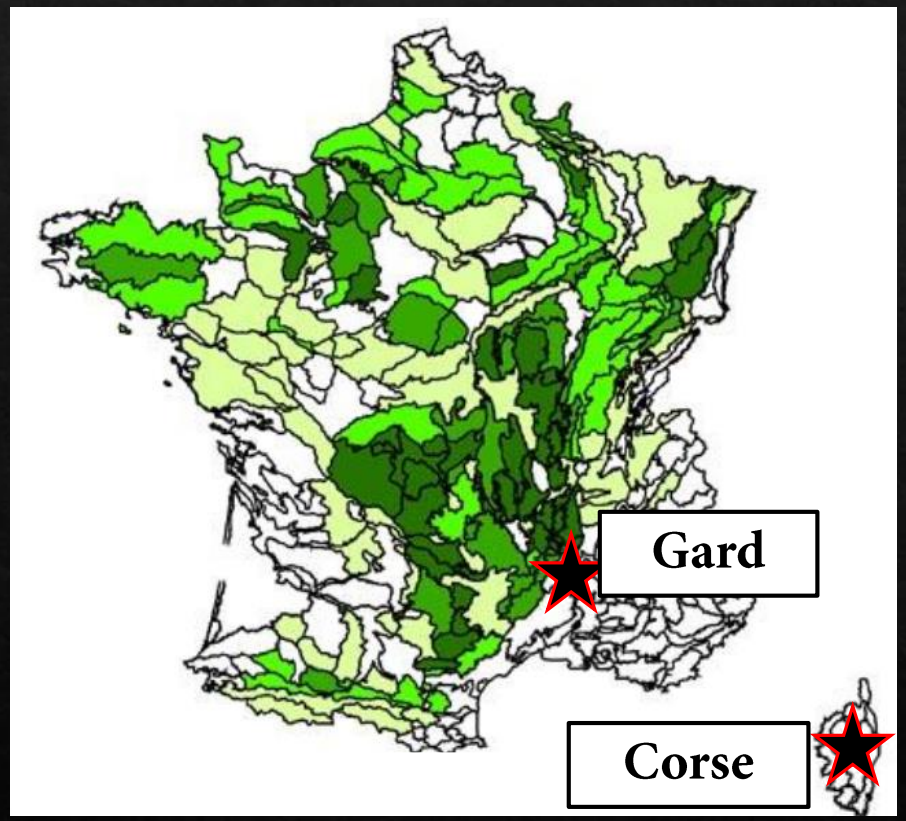
- Dans des sites plus chauds et plus secs que ceux recommandés pour les plantations de douglas.

→ Simulation du changement climatique

Gard

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?



Deux tests de provenances :

- Dans des sites plus chauds et plus secs que ceux recommandés pour les plantations de douglas.

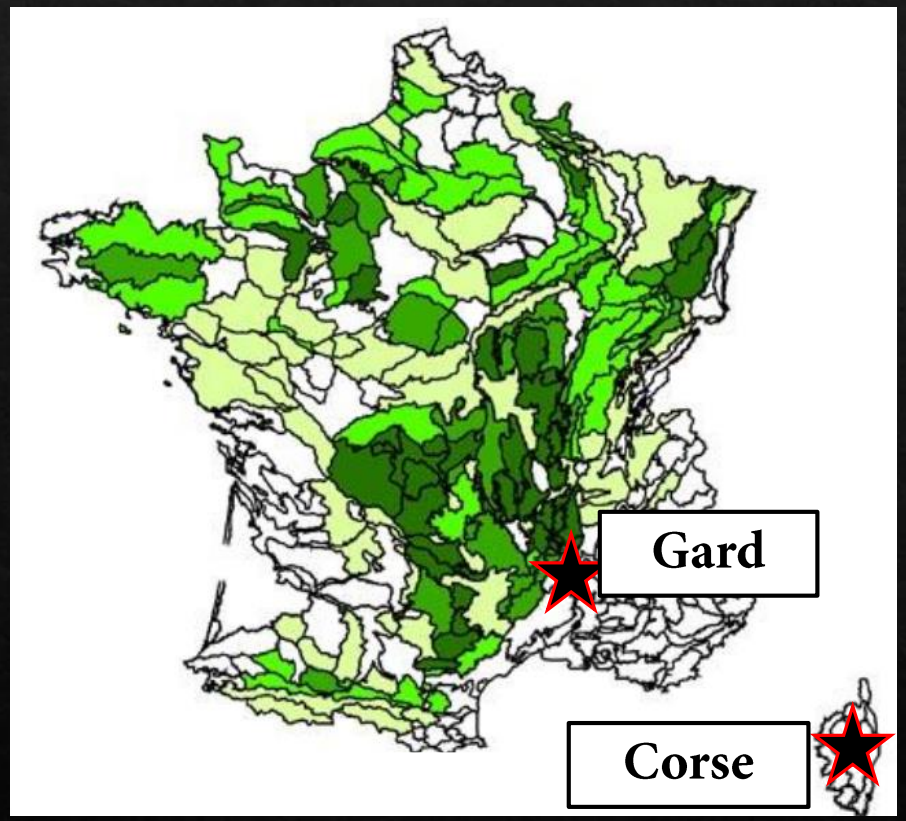
→ Simulation du changement climatique

Gard

Corse

Contexte de l'étude

Pourquoi fait-on ça ?



Deux tests de provenances :

- Dans des sites plus chauds et plus secs que ceux recommandés pour les plantations de douglas.

→ Simulation du changement climatique

Gard

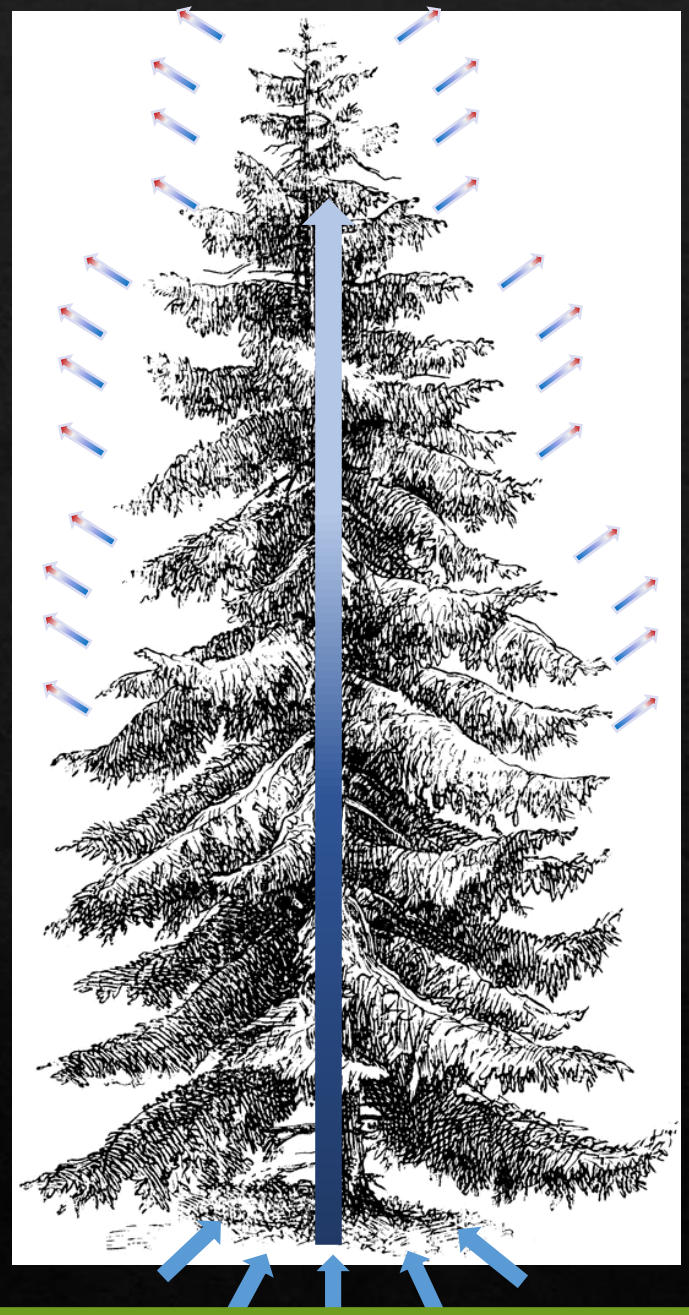
Corse

Contexte de l'étude

La cavitation koikecé ?

Evapotranspiration +

Reserve en eau du sol +++



Le transport de l'eau dans le xylème…

….n'est pas sans risques :

➡ **La cavitation :**

C'est la transition de l'eau liquide en vapeur qui peut entrainer la formation de larges bulles d'air qui peuvent bloquer la circulation d'eau :

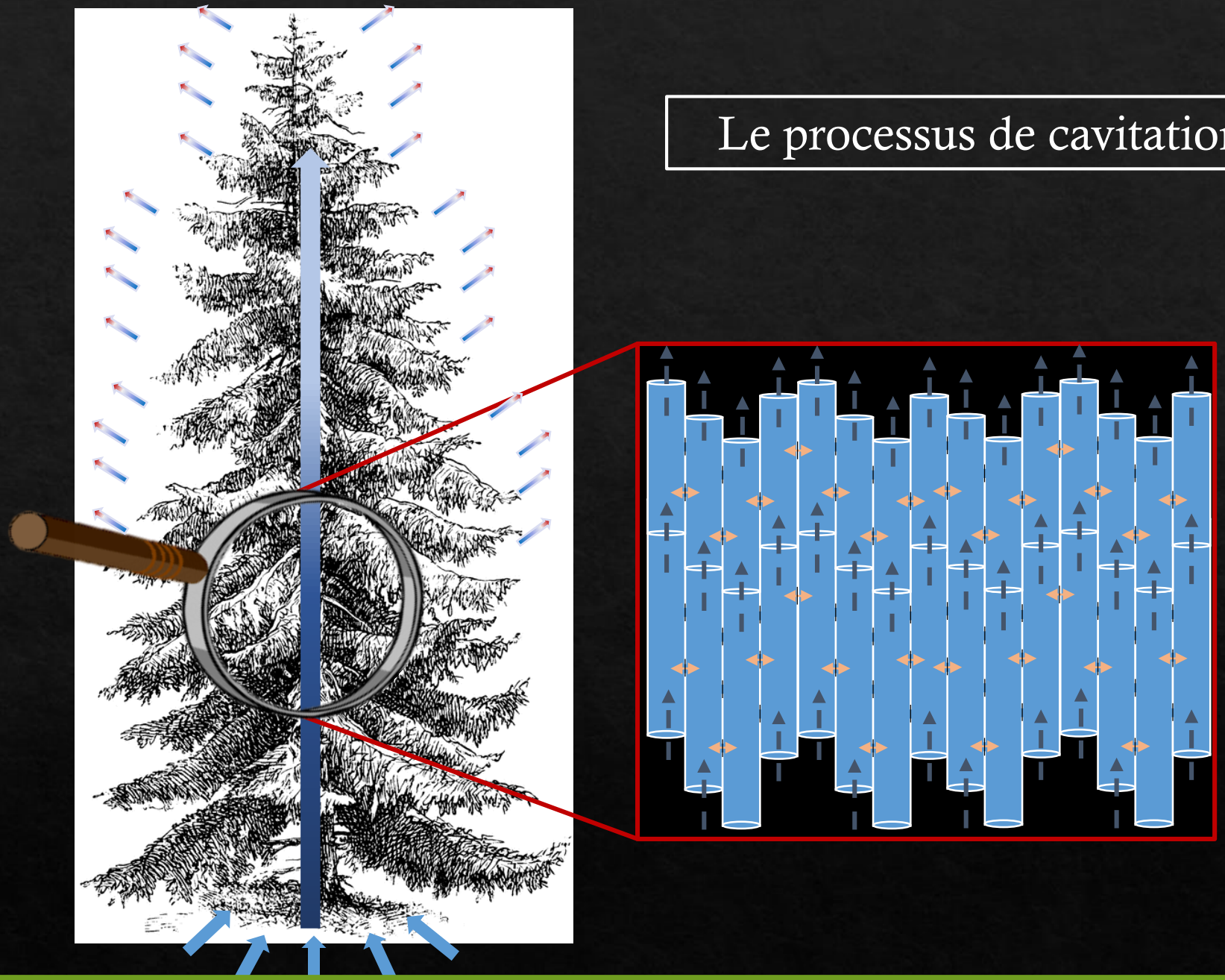
➡ **L'embolie**

Contexte de l'étude

La cavitation koikecé ?

Evapotranspiration +

Reserve en eau du sol +++

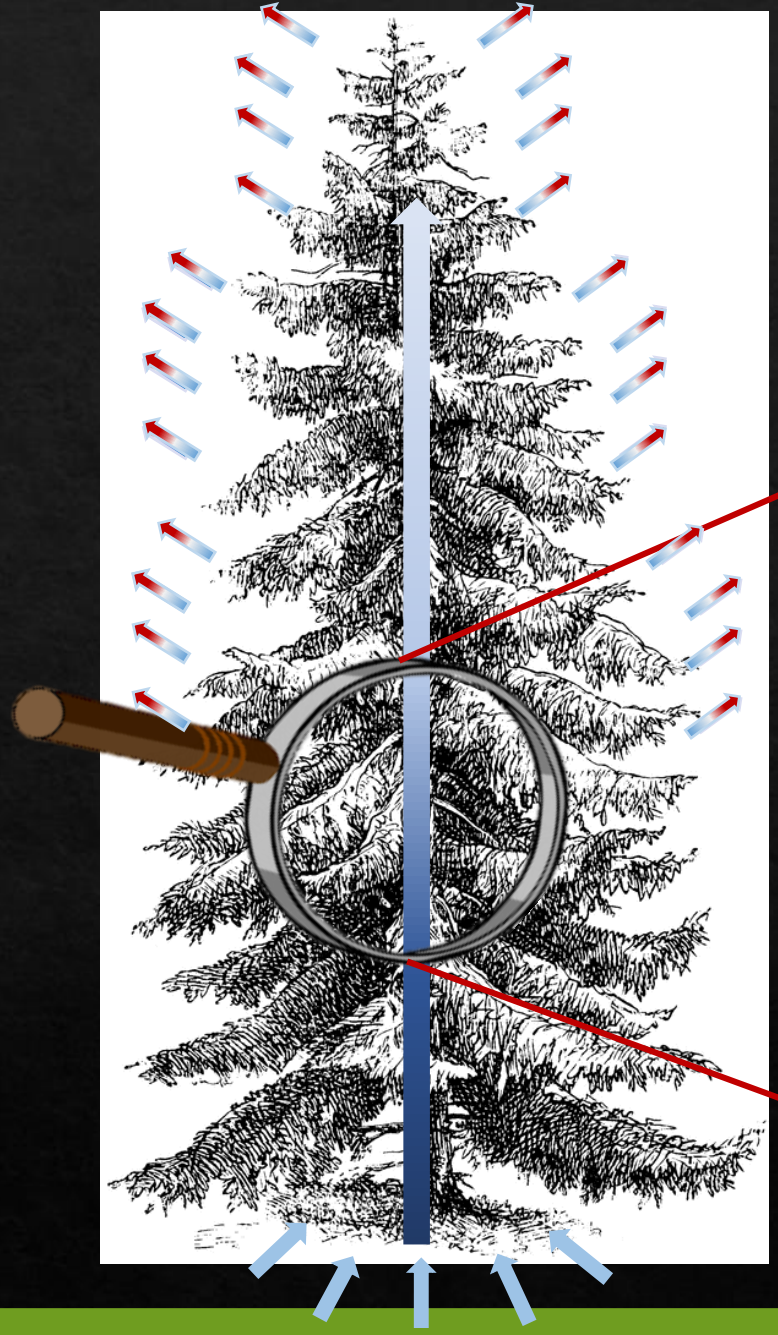


Contexte de l'étude

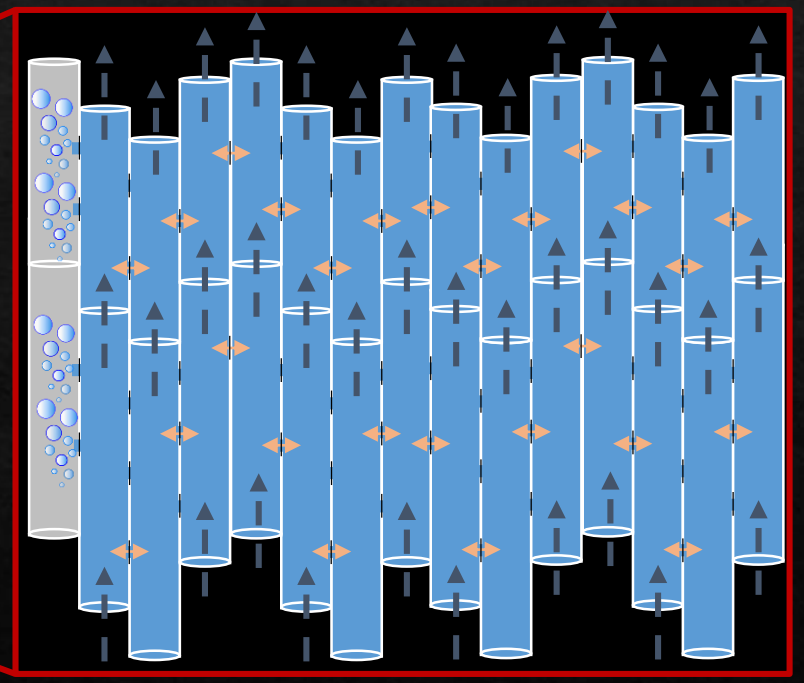
La cavitation koikecé ?

Evapotranspiration ++

Reserve en eau du sol ++



Le processus de cavitation

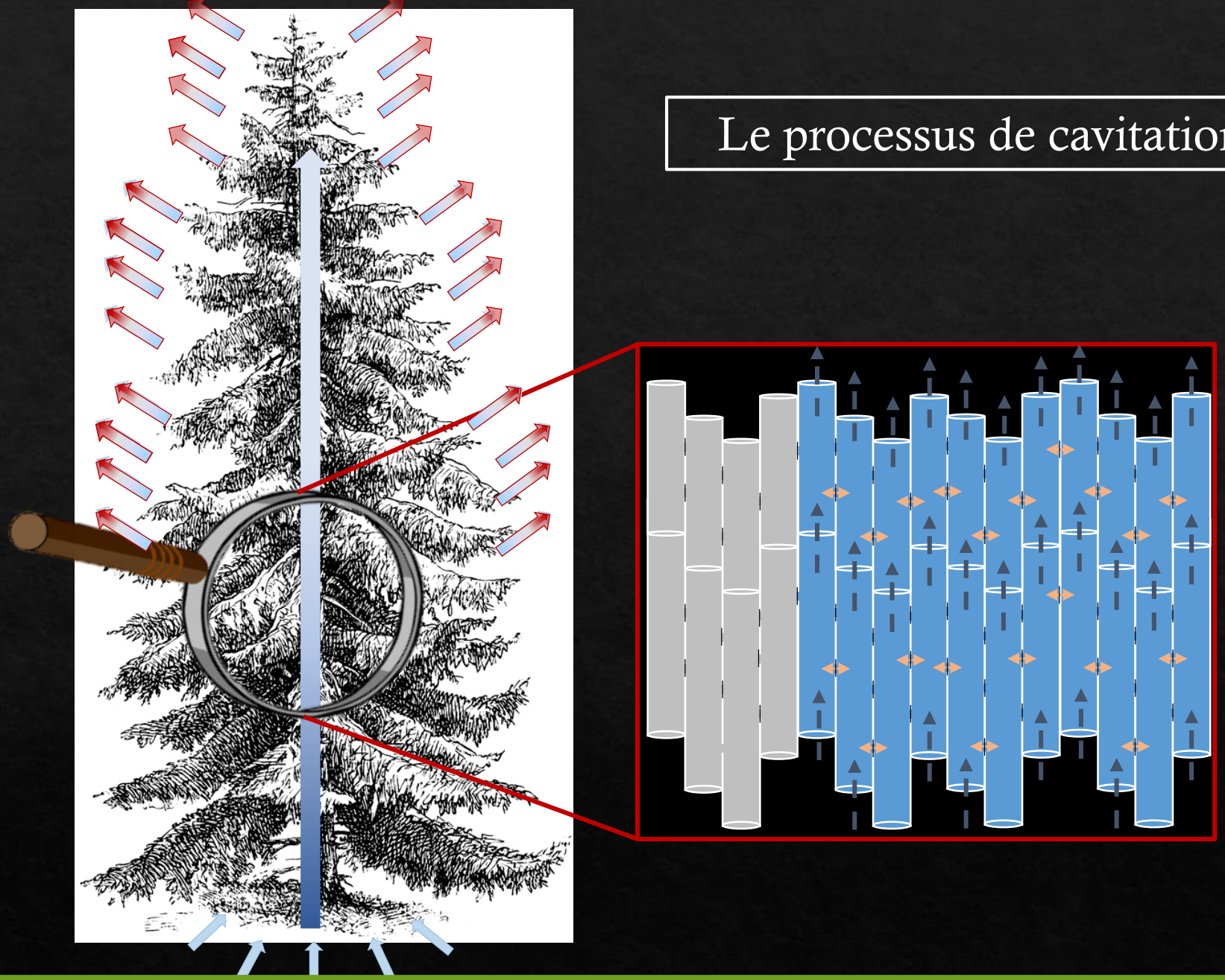


Contexte de l'étude

La cavitation koikecé ?

Evapotranspiration +++

Reserve en eau du sol +



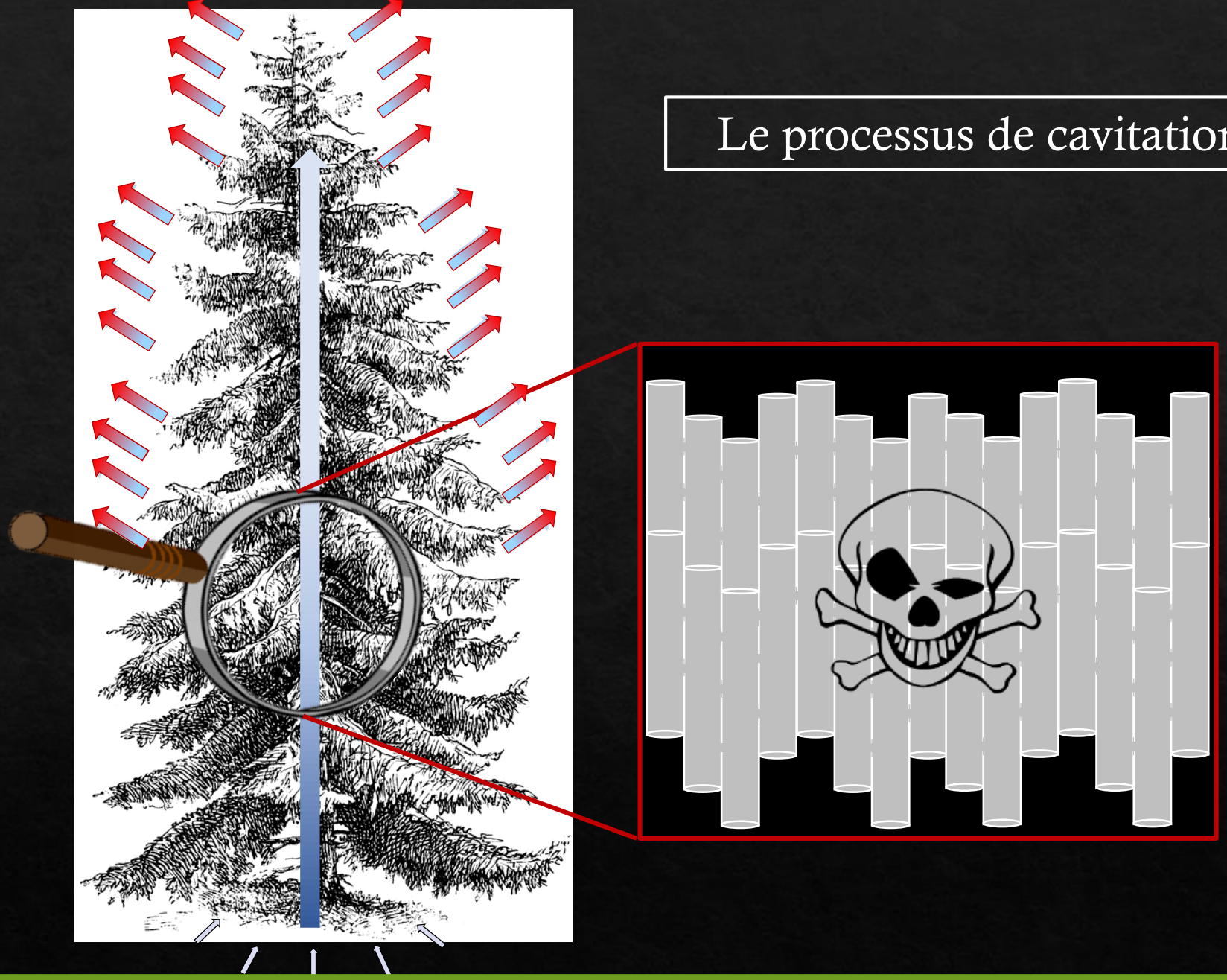
Le processus de cavitation

Contexte de l'étude

La cavitation koikecé ?

Evapotranspiration +++

Reserve en eau du sol -



Contexte de l'étude

Ce qui existe déjà

Lamy et al 2011 sur *Pinus pinaster*

- Pas de variabilité génétique en inter-provenance.

- Suggère que la résistance à la cavitation est un trait canalisé (sélection uniforme)

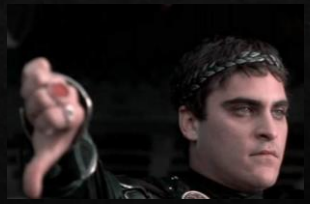
Contexte de l'étude

Ce qui existe déjà

Lamy et al 2011 sur *Pinus pinaster*

- Pas de variabilité génétique en inter-provenance.

- Suggère que la résistance à la cavitation est un trait canalisé (sélection uniforme)

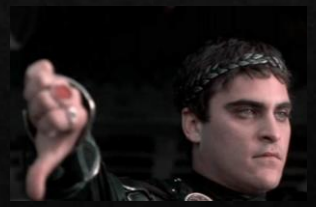


Contexte de l'étude

Ce qui existe déjà

Lamy et al 2011 sur *Pinus pinaster*

- Pas de variabilité génétique en inter-provenance.
- Suggère que la résistance à la cavitation est un trait canalisé (sélection uniforme)



Lopez et al 2013 sur *Pinus canariensis*

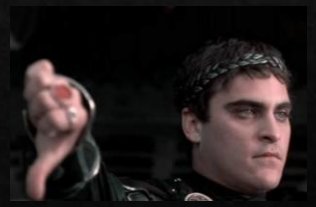
- Variabilité génétique significative pour la résistance à la sécheresse en inter-provenance.

Contexte de l'étude

Ce qui existe déjà

Lamy et al 2011 sur *Pinus pinaster*

- Pas de variabilité génétique en inter-provenance.
- Suggère que la résistance à la cavitation est un trait canalisé (sélection uniforme)



Lopez et al 2013 sur *Pinus canariensis*

- Variabilité génétique significative pour la résistance à la sécheresse en inter-provenance.

Contexte de l'étude

Ce qui existe déjà

Dalla-Salda et al 2011 sur *Pseudotsuga menziensii*

Mise en évidence de différences significatives dans la résistance à la sécheresse entre sept clones originaires de l'état de Washington.

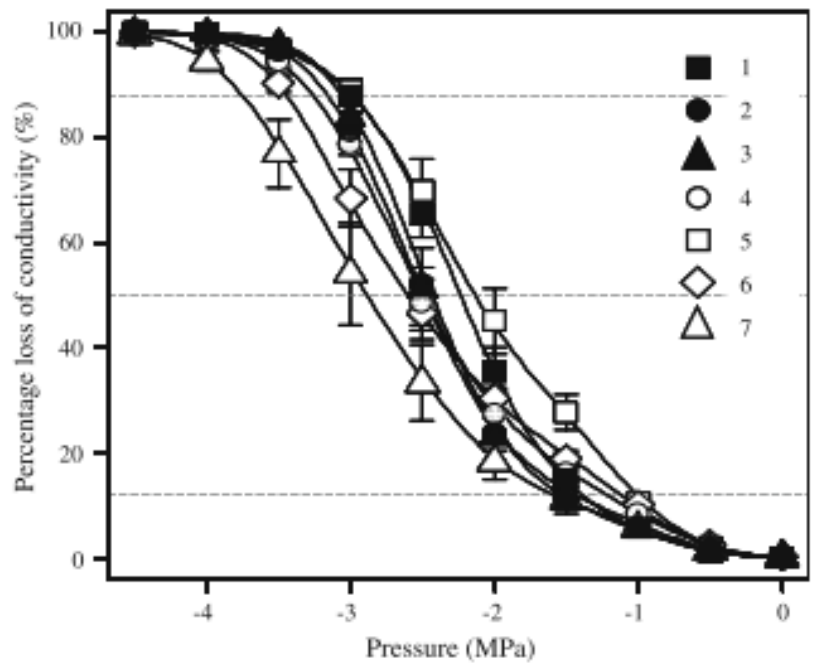


Fig. 6 Mean vulnerability to cavitation (VC) curves at clone level: percentage loss of conductivity (means and standard deviation) as a function of the xylem pressure for the seven Douglas-fir clones

Contexte de l'étude

Ce qui existe déjà

Dalla-Salda et al 2011 sur *Pseudotsuga menziensii*

Mise en évidence de différences significatives dans la résistance à la sécheresse entre sept clones originaires de l'état de Washington.

+ liens forts avec certaines variables de densité du cerne.

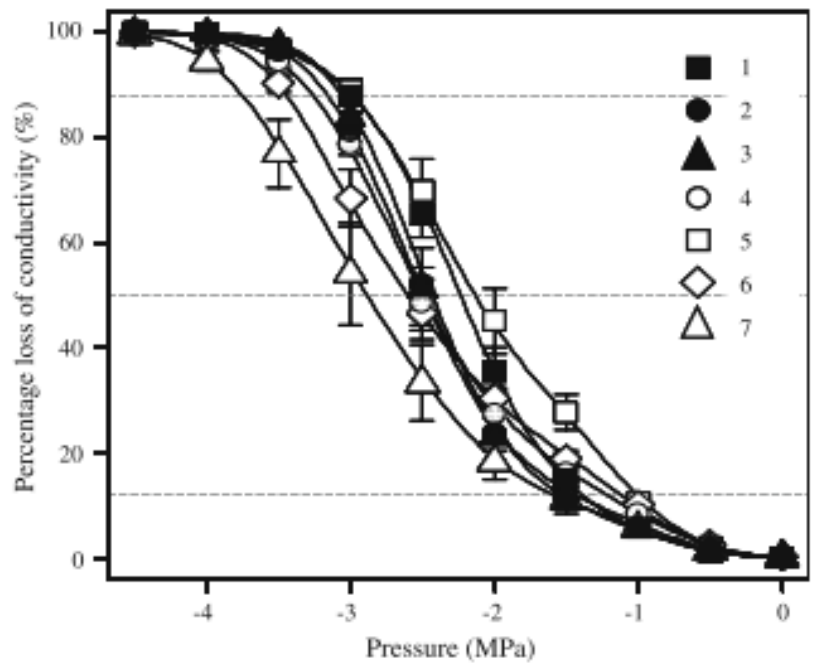


Fig. 6 Mean vulnerability to cavitation (VC) curves at clone level: percentage loss of conductivity (means and standard deviation) as a function of the xylem pressure for the seven Douglas-fir clones

Questions :

- Peut-on dire que la croissance et la résistance à la cavitation sont des caractères adaptatifs avec un potentiel évolutif chez le douglas ?
  (lien avec la survie + recherche de variabilité)

- Existe il un lien entre les caractéristiques des cernes du bois et la résistance à la sécheresse suffisamment fort pour définir un proxy ?
  (lien Vulnérabilité à la cavitation et la microdensité)

_02

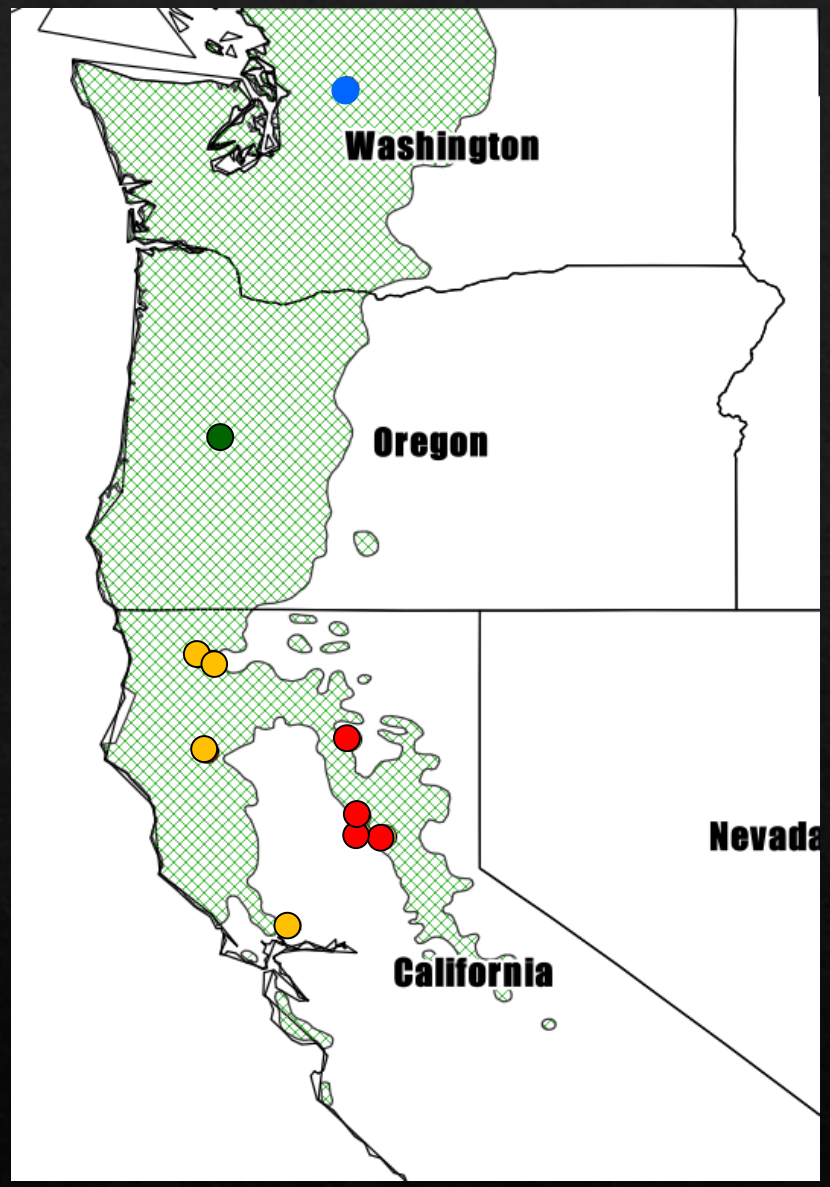
Matériel et méthode

Comment fait-on ?

Matériel et méthode

Comment fait-on ?

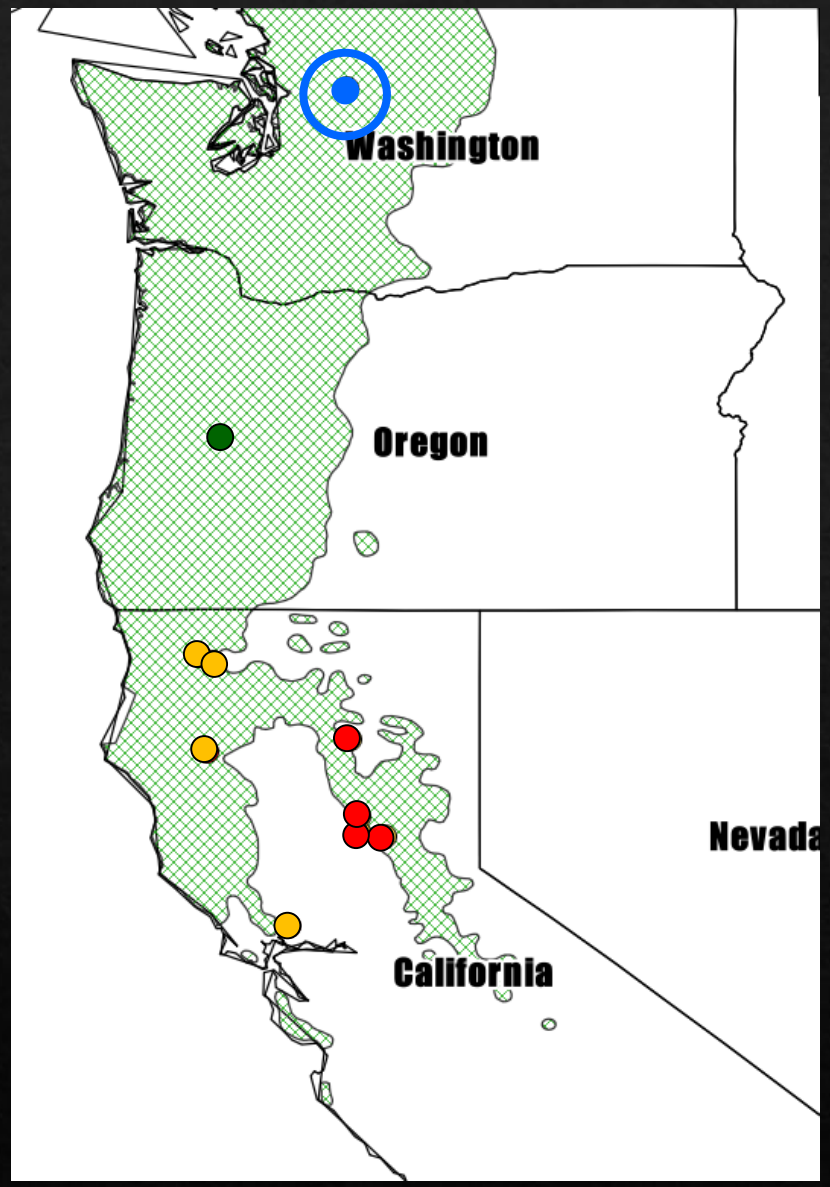
- 10 provenances :



Matériel et méthode

Comment fait-on ?

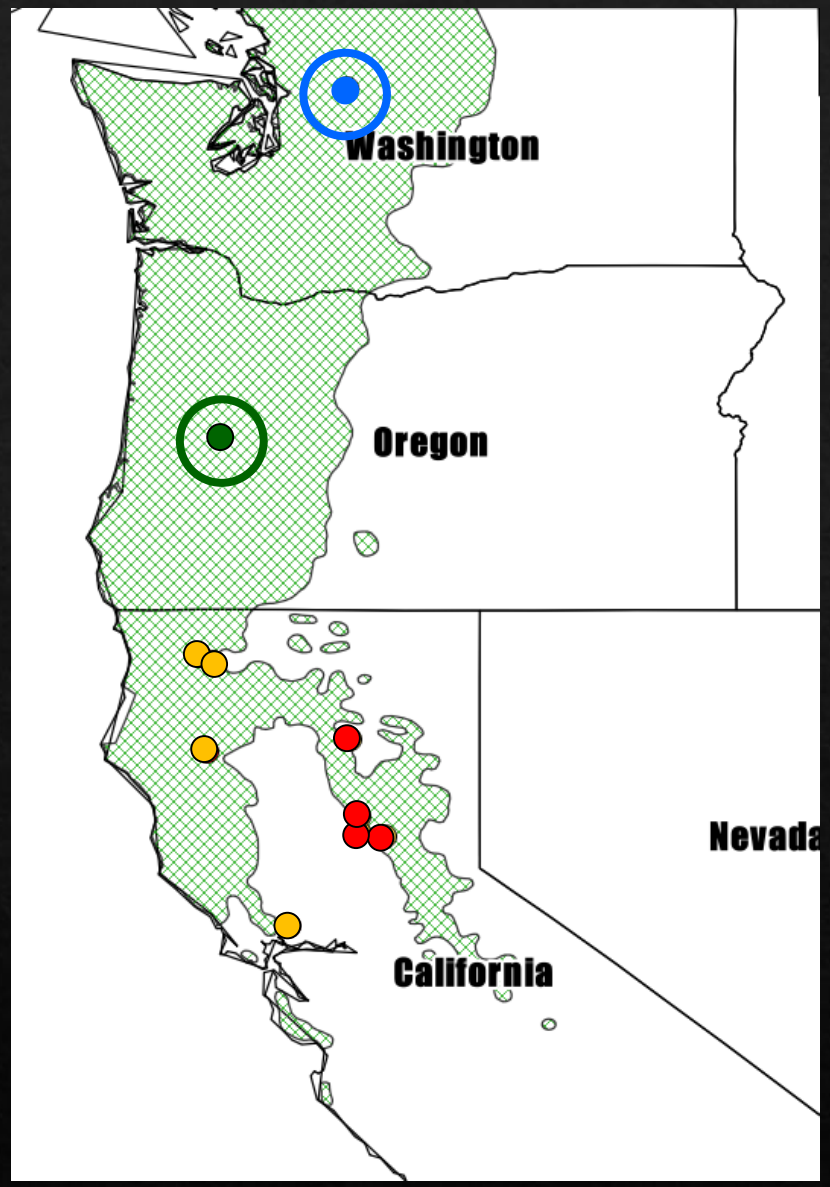
- 10 provenances :
  - 1 ➡ Washington



Matériel et méthode

Comment fait-on ?

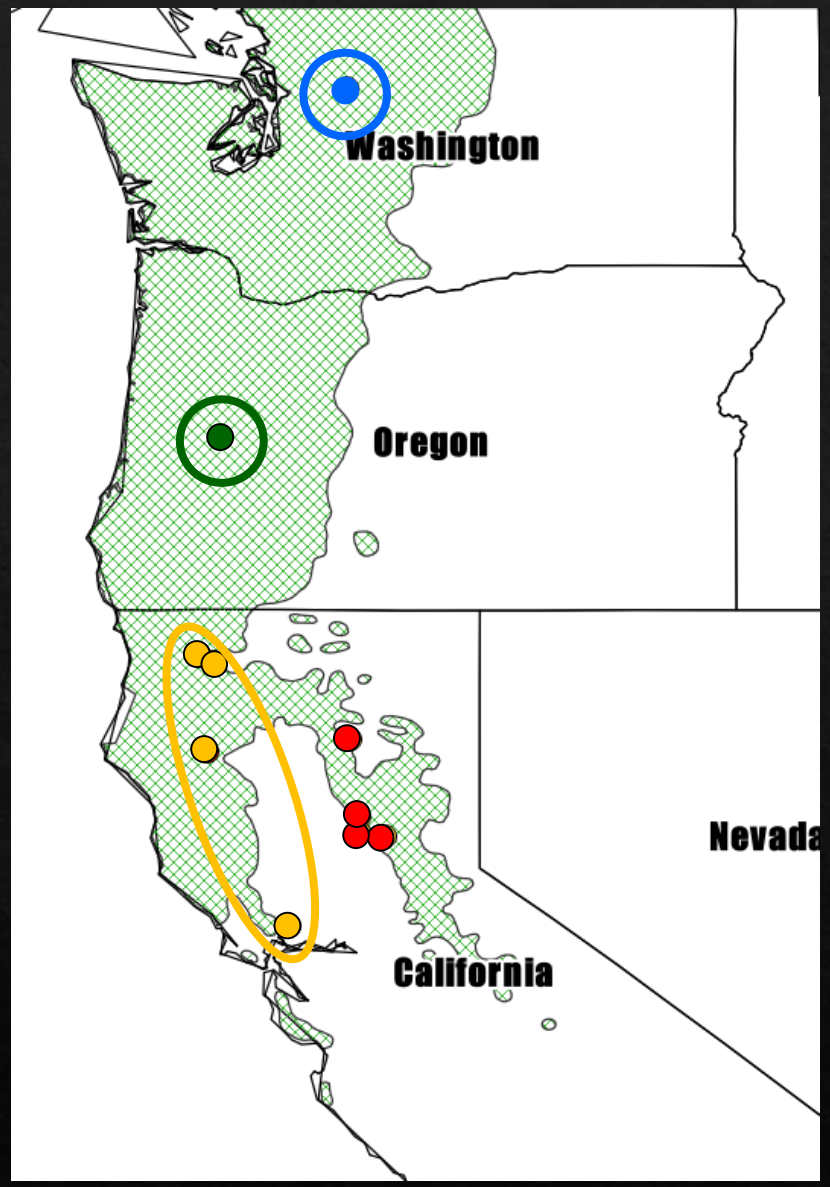
- 10 provenances :
  - 1 ➡ Washington
  - 1 ➡ Oregon



Matériel et méthode

Comment fait-on ?

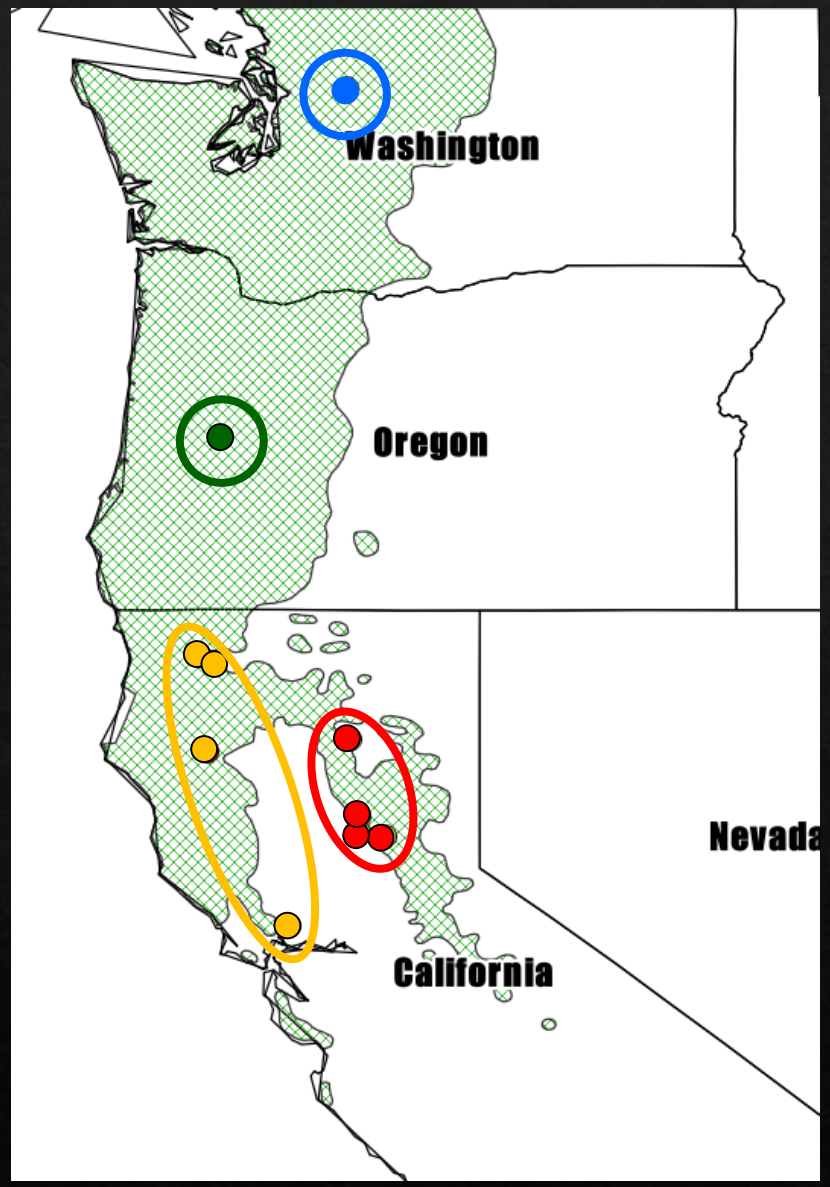
- 10 provenances :
  - 1 ➡ Washington
  - 1 ➡ Oregon
  - 4 ➡ Californie côtière



Matériel et méthode

Comment fait-on ?

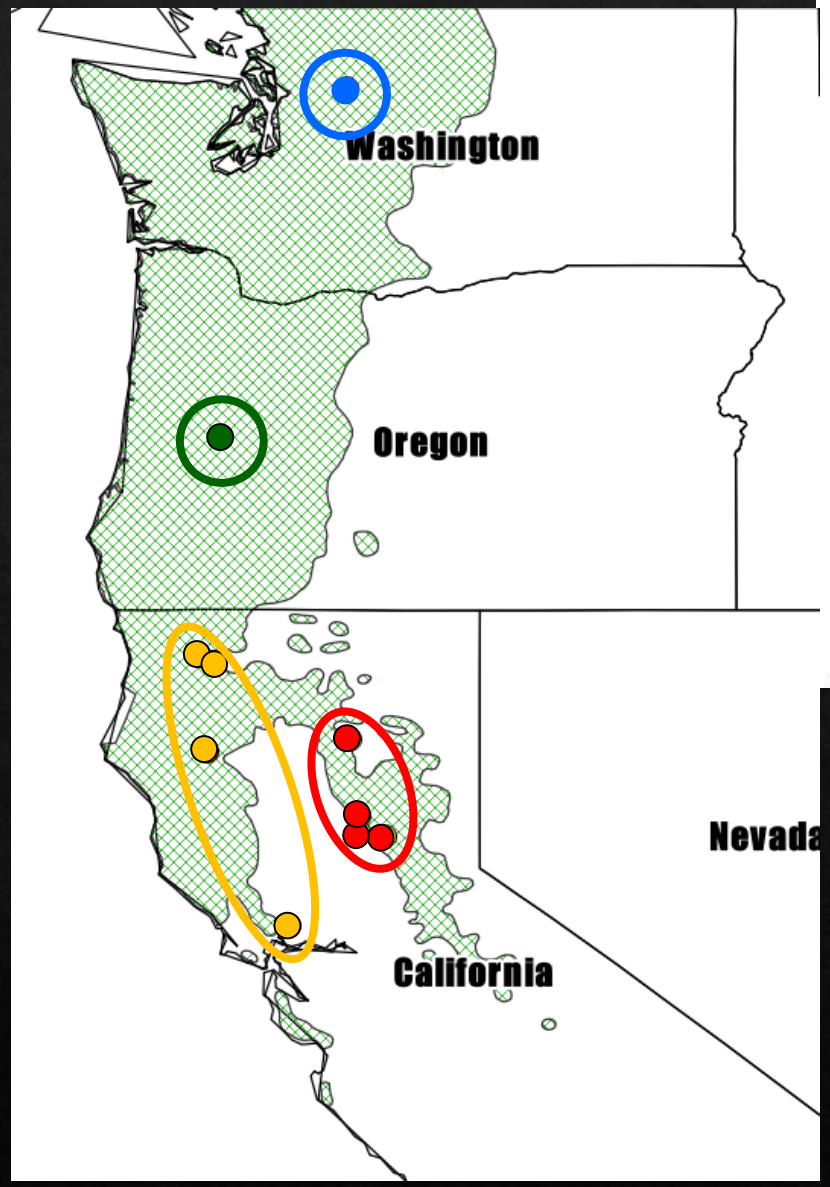
- 10 provenances :
  - 1 ➡ Washington
  - 1 ➡ Oregon
  - 4 ➡ Californie côtière
  - 4 ➡ Californie interieur

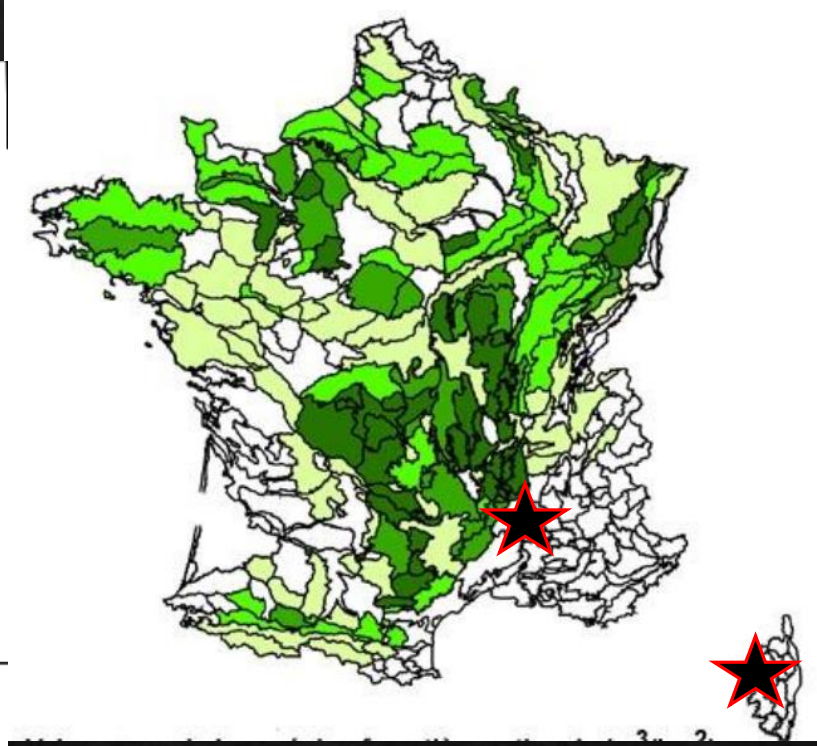


Matériel et méthode

Comment fait-on ?

- 10 provenances :
  - 1 ➡ Washington
  - 1 ➡ Oregon
  - 4 ➡ Californie côtière
  - 4 ➡ Californie interieur
- Deux tests de provenance (25 ans) :
  - Gard
  - Corse





Matériel et méthode

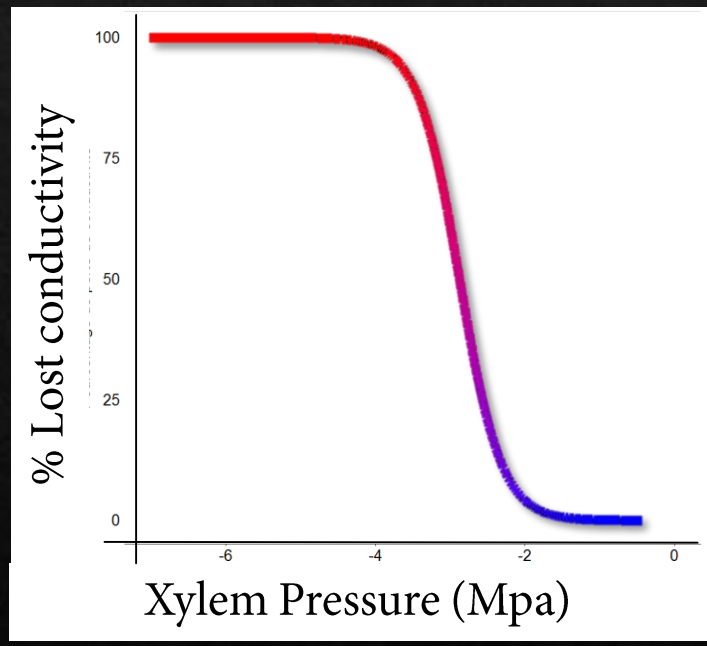
Comment fait-on ?

- 20 arbres × 10 provenances × 2 sites => 400 arbres
- 2 branches × 400 arbres :

Mesure de la vulnérabilité à la cavitation

Cavitron

UMR PIAF (Hervé Cochard)



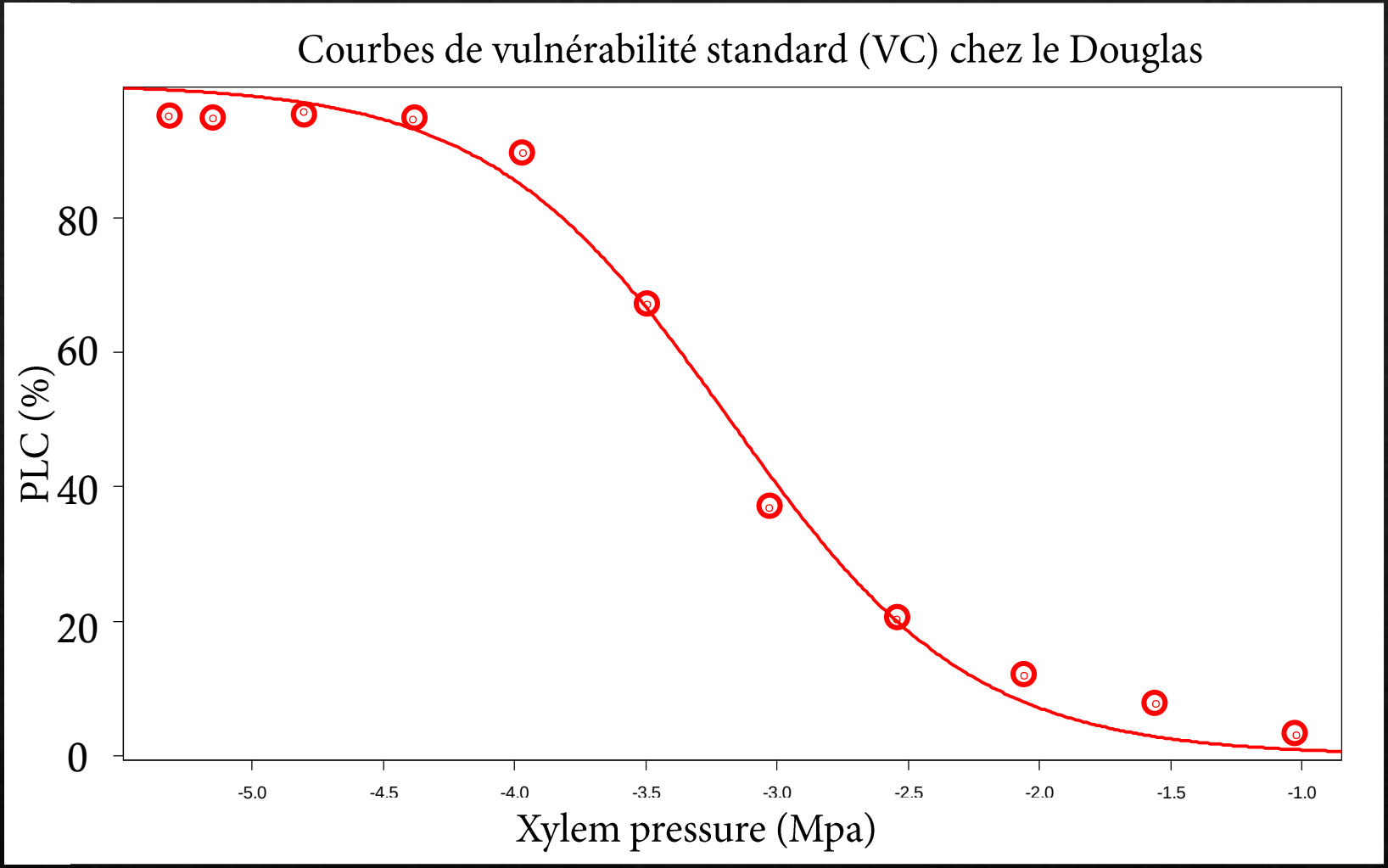
=> 800 branches

706 Courbes de vulnérabilité

Matériel et méthode

Comment fait-on ?

$$PLC = \frac{100}{(1 + e^{(P50 \times (P - \frac{S}{25})})}$$



Pammenter, N. V., & Van der Willigen, C., 1998, Tree physiology.

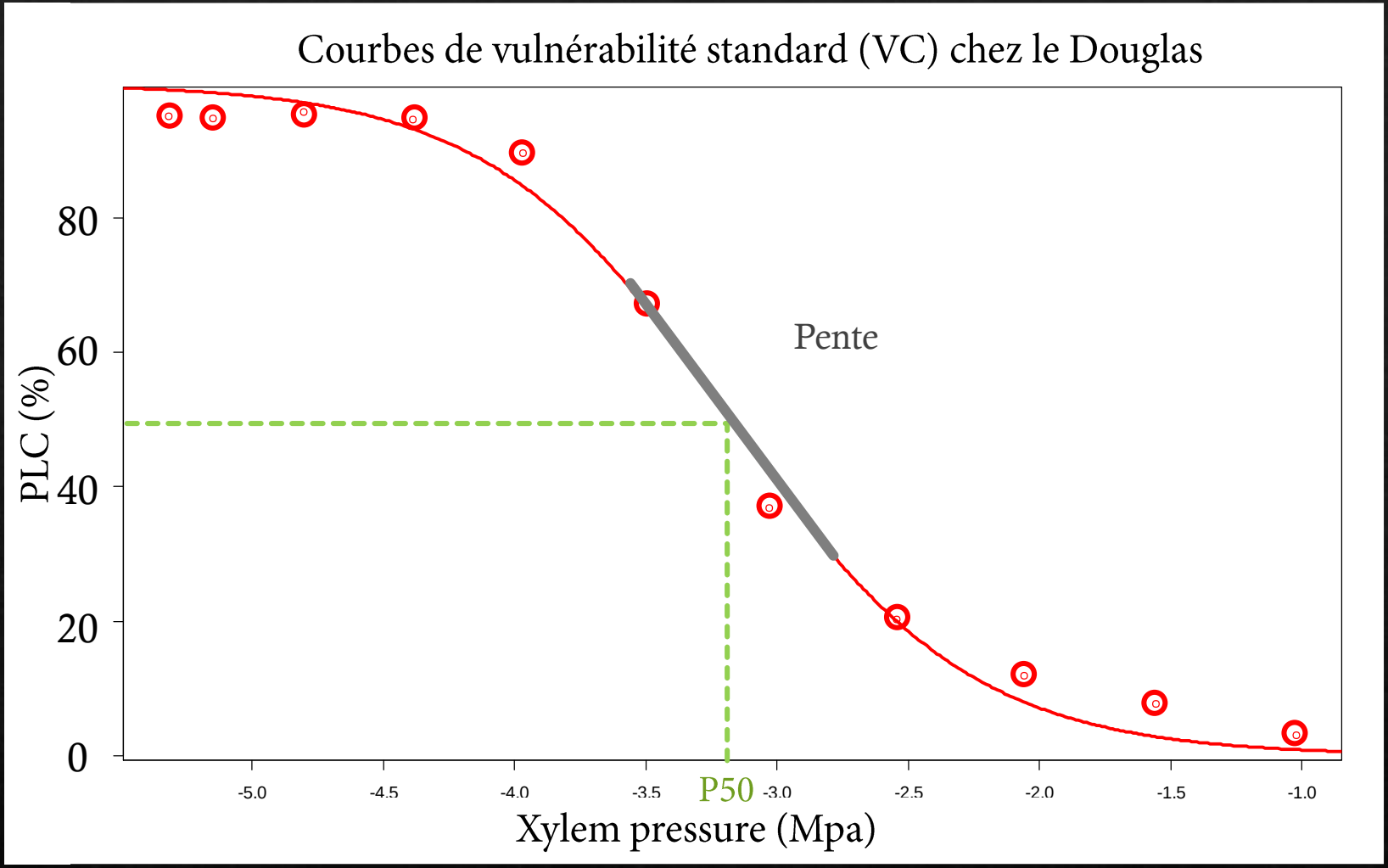
Matériel et méthode

Comment fait-on ?

$$PLC = \frac{100}{(1 + e^{(P50 \times (P - \frac{S}{25})})}$$

Paramètres classiques du modèle :

- P50 (Mpa) => Vulnérabilité
- Pente (S) => "Cinétique"



Pammenter, N. V., & Van der Willigen, C., 1998, Tree physiology.

Matériel et méthode

Comment fait-on ?

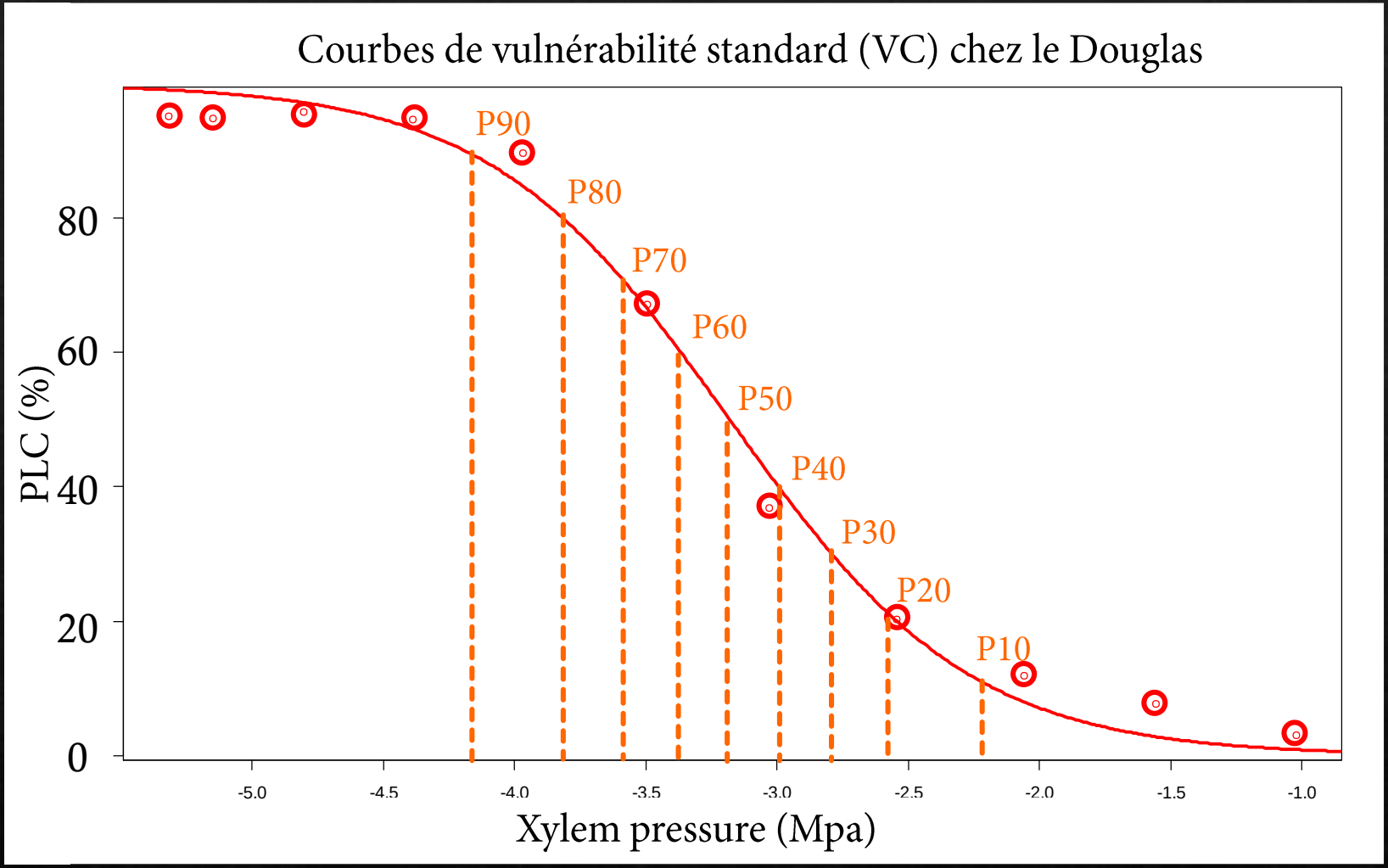
$$PLC = \frac{100}{(1 + e^{(P50 \times (P - \frac{S}{25})})}$$

Paramètres classiques du modèle :

- P50 (Mpa) => Vulnérabilité
- Pente (S) => "Cinétique"

Variable moins conventionnelles :

- P10 à P90 (Mpa)



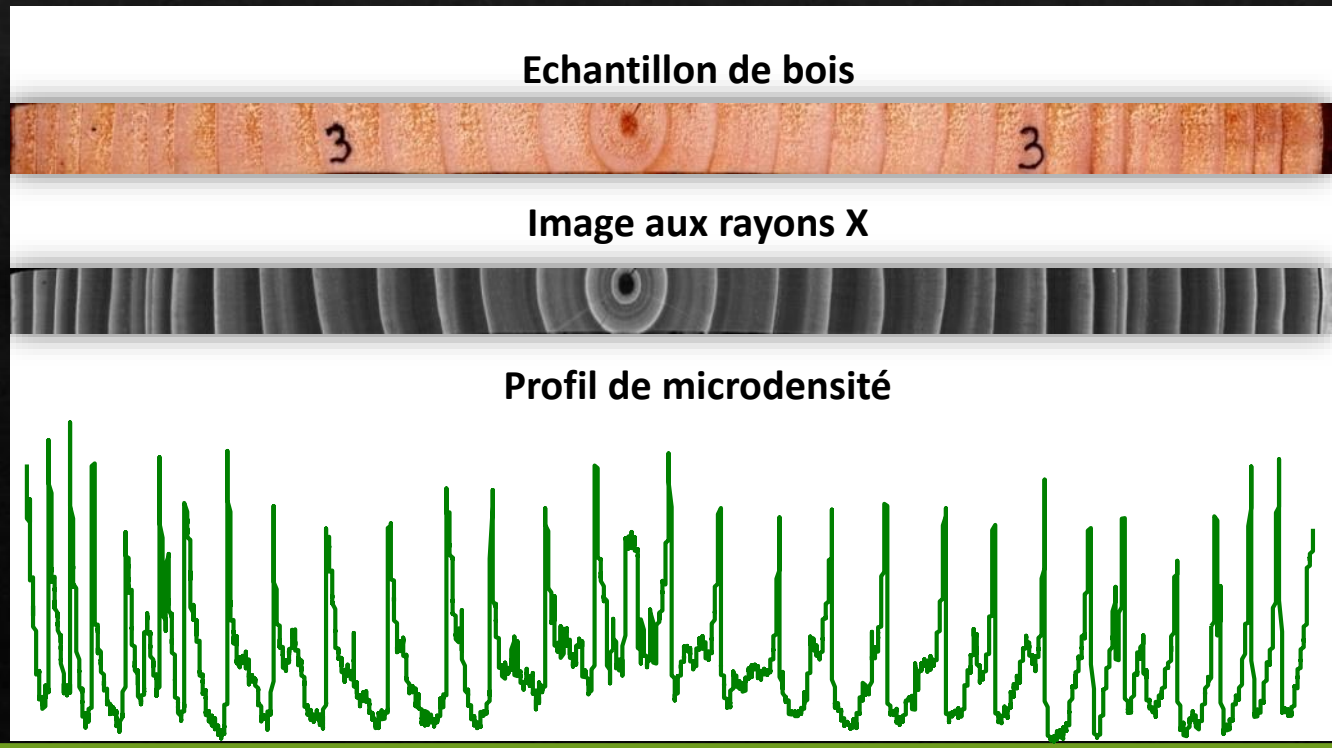
Pammenter, N. V., & Van der Willigen, C., 1998, Tree physiology.

Matériel et méthode

Comment fait-on ?

1468 arbres => 1468 carottes => 1468 profils

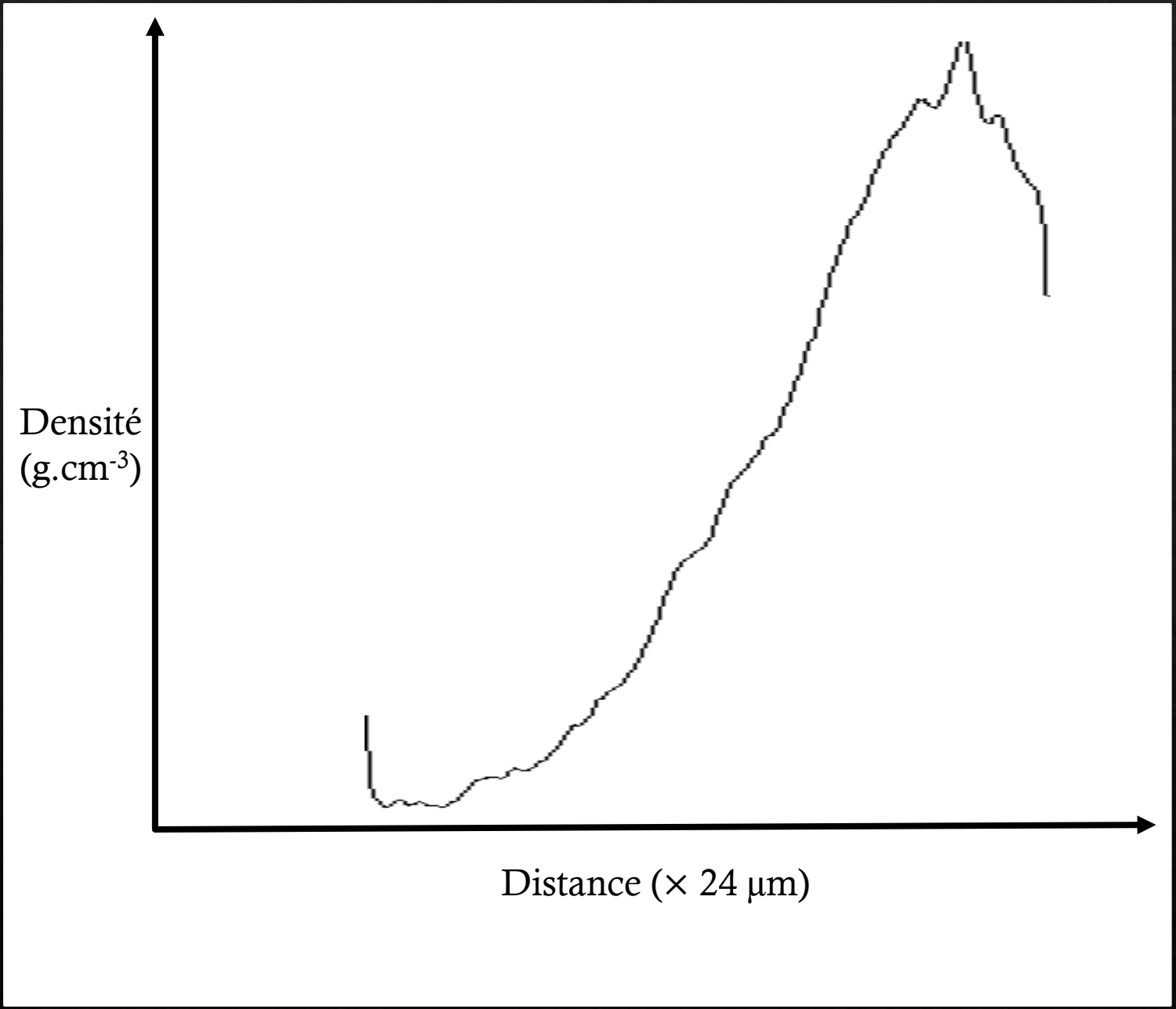
Mesure de densité et de largeur de cernes



Matériel et méthode

Comment fait-on ?

Mesure de densité et de largeur de cernes



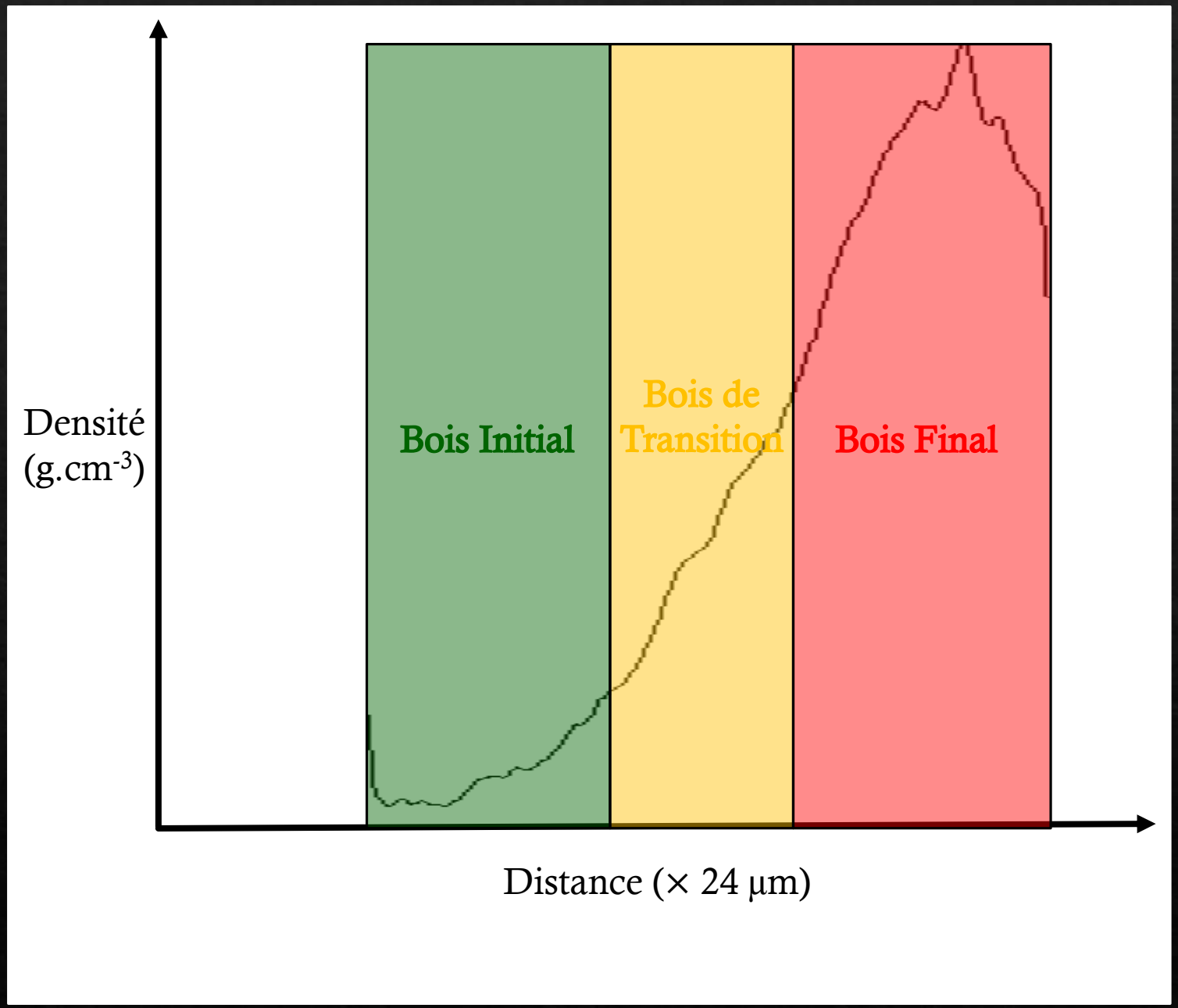
Matériel et méthode

Comment fait-on ?

Mesure de densité et de largeur de cernes

Modèle de découpage du cerne :

- Bois Initial (BI)
- Bois de Transition (BT)
- Bois Final (BF)



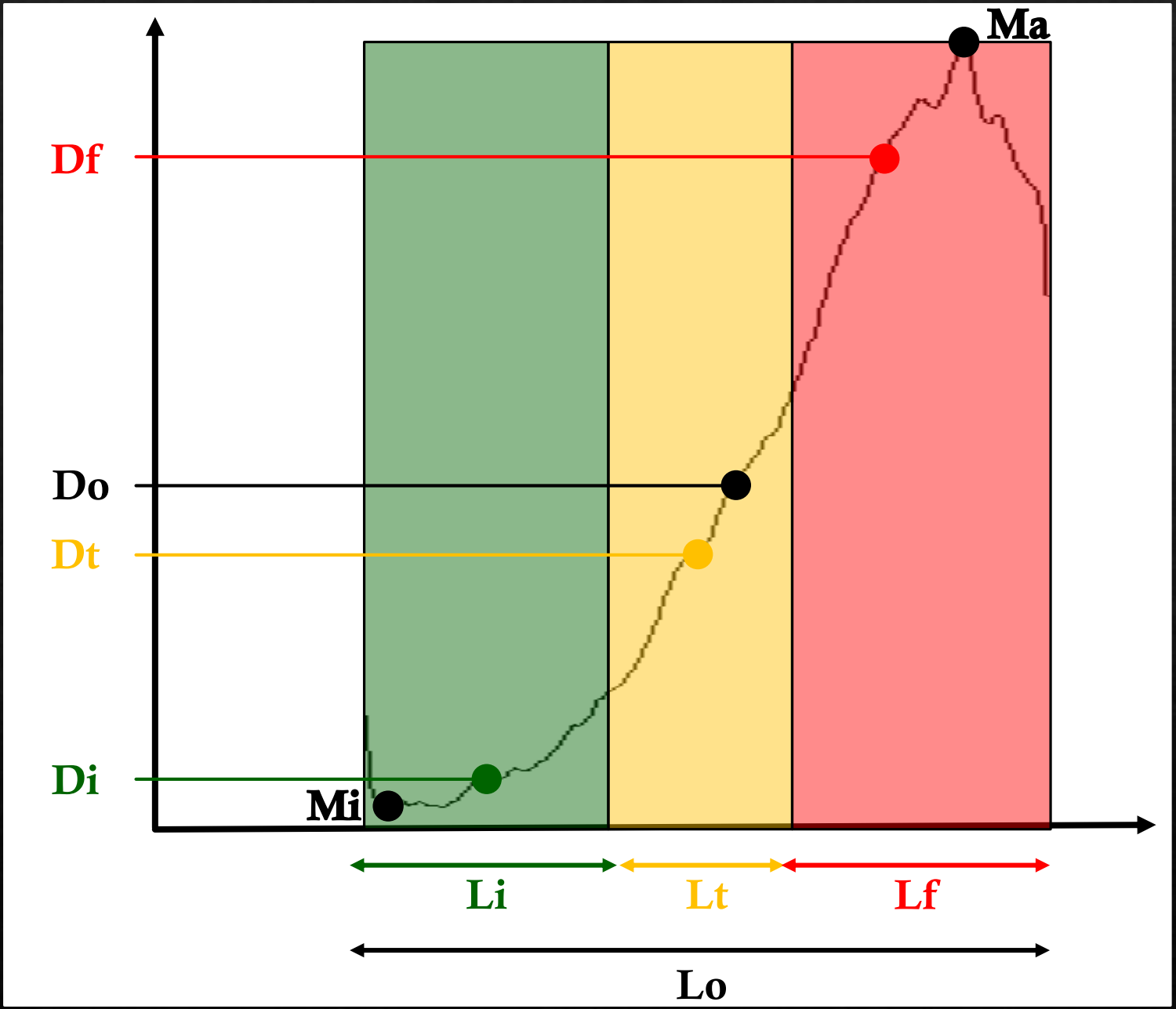
Matériel et méthode

Comment fait-on ?

Mesure de densité et de largeur de cernes

Modèle de découpage du cerne :

- Bois Initial (BI)
- Bois de Transition (BT)
- Bois Final (BF)



Matériel et méthode

Comment fait-on ?

Matériel et méthode

Comment fait-on ?

Variables de croissance :

- Circonférence mesurée en 2016 : Ci16
- Largeur de cerne : Lo, Li, Lt, Lf
- Proportion de bois final : Pf

Matériel et méthode

Comment fait-on ?

Variables de croissance :

- Circonférence mesurée en 2016 : Ci16
- Largeur de cerne : Lo, Li, Lt, Lf
- Proportion de bois final : Pf

Variables de densité :

- Densité : Do, Di, Dt, Df
- Variabilité de densité intra-cerne : Eo, Ei, Et, Ef, Co

Matériel et méthode

Comment fait-on ?

Variables de croissance :

- Circonférence mesurée en 2016 : Ci16
- Largeur de cerne : Lo, Li, Lt, Lf
- Proportion de bois final : Pf

Variables relatives à la circulation de l'eau :

- Conductance maximale : Kmax
- Vulnérabilité à la cavitation : P10 à P90
- "Cinétique" de la cavitation : Pente

Variables de densité :

- Densité : Do, Di, Dt, Df
- Variabilité de densité intra-cerne : Eo, Ei, Et, Ef, Co

Matériel et méthode

Comment fait-on ?

Variables de croissance :

- Circonférence mesurée en 2016 : Ci16
- Largeur de cerne : Lo, Li, Lt, Lf
- Proportion de bois final : Pf

Variables relatives à la circulation de l'eau :

- Conductance maximale : Kmax
- Vulnérabilité à la cavitation : P10 à P90
- "Cinétique" de la cavitation : Pente

+ Survie en 2014

Variables de densité :

- Densité : Do, Di, Dt, Df
- Variabilité de densité intra-cerne : Eo, Ei, Et, Ef, Co

_03

Résultats

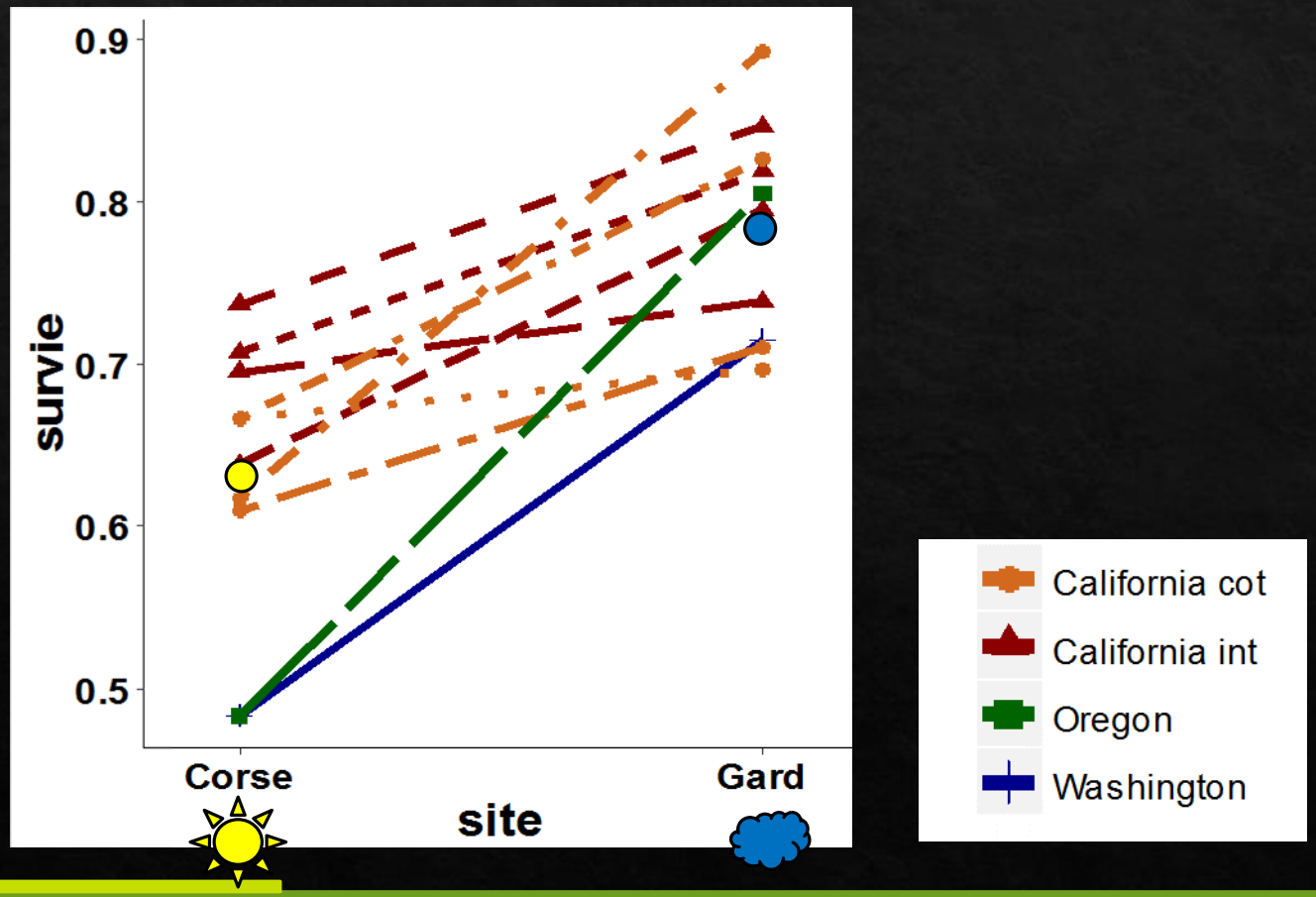
Qu'obtient-on ?

Résultats

Qu'obtient-on ?

- Différence entre sites.
- Pas liée aux mêmes traits (i.e fonctions) :

Lien avec la survie



Résultats

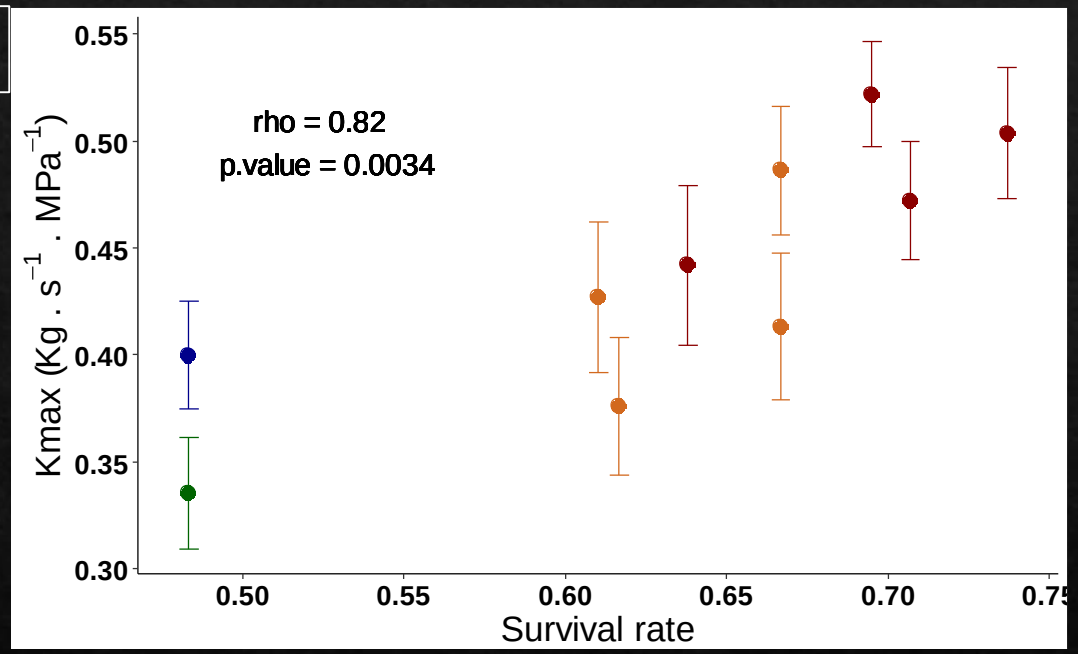
Qu'obtient-on ?

- Différence entre sites.
- Pas liée aux mêmes traits (i.e fonctions) :
  - Conduction de l'eau en Corse

Lien avec la survie

	Corse	Gard
Kmax	+++	NS
P10	NS	NS
P20	NS	+
P30	NS	++
P40	NS	++
P50	NS	+++
P60	NS	+++
P70	NS	++
P80	NS	+
P90	NS	NS

Corse



Résultats

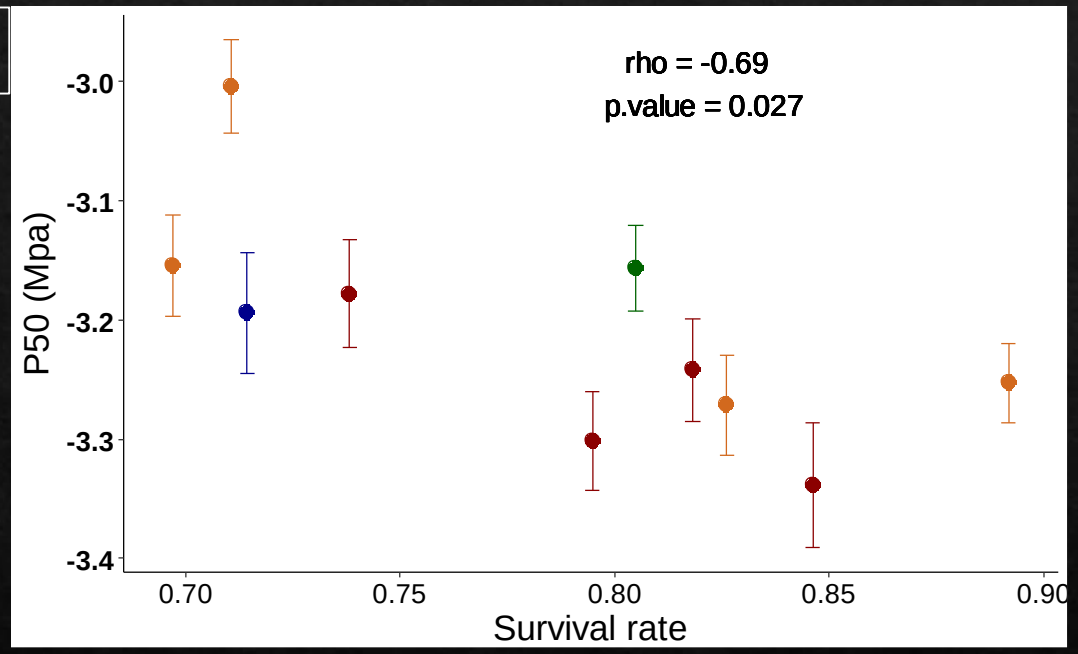
Qu'obtient-on ?

- Différence entre sites.
- Pas liée aux mêmes traits (i.e fonctions) :
  - Résistance à la cavitation dans le Gard

Lien avec la survie

	Corse	Gard
Kmax	+++	NS
P10	NS	NS
P20	NS	+
P30	NS	++
P40	NS	++
P50	NS	+++
P60	NS	+++
P70	NS	++
P80	NS	+
P90	NS	NS

Gard



Résultats

Qu'obtient-on ?

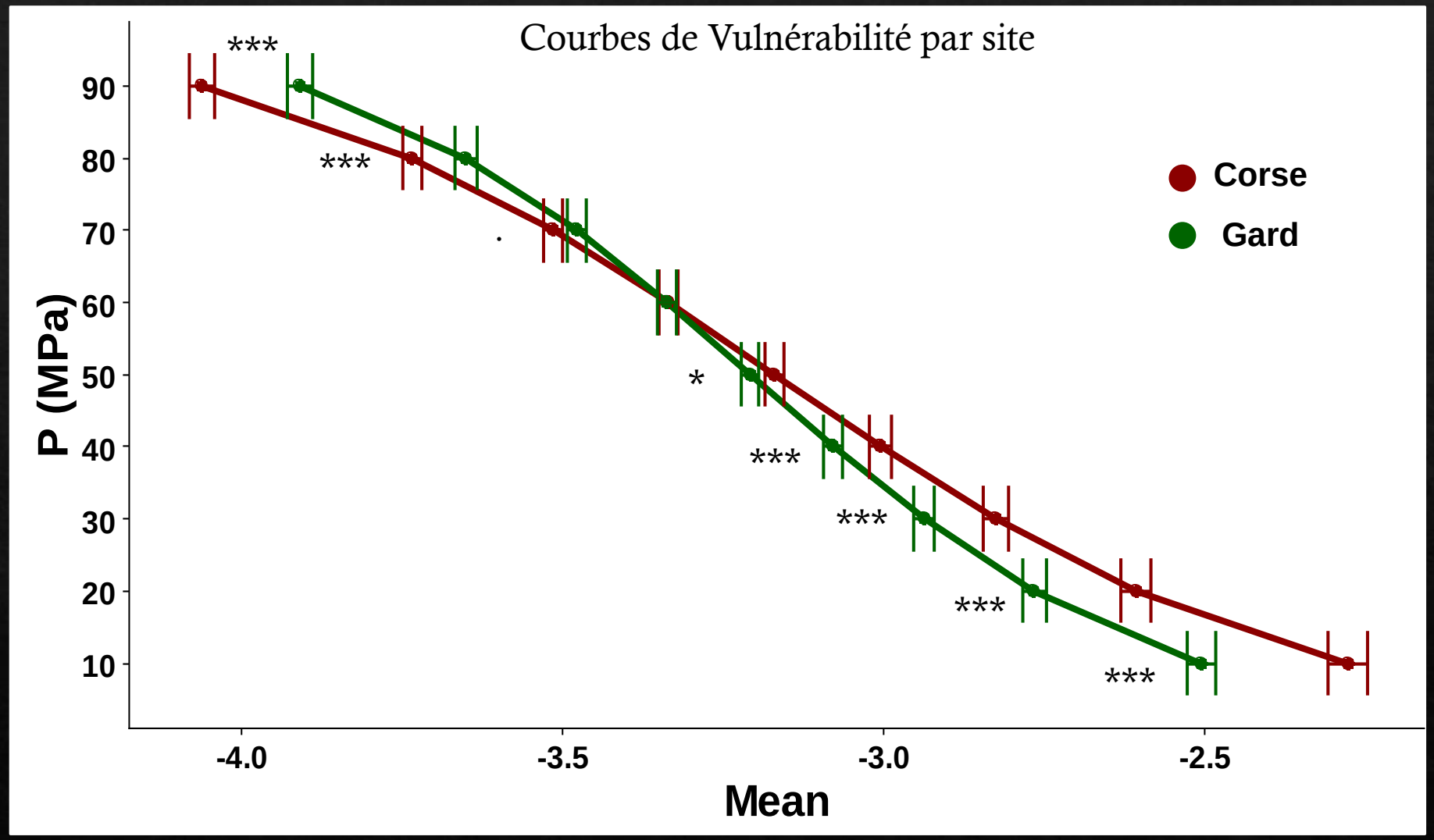
Variabilité des caractères

	Corse		Gard	
	Coefficient Variation	Effet provenance (% de la variance totale)	Coefficient Variation	Effet provenance (% de la variance totale)
Circonférence 2016	30.09	0.03	14.98	0.00
Largeur de Cerne	45.9	1.66	48.6	1.04
Kmax	42.50	5.09	39.15	6.07
Slope	46.75	3.83	39.87	0.28
P50	8.96	8.59	8.36	8.93
Do	12.8	3.8	15.84	2
Di	15.4	0.24	17.13	3.2

Résultats

Qu'obtient-on ?

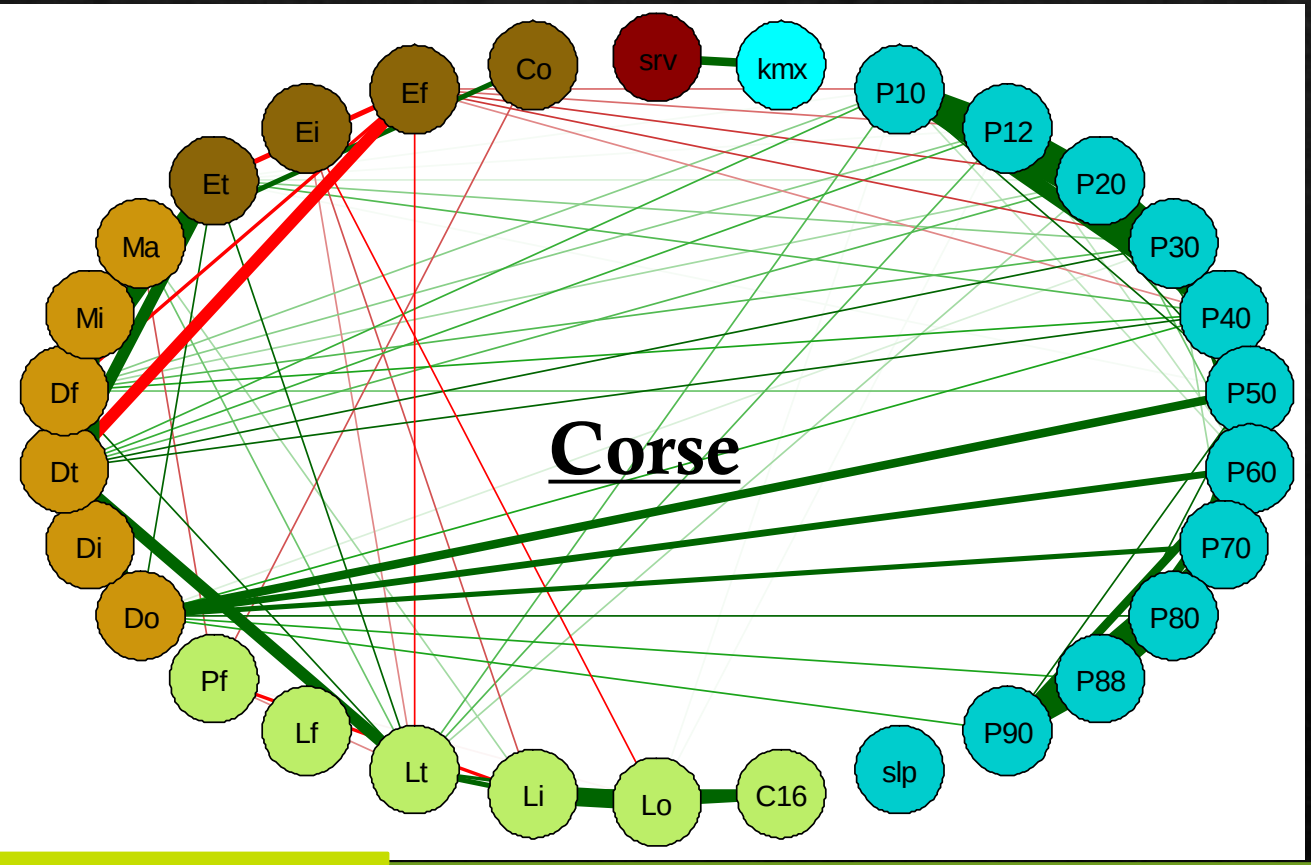
Variabilité des caractères

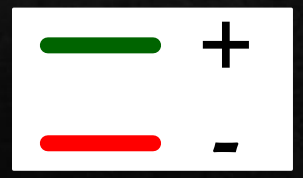


Résultats

Qu'obtient-on ?

Corrélations entre VC et MDM

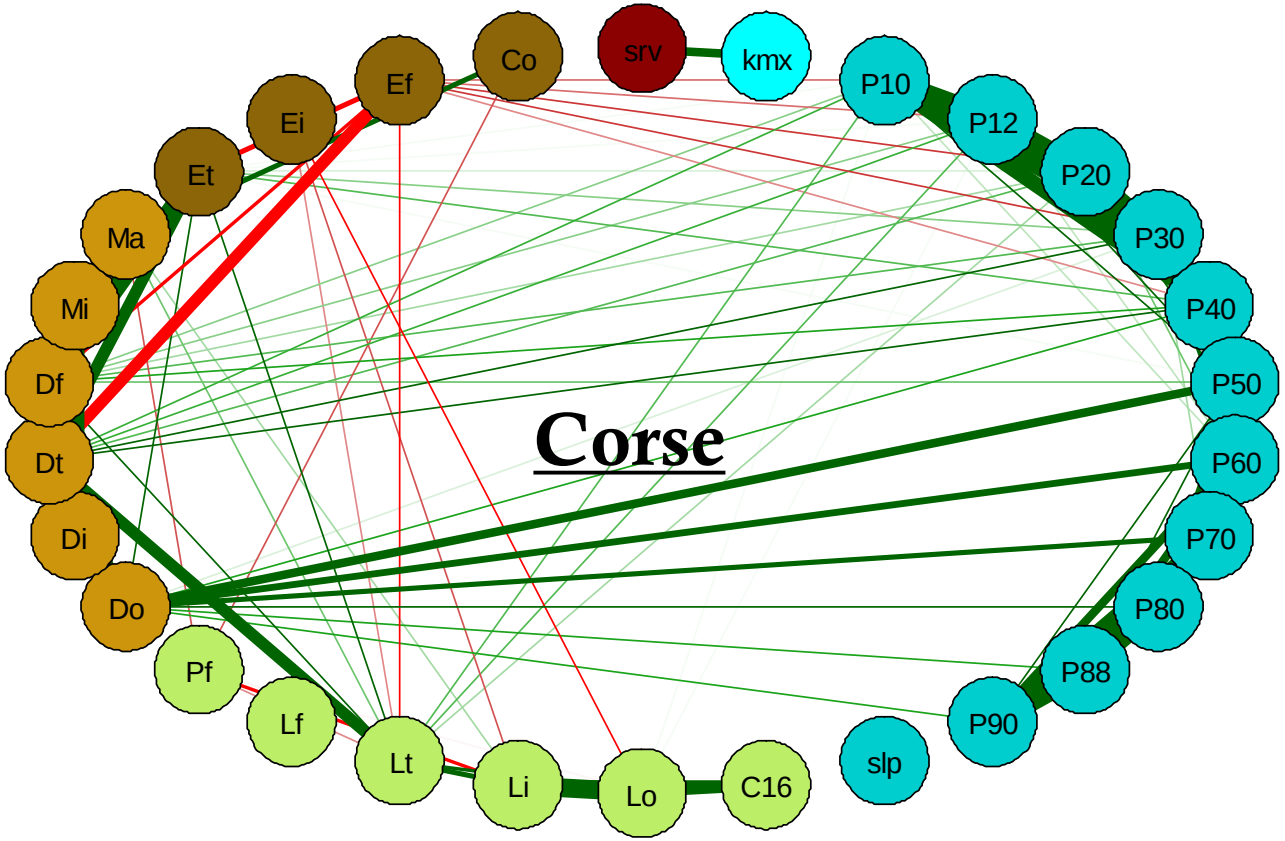


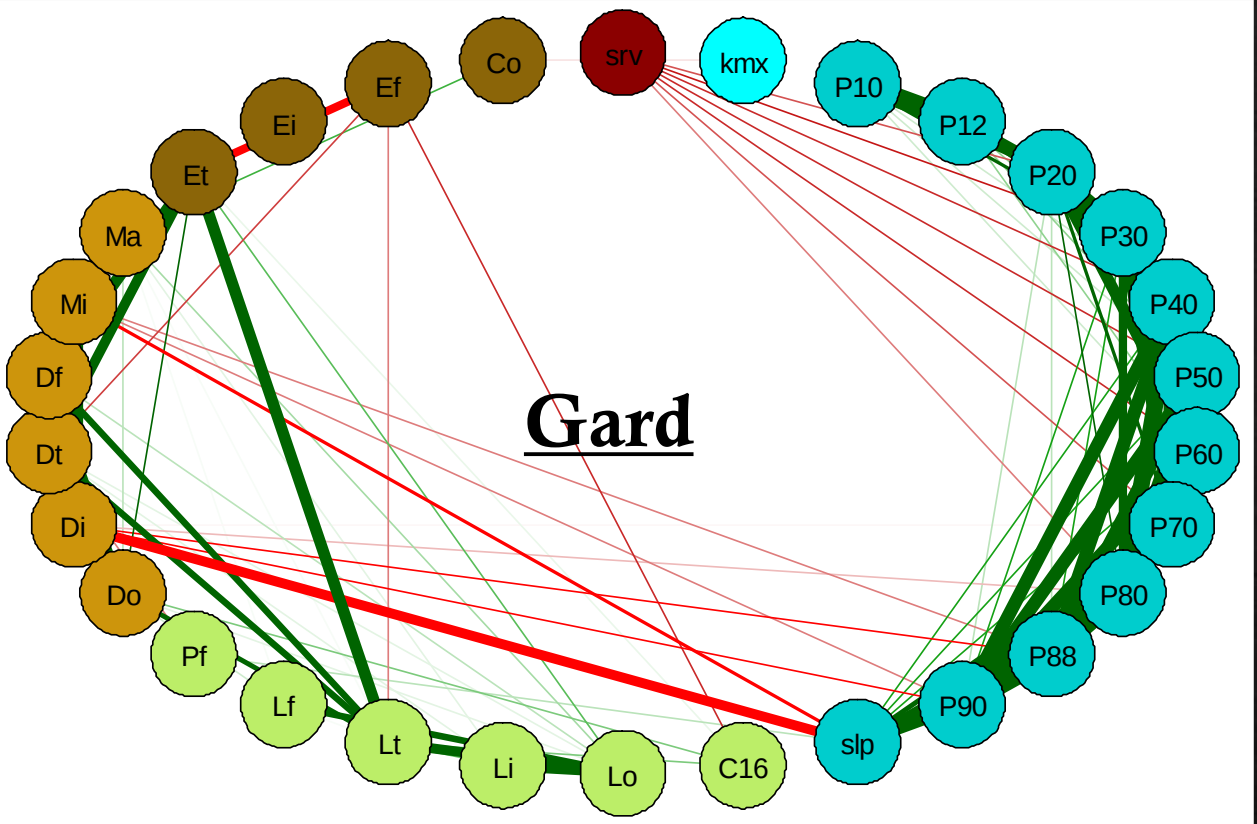


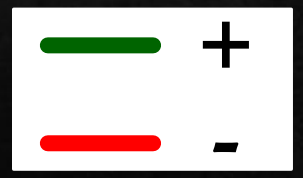
Résultats

Qu'obtient-on ?

Corrélations entre VC et MDM



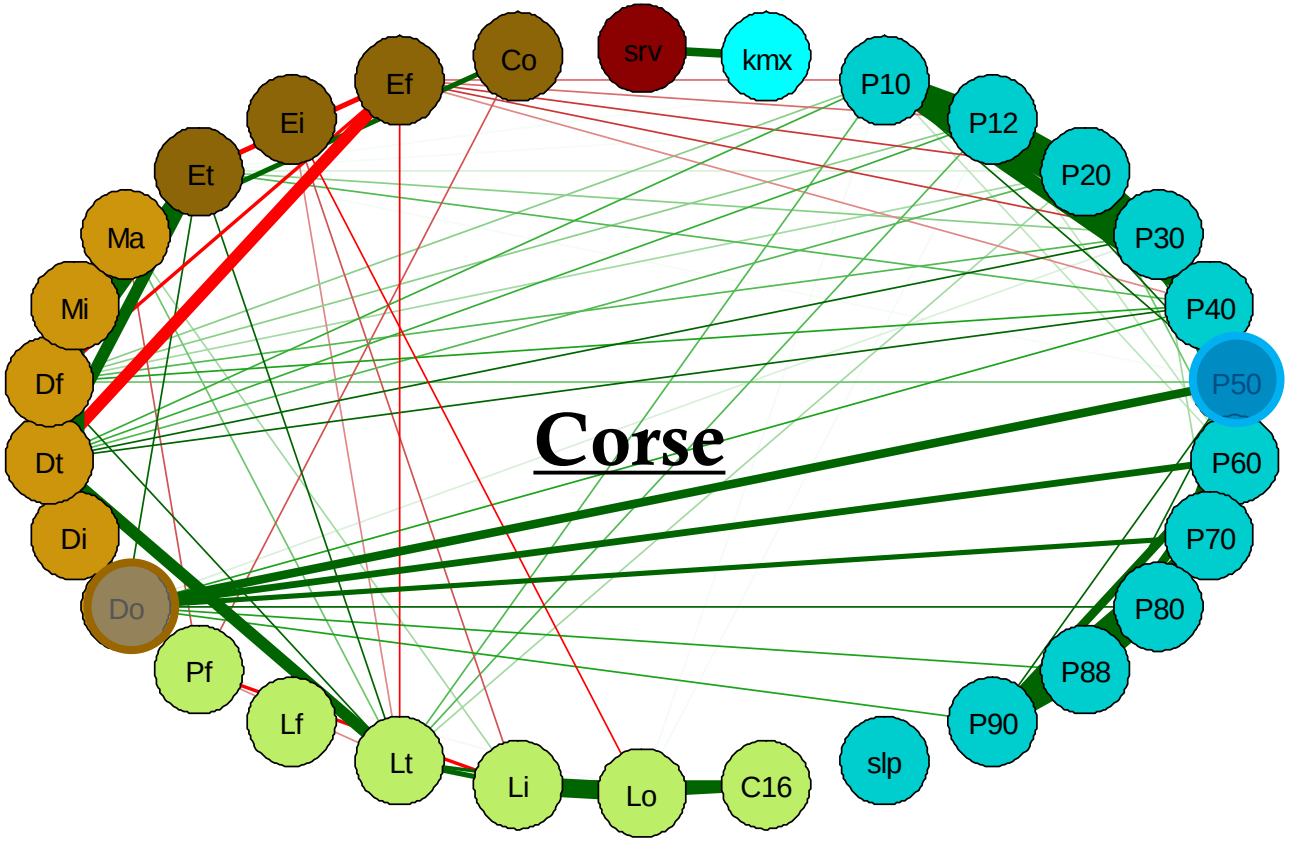


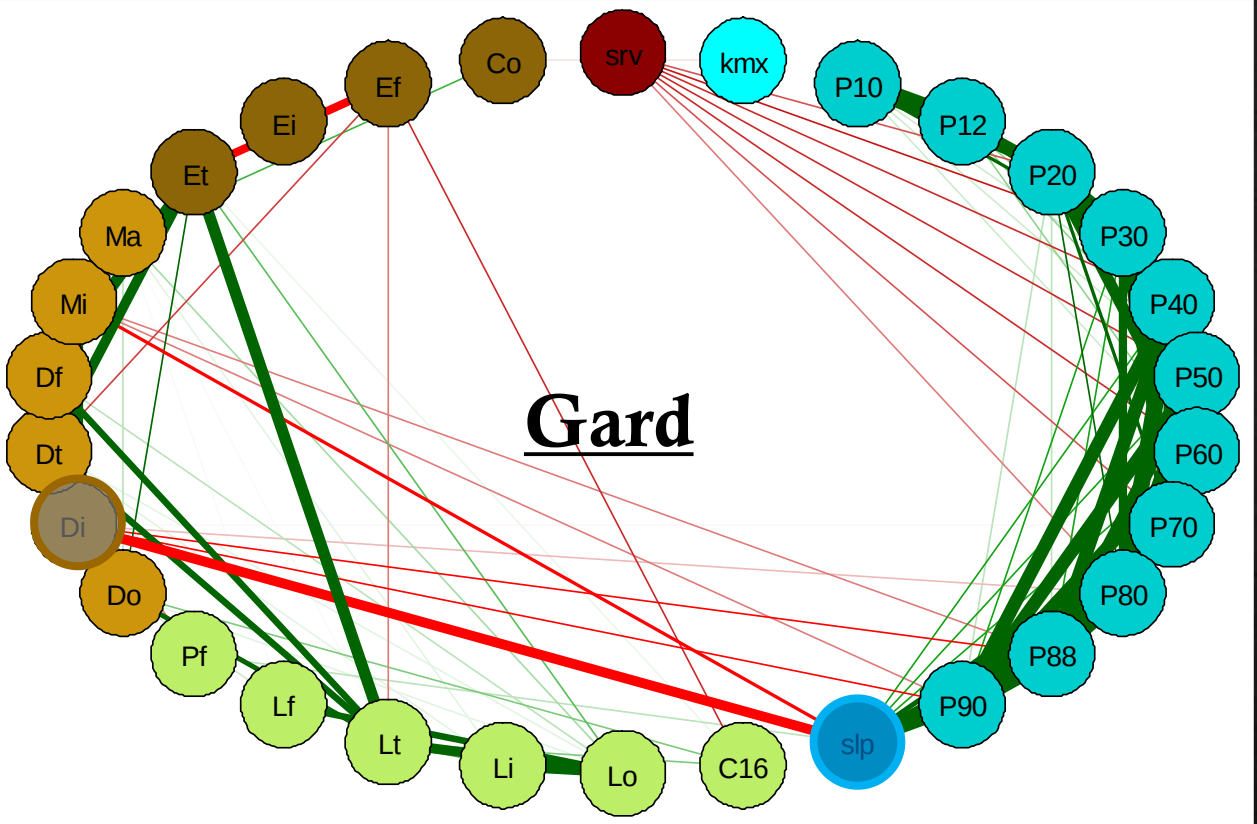


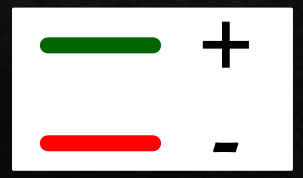
Résultats

Qu'obtient-on ?

Corrélations entre VC et MDM





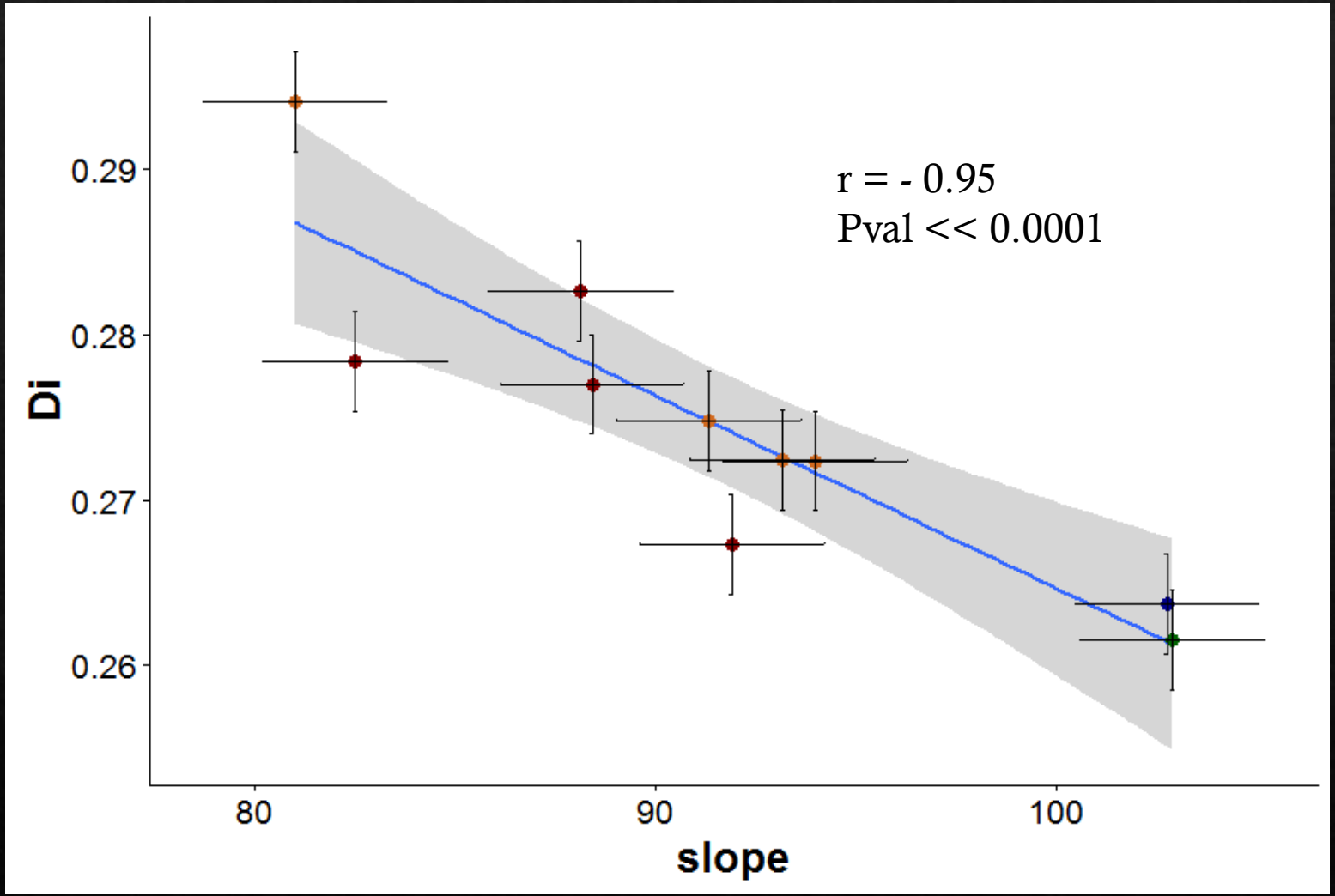


Résultats

Qu'obtient-on ?

Corrélations entre VC et MDM

Par exemple
dans le Gard



_03

Bilan

Qu'en déduit-on ?

Question :

- Peut-on dire que la croissance et la résistance à la cavitation sont des caractères adaptatifs avec un potentiel évolutif chez le douglas ?
  (lien avec la survie + recherche de variabilité)

Bilan

A propos de la croissance

- Pas de lien entre croissance et survie.
- Pas de lien entre croissance et VC.
- Pas de lien entre croissance et la conductivité (Kmax).

Bilan

A propos de la croissance

- Pas de lien entre croissance et survie.
- Pas de lien entre croissance et VC.
- Pas de lien entre croissance et la conductivité (Kmax).

Possibilité de sélectionner l'un et l'autre sans compromis.

Bilan

A propos de la VC

- Lien entre caractéristiques hydrauliques et Survie.

- Liens différents entre les sites
  => pas les même pressions de sélection dans les deux sites.

- On observe bien une variabilité des caractères significative.

Bilan

A propos de la VC

- Lien entre caractéristiques hydrauliques et Survie.

- Liens différents entre les sites
  => pas les même pressions de sélection dans les deux sites.

- On observe bien une variabilité des caractères significative.

Certaine variable de cavitation bon candidats pour caractères adaptatif avec un potentiel d'adaptation.

Bilan

A propos de la VC

- Lien entre caractéristiques hydrauliques et Survie.

- Liens différents entre les sites
  => pas les même pressions de sélection dans les deux sites.

- On observe bien une variabilité des caractères significative.

Certaine variable de cavitation bon candidats pour caractères adaptatif avec un potentiel d'adaptation.

Avec 50% d'arbre en moins les provenances d'Oregon et Washington de Corse sont elles toujours les même que celles du Gard ?

Question :

- Existe il un lien entre les caractéristiques des cernes du bois et la résistance à la sécheresse suffisamment fort pour définir un proxy ?
  (lien Vulnérabilité à la cavitation et MDM)

Bilan

A propos du lien VC-MDM

- Lien entre caractéristiques hydrauliques et variables de microdensité mis en évidence.

- Lien complexe car différent entre les sites.

Bilan

A propos du lien VC-MDM

- Lien entre caractéristiques hydrauliques et variables de microdensité mis en évidence.

- Lien complexe car différent entre les sites.

On ne retrouve pas exactement les mêmes relations que Dalla-Salda et al 2011…

Bilan

A propos du lien VC-MDM

- Lien entre caractéristiques hydrauliques et variables de microdensité mis en évidence.

- Lien complexe car différent entre les sites.

On ne retrouve pas exactement les mêmes relations que Dalla-Salda et al 2011…

…mais nos relations vont dans le même sens.

Bilan

A propos du lien VC-MDM

- Lien entre caractéristiques hydrauliques et variables de microdensité mis en évidence.

- Lien complexe car différent entre les sites.

On ne retrouve pas exactement les mêmes relations que Dalla-Salda et al 2011…

…mais nos relations vont dans le même sens.

Dans un environnement favorable, la densité de bois initial semble être un bon candidat comme proxy pour la pente.

Ecole Doctorale ABIES

AgroParisTech

SylvaLIM Université de Limoges

Office National des Forêts

INRA SCIENCE & IMPACT BioForA

GBFOR Génétique et Biomasse Forestières

INRA Centre de Recherches de Clermont-Ferrand-Theix Université Blaise Pascal U.M.R. PIAF