

# Journée scientifique de l'OREME 2023

Réchauffement climatique : quand tous les chercheurs s'en mêlent



**OREME**

OBSERVATOIRE DE RECHERCHE  
MONTPELLIÉRAIN DE L'ENVIRONNEMENT

#OREME2023

# Journée scientifique de l'OREME 2023

## CAUSSE DU LARZAC



**Cédric CHAMPOLLION**  
Enseignant-chercheur  
Karsto-physicien



@Cedric Champollion



**Simon CARRIERE**  
Enseignant-chercheur  
Eco-hydrologue, Paris



@Simon Carriere



#OREME2023

# ✔ Observatoire du Larzac

- Depuis **2011**
- Intégration locale et nationale
- Dédié à l'étude du **karst** ET de la **géophysique**
- Vision: **développer de nouveaux outils pour observer l'eau**



# ✔ Activités d'aujourd'hui et demain

- Gravimétrie
- Géodésie (déformation)
- Sismologie

Mais aussi :

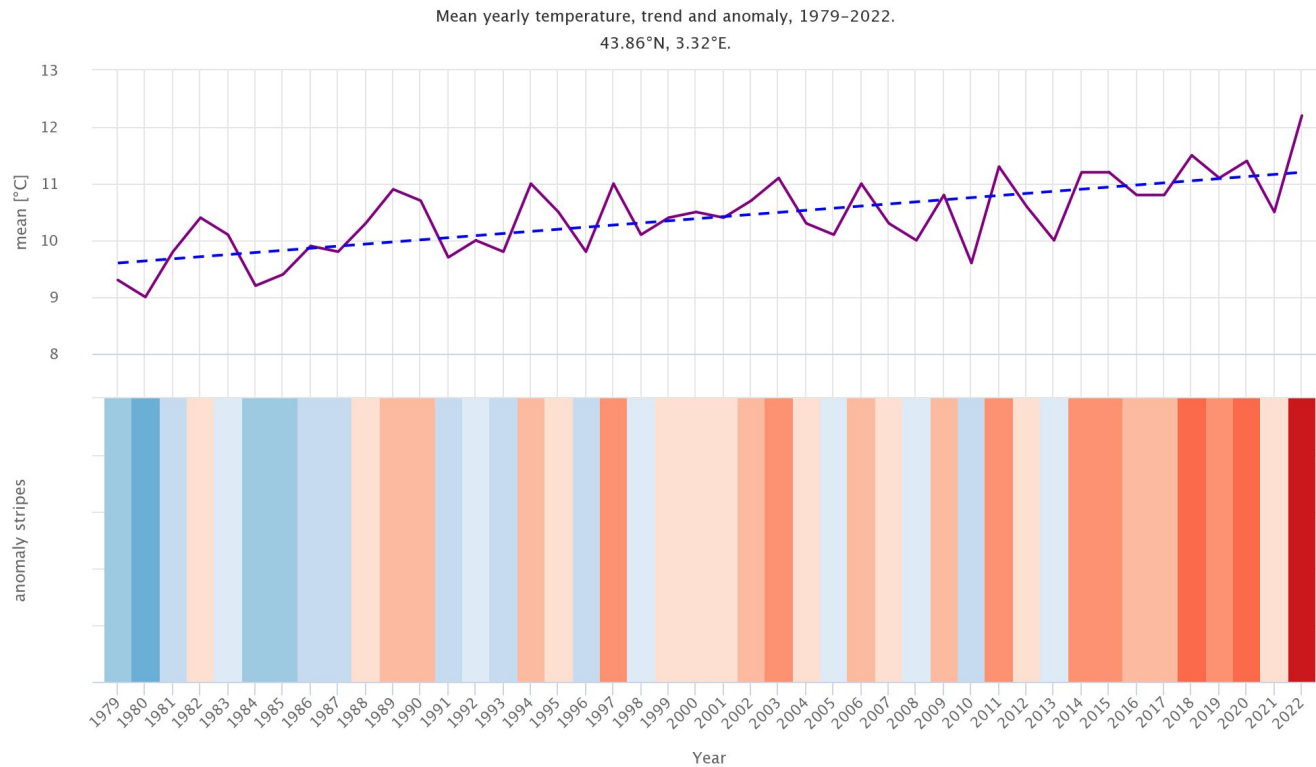
- Ecophysiologie
- (Péto)-chimie



→ Demain : **créer du lien** (scientifique) entre disciplines



# Contexte climatique du Larzac



meteoblue.com

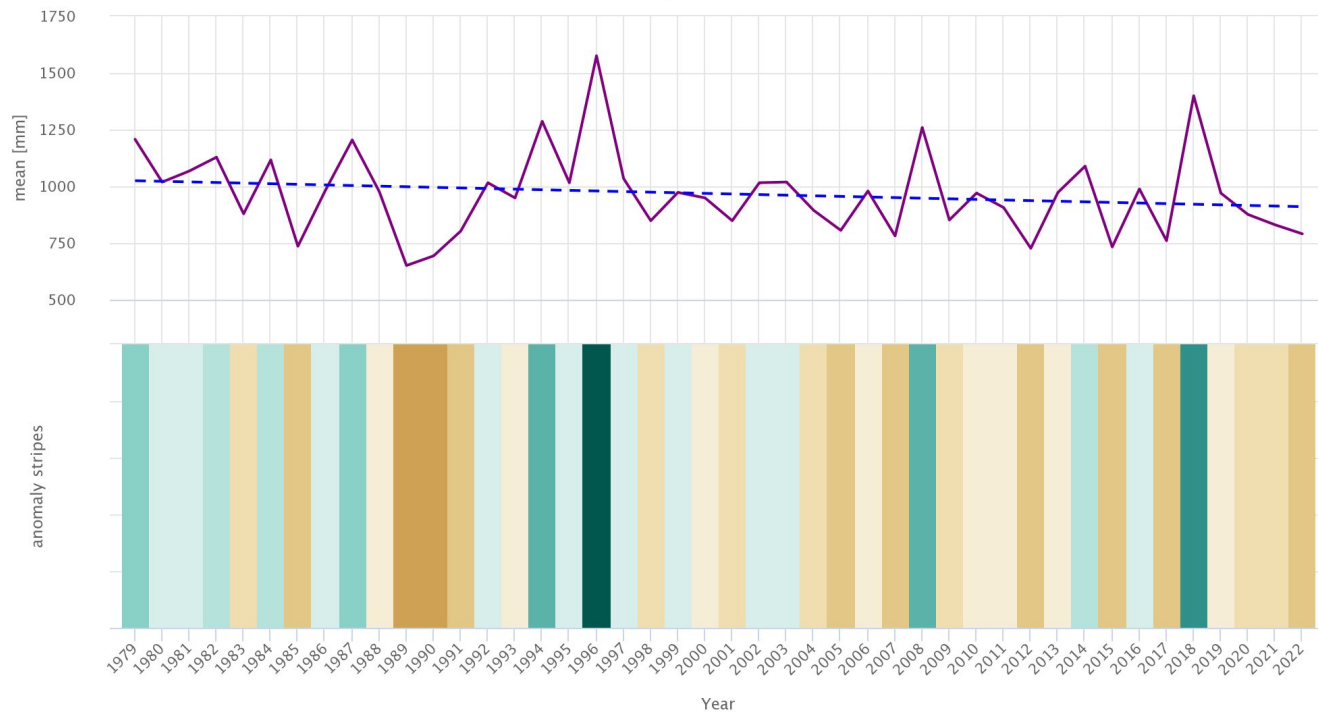
#OREME2023



# Contexte hydro-climatique

Mean yearly precipitation, trend and anomaly, 1979–2022.

43.86°N, 3.32°E.



meteoblue.com

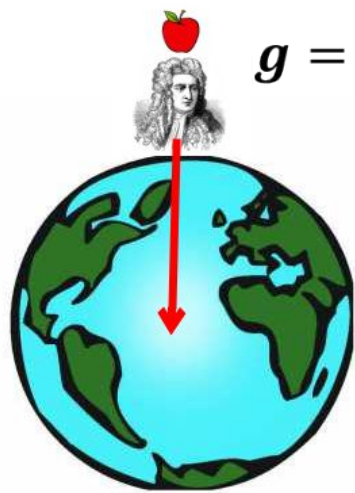
#OREME2023



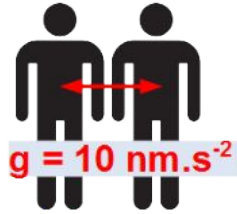
# La gravimétrie



# ✔ La gravimétrie



$$g = G \frac{m}{r^2}$$

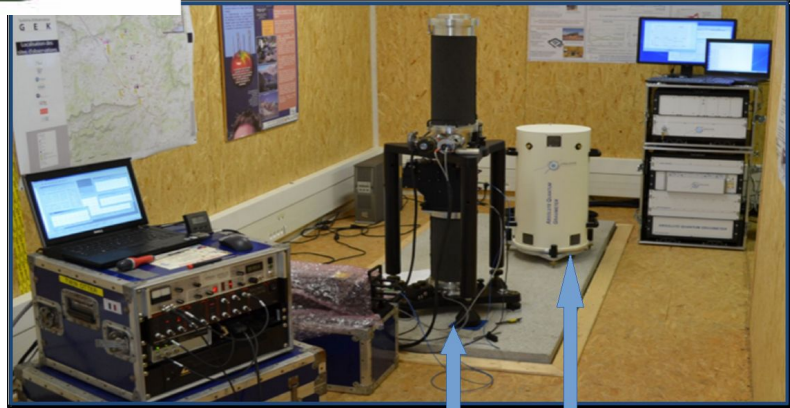


$$g = 10 \text{ nm.s}^{-2}$$

*On sait le mesurer!*



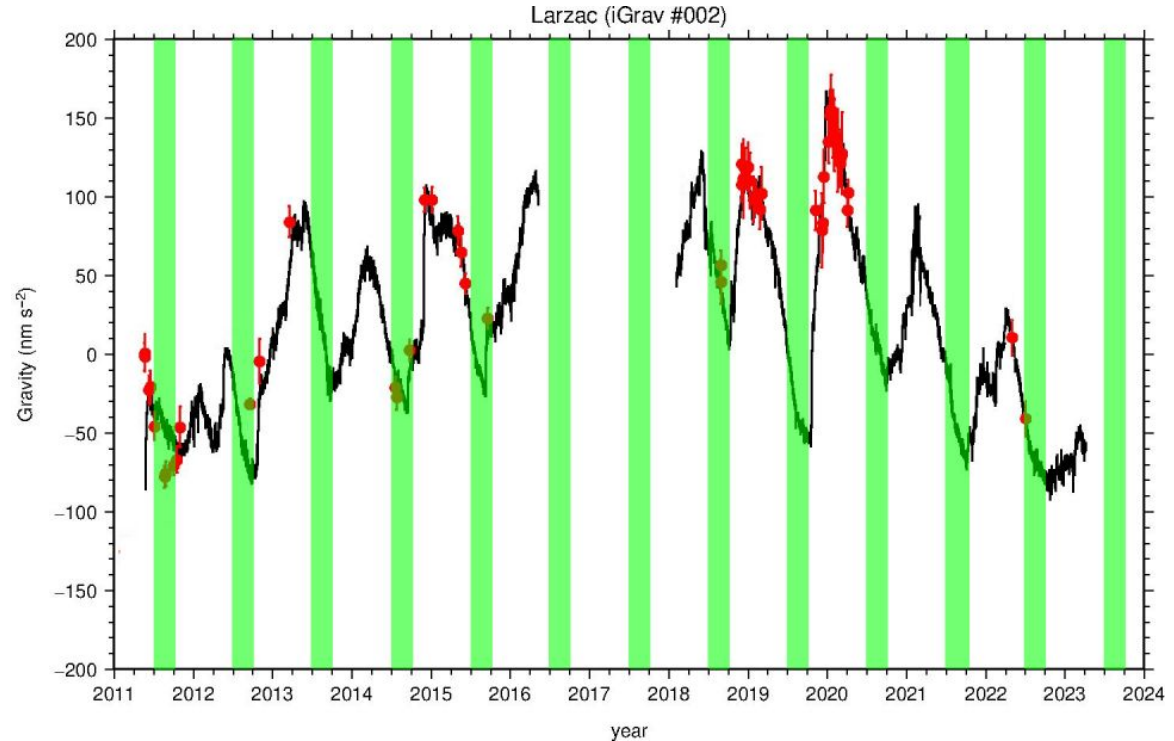
The igrav #002





## ✔ Recharge, débit, ...

- Cycle (saisonnier)
- Tendances pluri-annuelles climatologiques (noa ?)
- Régime des pluies et type de recharge
- Chemin de l'eau souterraine ?





## ✔ Actions transversales

- Géomicrobiologie (G. Peugnet)
- Synthèse autour du karst du Larzac (L. Durand)
- Ecophysiologie (B. Loiseau)
- ???

# ✔ Est-ce que la quantité d'eau volatilisée du sol correspond au flux d'eau transpirée ?

Suivi de résistivité électrique du sol

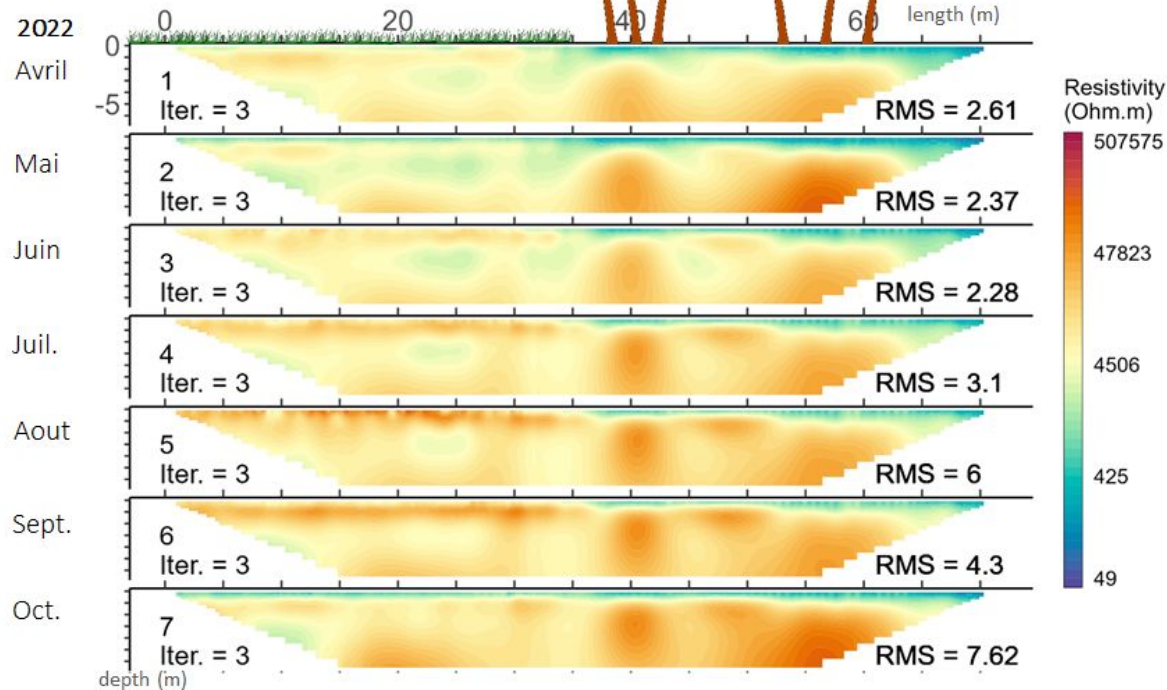
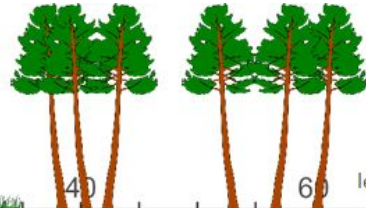


Thèse  
Bertille Loiseau  
(2021-2024)

Suivi de flux de sève (sur *Pinus Nigra*)



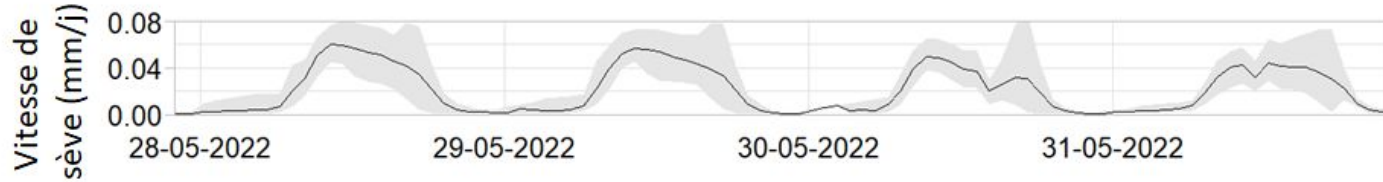
# Dynamique de l'eau dans le sol



- Avec la sécheresse, le milieu devient de plus en plus résistant
- L'évolution n'est pas homogène le long du profil
- Conversion en profil de teneur en eau, en cours...

# Transpiration du bosquet de pins

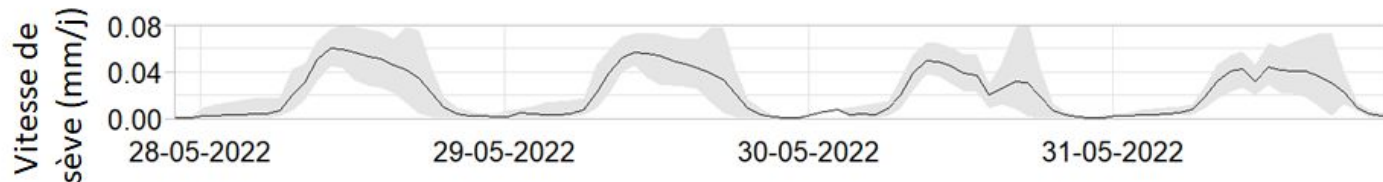
## Résultats de flux de sève



- Besoin de la surface d'aubier (conduisant la sève brut) pour passer transpiration :
  - soit on prend des valeurs de la littérature (~30%), soit on l'estime...

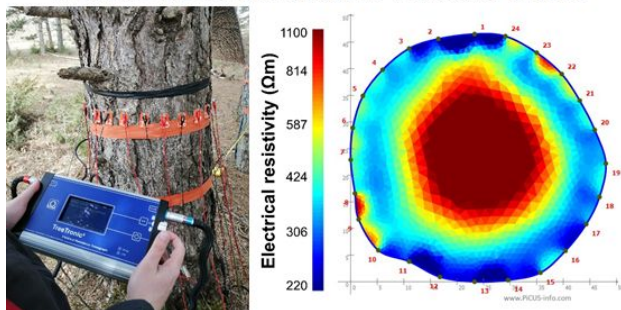
# Transpiration du bosquet de pins

## Résultats de flux de sève

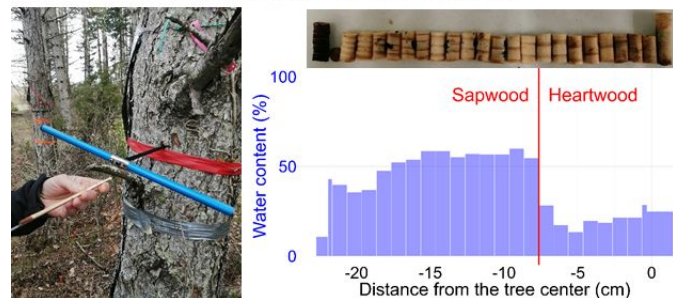


- Besoin de la surface d'aubier (conduisant la sève brut) pour passer transpiration :  
soit on prend des valeurs de la littérature (~30%), soit on l'estime...

Mesures de résistivité sur le tronc des arbres

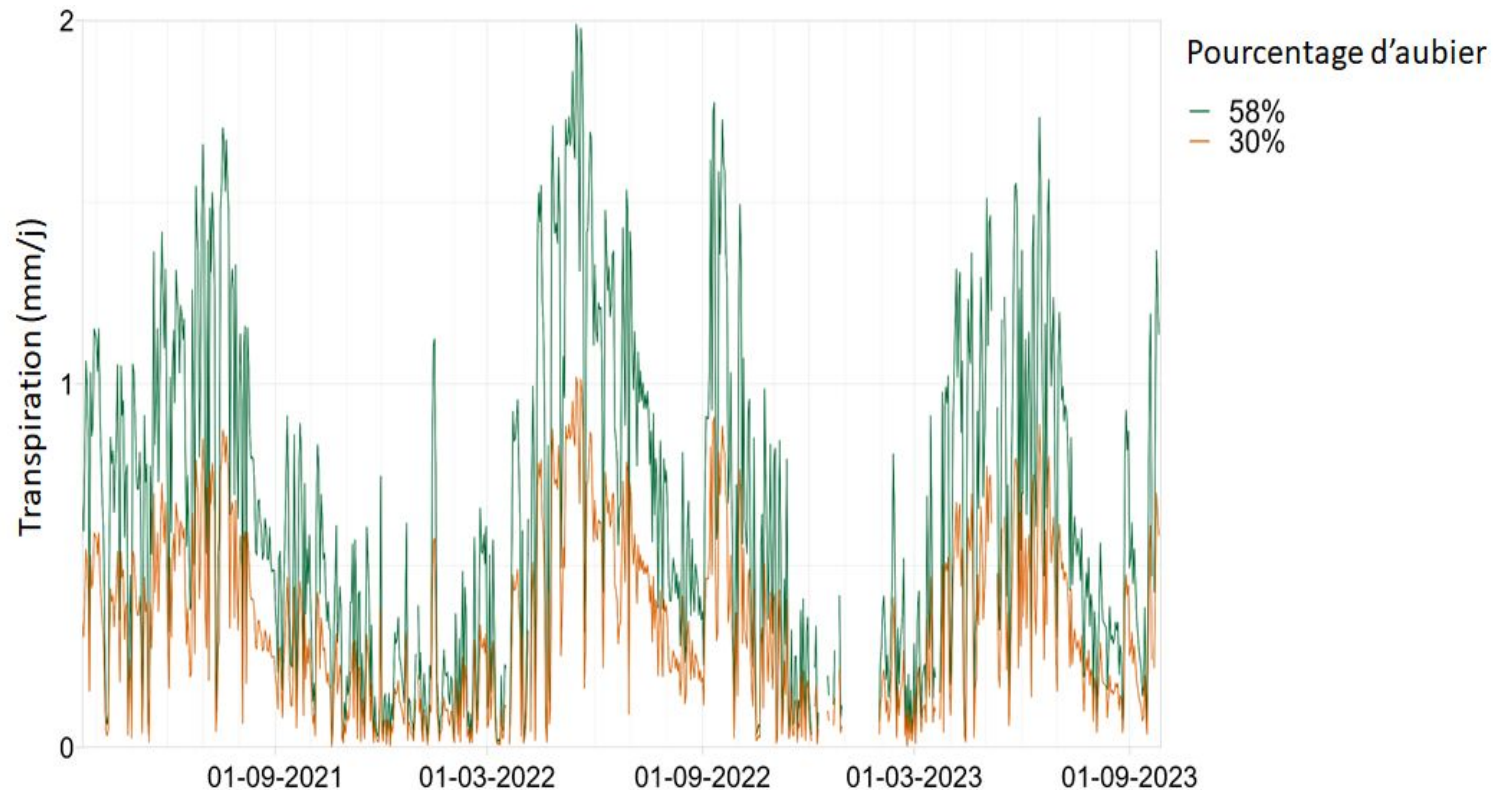


Extraction de carottes de tronc



- En moyenne 58% d'aubier sur le tronc → 21 m<sup>2</sup> d'aubier/ha de sol

# Transpiration du bosquet de pins



- 58% d'aulnier est plus satisfaisant / réaliste

**A suivre ...**

# Journée scientifique de l'OREME 2023 FORÊT DE LA MASSANE



**Benoît BROSSIER**

Ingénieur d'études CNRS,  
Dendrochronologue

 @Benoit Brossier



**Samuel ALLEAUME**

Ingénieur de recherche INRAE, spécialisé  
en télédétection et biodiversité

 @Samuel Alleaume





# Etude de la régénération de la forêt de la Massane

- Réserve Naturelle de la Forêt de la Massane
- SO Observatoire des Communautés Végétales

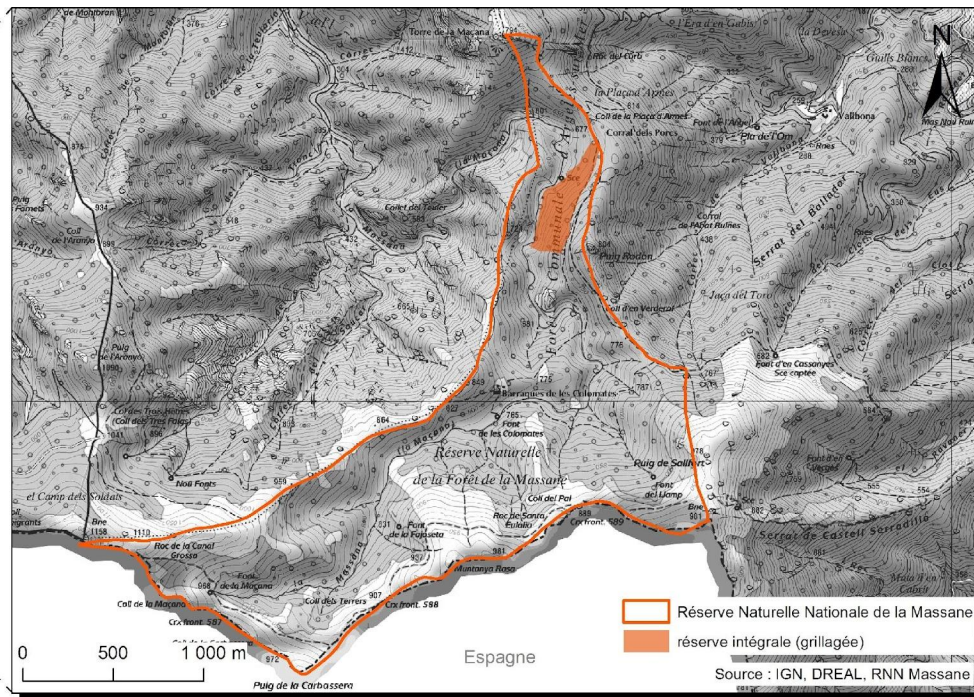
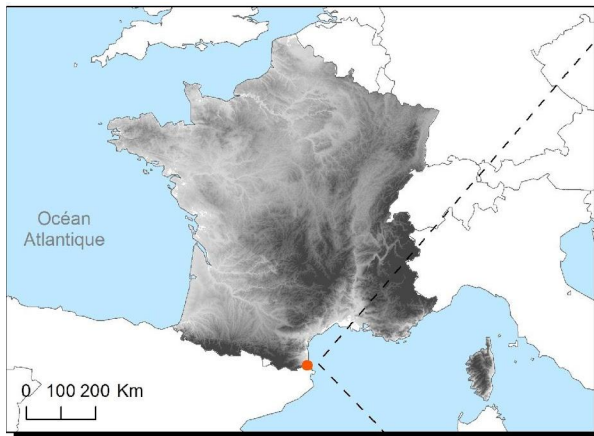
**Dans un contexte de réchauffement climatique  
et de pression pastorale,  
quelle sera la dynamique forestière de la hêtraie ?**



## **Liens RNN de la Forêt de la Massane, ISEM, OREME**

- 2006 : Première étude de la régénération de la réserve
- 2011 : Intégration à l'OREME (TO Recrutement Forestier et Pastoralisme)
- 2015 : Mise place d'un nouveau protocole

# Etude de la régénération de la forêt de la Massane



- Superficie: **336ha**
- Réserve intégrale: **10ha**
- Création: **1973**
- UNESCO: **2021**
- Espèces recensées : **+ 10000**



Réserve Naturelle  
FORET DE LA MASSANE

# Localisation et diversité de peuplements



# ✓ Localisation et diversité de peuplements

Vieux Hêtre



Jeune Hêtre (JH)



Pin-Chêne (PC)



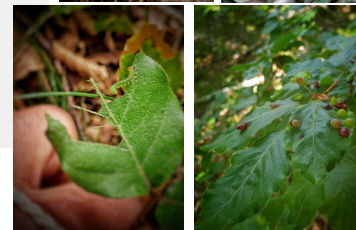
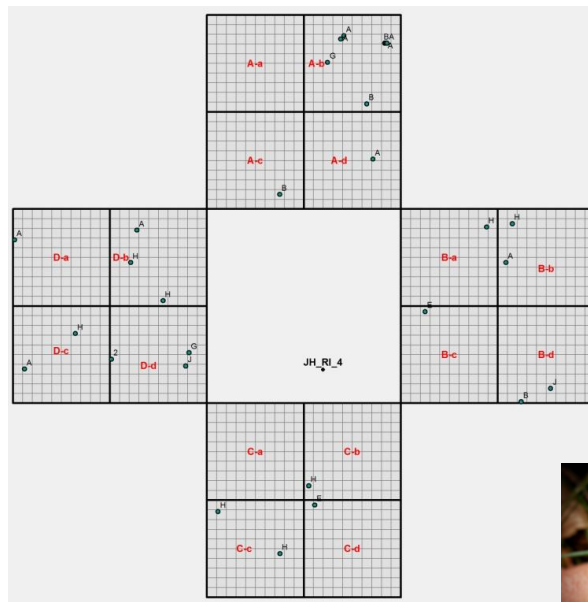
## Phénologie

35 Collecteurs de litière (0,6m<sup>2</sup>)

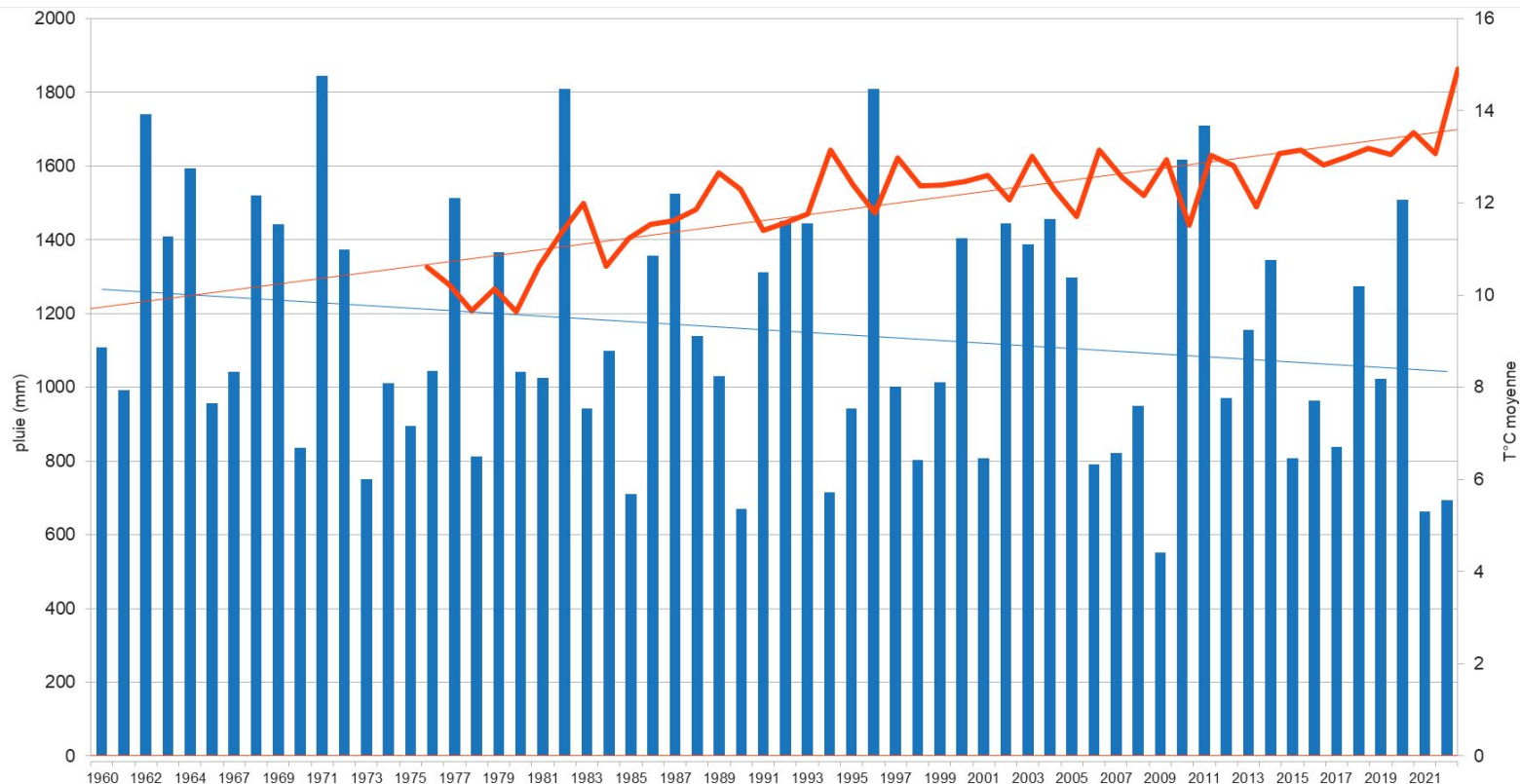


## Régénération

30 Placettes de 16m<sup>2</sup> (18 RI, 12 HRI), 480m<sup>2</sup>

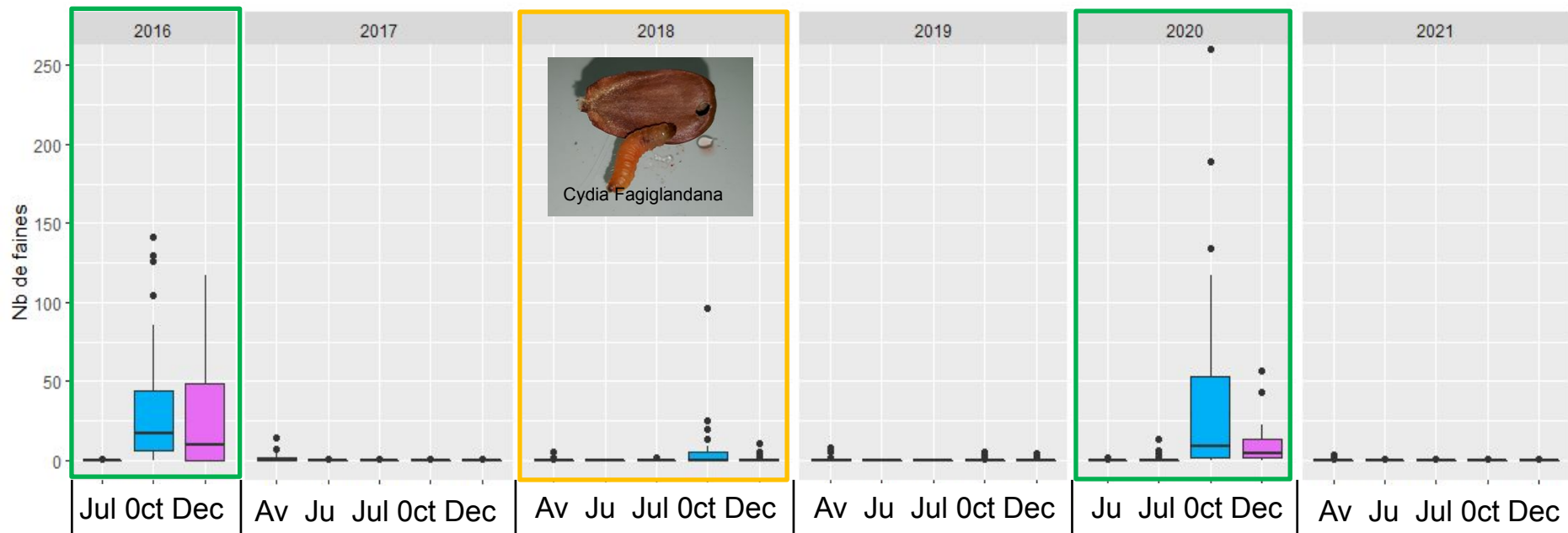


# Précipitations et températures (1960-2022)



# Production de fâines (collecteurs)

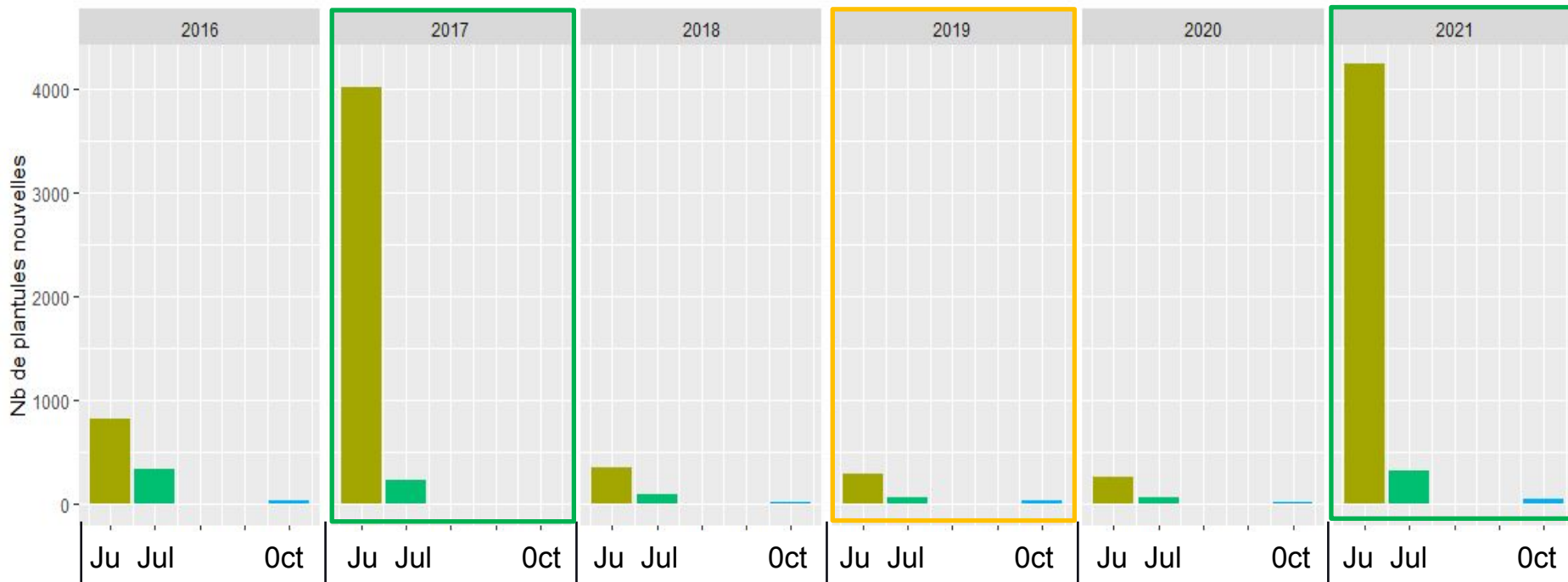
2022



Master 2, Aude Moulinier (2022)



# ✓ Régénération des plantules de hêtre





## Actions transversales

- ✔ Apport de la télédétection pour le suivi de la phénologie de la Forêt de la Massane

# Contexte

La télédétection permet le suivi de la forêt



Structure



Composition



Évolution  
(phénologie,  
changements)



## Contexte

Un besoin de caractériser

- la structure du couvert forestier de la zone
- la macro/micro topographie de la forêt

Objectif : proposer des descripteurs explicatifs de la dynamique des régénérations du hêtre.



Acquisitions  
Lidar



# Acquisition

Date : Septembre 2020  
Surface couverte : 27ha  
Réalisation : TETIS

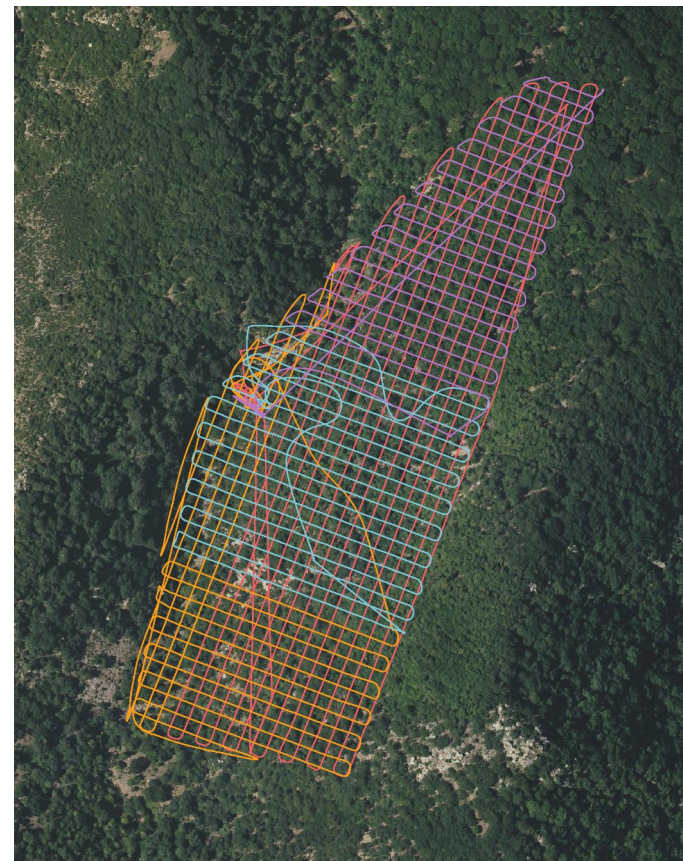


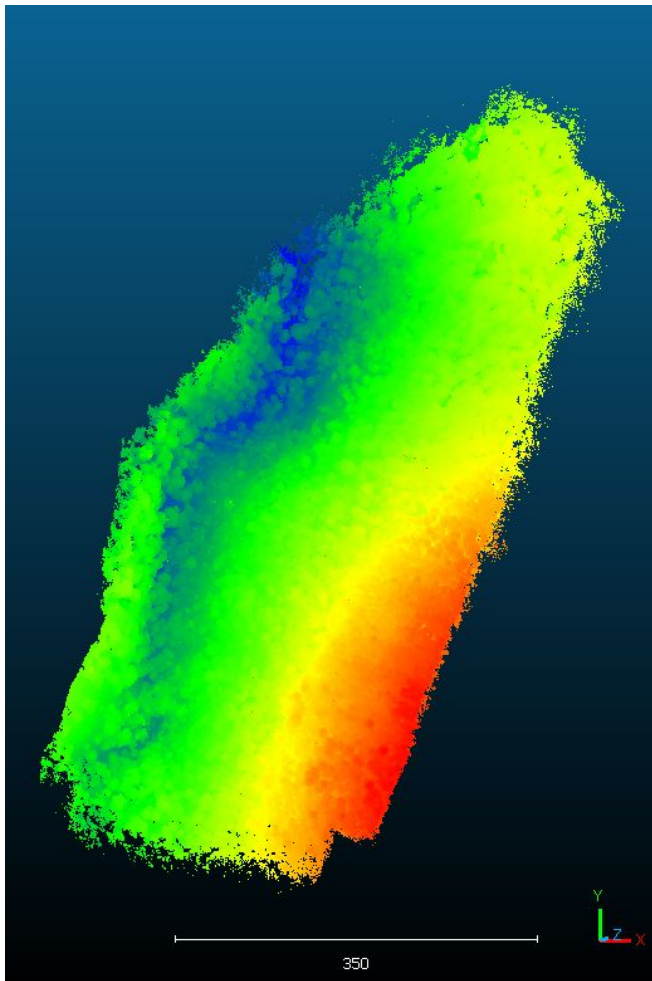
Capteur : Yellowscan, Surveyor  
Centrale GNSS-inertielle : Applanix APX-15 UAV  
Lidar : Velodyne VLP16 (Puck) : Longueur d'onde: 905 nm / 300 000 pulses par seconde (300 kHz) / 2 échos par pulse / Angle de vue : 360 deg. Précision : 4cm

Vecteur : drone DJI *Matrice 600 Pro*

## Conditions de vol :

- Design de la trajectoire : double grille, distance interlignes : 25 m
- Vitesse : 5m/s
- Hauteur de vol 50m au-dessus du sol, contraint par un MNT *IGN* à 5m de résolution

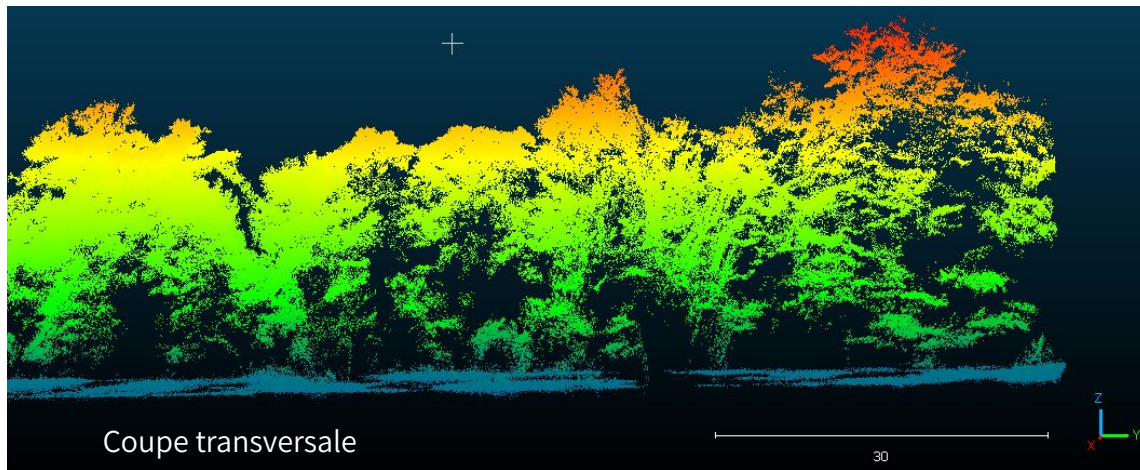




## ✓ Le nuage de points dense

Nombre de points : 176 millions

Densité : 653.6 points/m<sup>2</sup>



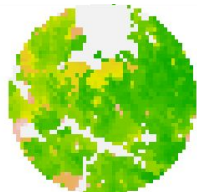
# Métriques Lidar

# Données de terrain régénération

Hauteur

Rugosité

Densité



Profil de  
végétation  
(Gini)

Surface de la  
canopée

Plant Area Index

Stratification

Plant Area Density

Diamètre de  
couronne

Taux de trouées



Nombre total  
de plantules

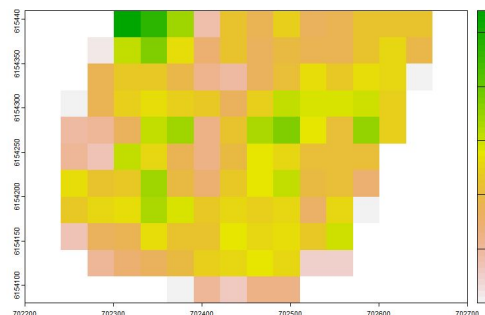
Taux de survie  
à 1 an

Taux de survie  
total

Indices de  
germination

Modélisation

Carte globale



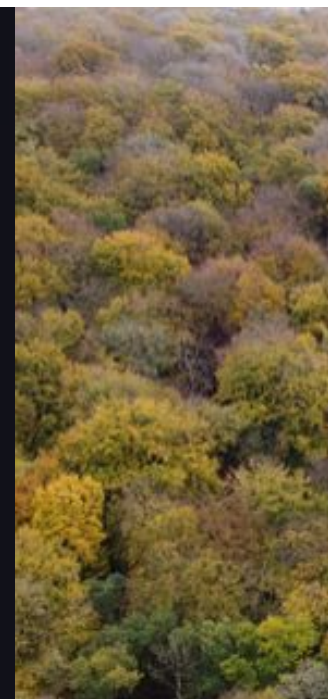
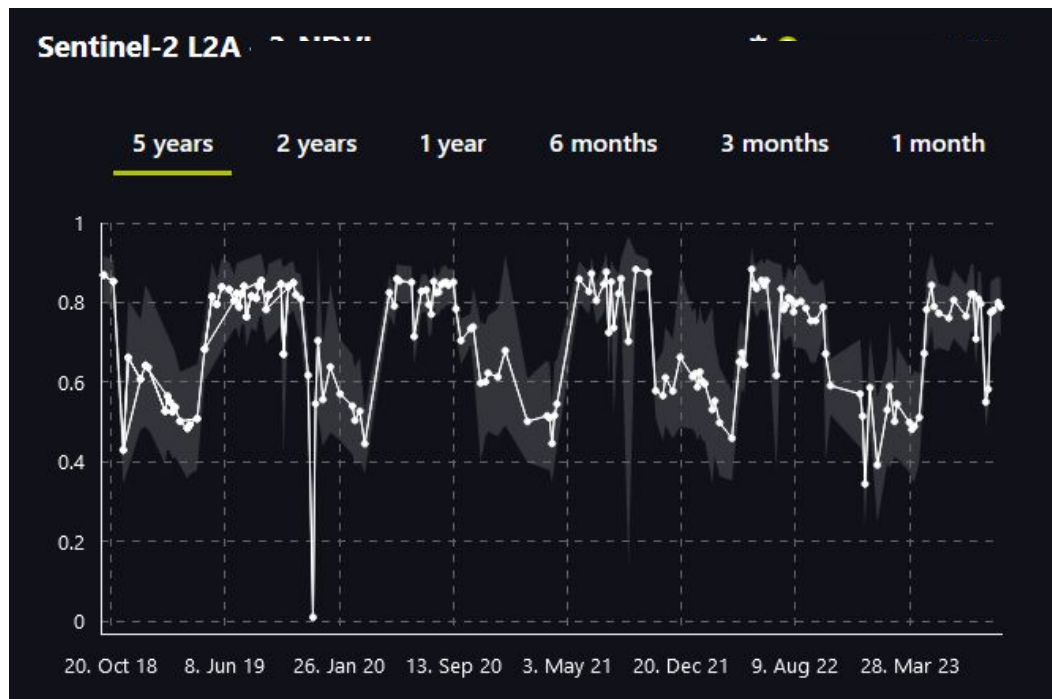
Ex : Percentile 95% sur les hauteurs, 30m résolution, partie sud de la Massane



## A suivre ...

- 1) Poursuite des études sur les données lidar
- 2) Suivi des phénophases de la hêtraie  
→ débourrement, floraison, mise en feuille totale, dépérissement

Séries  
temporelles  
S2



2018

2023



# Journée scientifique de l'OREME 2023

## Site expérimental de PUECHABON



**Jean-Marc OURCIVAL**

Ingénieur de Recherche CNRS,  
spécialisé en écophysiologie



**Odile PEYRON**

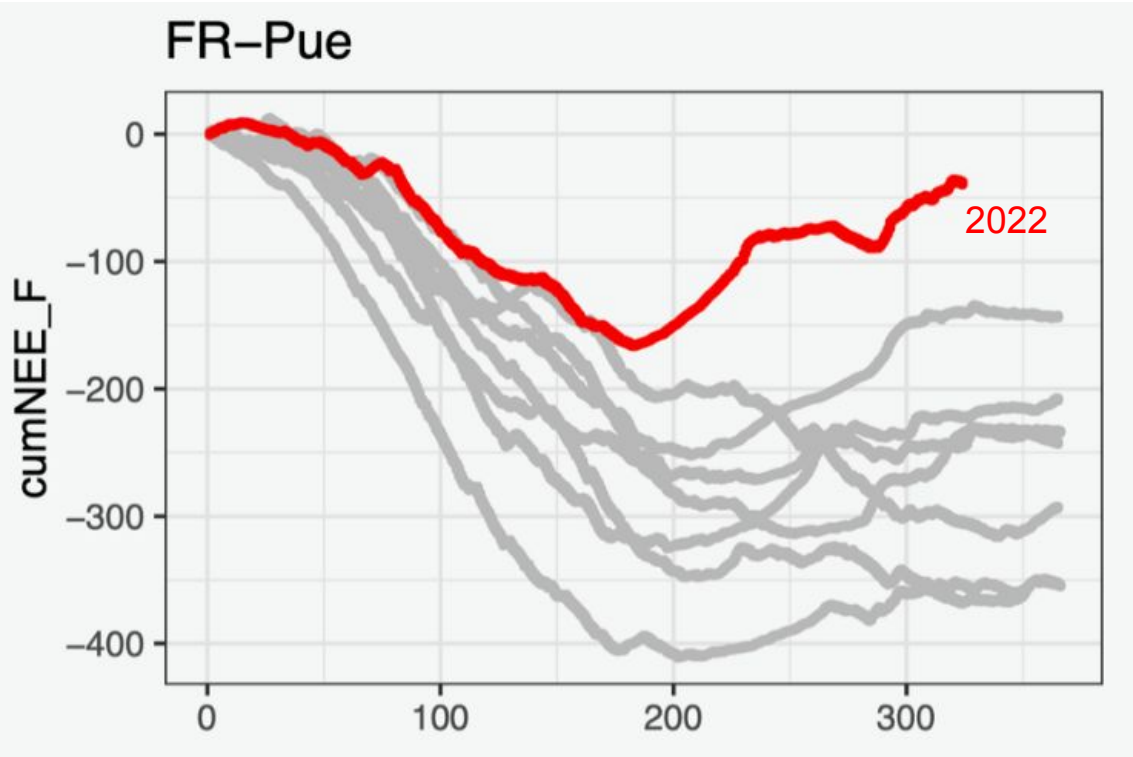
Directrice de recherches CNRS  
et paléoclimatologue



# ✔ Fonctionnement du taillis de chêne vert

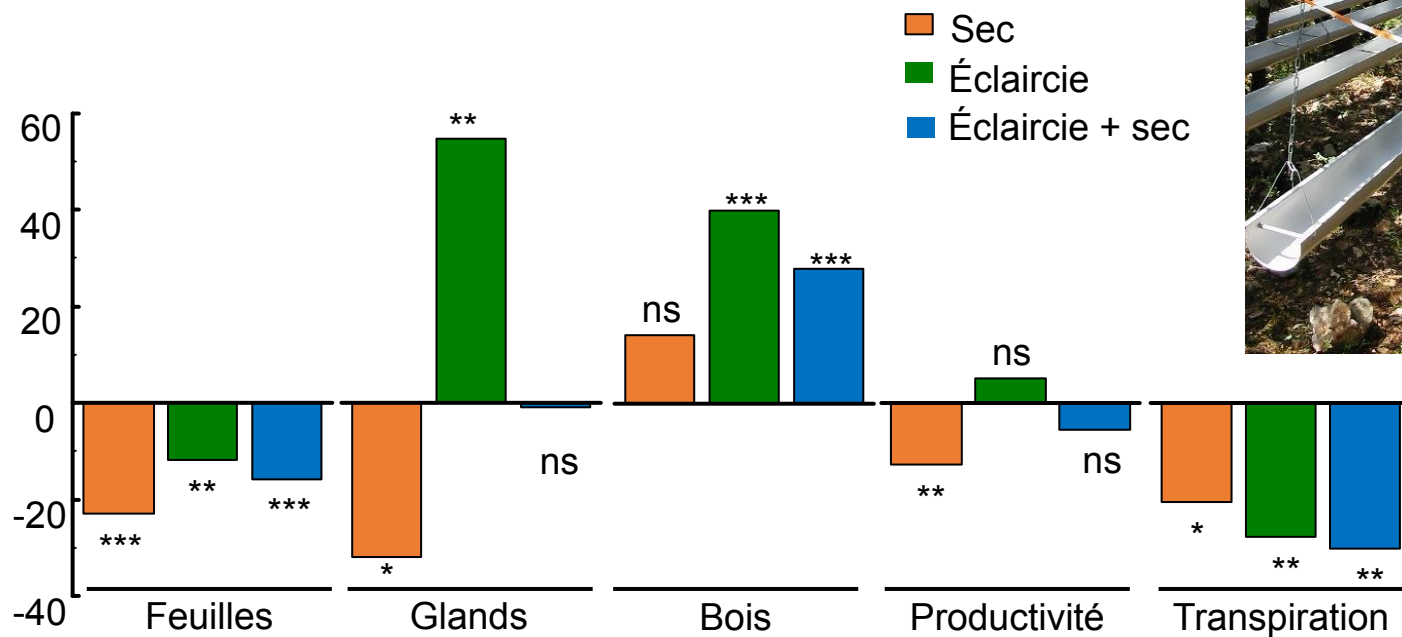
- SO Ecosystème forestier méditerranéen
- Le site expérimental fonctionne depuis 1984, gestion forestière
- Facteurs climatiques contrôlant les bilans Carbone et Eau (1998)
  - tour à flux, ERIC ICOS
- Vulnérabilité des arbres face aux changements climatiques (2003)
  - exclusion partielle des pluies, ERIC AnAEE
- Accueil (expérimentations / visites) et partage des données

## ✔ Bilan de C fortement affecté par la sécheresse printanière



## Effets pluriannuels de l'exclusion partielle des pluies et de l'éclaircie

Différence par rapport au Témoin (%)





## Actions transversales au sein de l'OREME

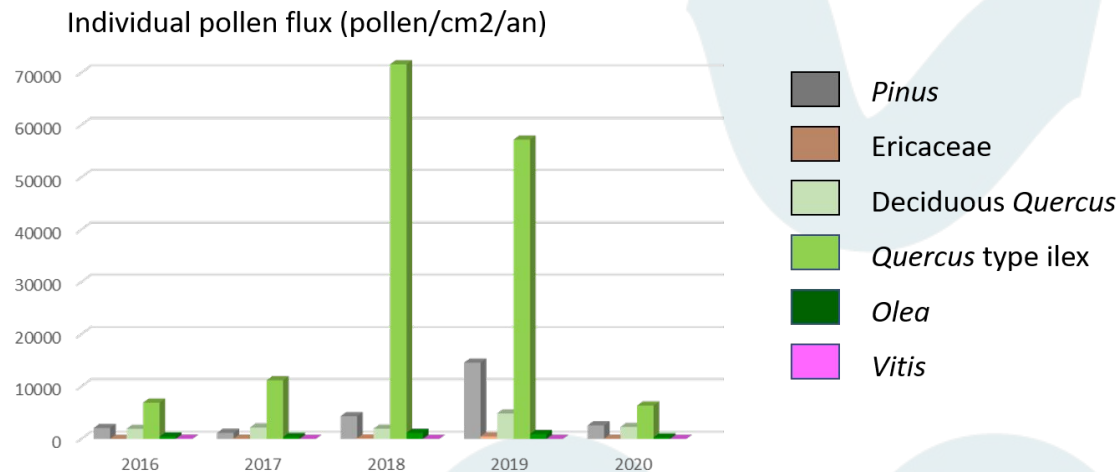
- TO Incendies : suivi de la teneur en eau de la végétation depuis 2010
- SO ODS: suivi de la phénologie du chêne vert depuis 2003
- SNO Karst : fournitures des données d'évapotranspiration
- SO OCOVE, TO communautés fongiques: récoltes hebdomadaires 2010-2019
- Observatoire du Larzac: prêt de matériels
- SO POLLIMED, TO Relations pollen-végétation-climat, forêts méditerranéennes : suivis de la pollinisation depuis 2016

# SO POLLIMED : monitoring de la pollinisation en région Méditerranéenne

- ❑ **Question** : impact du changement climatique passé, présent et futur (sécheresses, températures...) sur la pollinisation des espèces clés méditerranéennes (chêne vert ...) ?
- ❑ **Méthode** : pièges à pollen = suivi mensuel et annuel sur plusieurs années
- Reconnaissance automatisée des grains de pollen**



# ✔ Monitoring de la pollinisation à Puéchabon depuis 2016







# Réchauffement climatique : quand tous les chercheurs s'en mêlent



Concordances spatiales et temporelles des dynamiques de la biodiversité et des pressions anthropiques à l'échelle mondiale



**Maëlys BOENNEC**

 @maëlys-boënnec



# Journée scientifique de l'OREME 2023 BASSIN DU LEZ



**Frédéric GRELOT**

Chercheur-ingénieur en économie  
UMR G-eau, INRAE

 @fredericgrelot



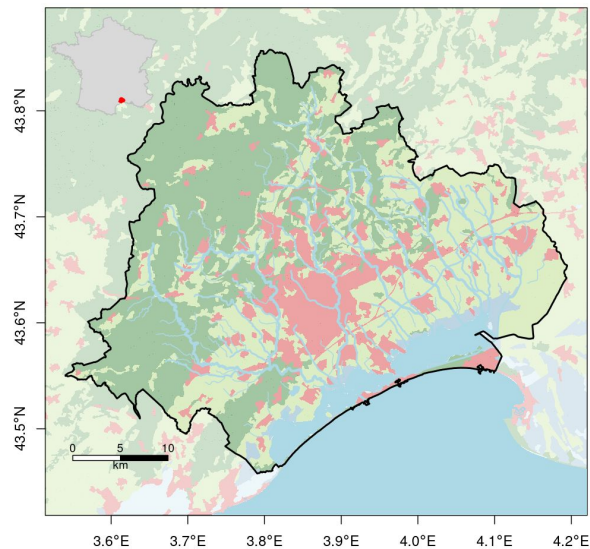
**Patricia LICZNAR**

MCU, HSM, UMR5151  
Univ Montpellier, CNRS, IRD



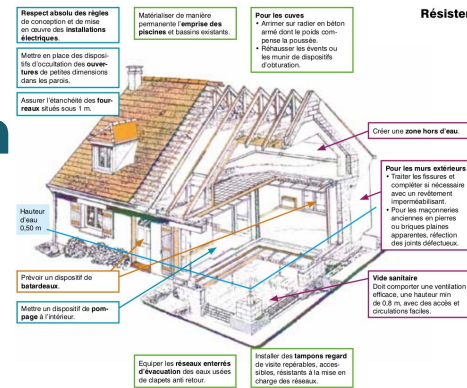
## ✔ so-ii “observatoire des impacts des inondations”

- depuis 2020
- observation des impacts et des adaptations à toutes les inondations
- 78 communes sur les bassins du Lez-Mosson et de l'Étang de l'Or



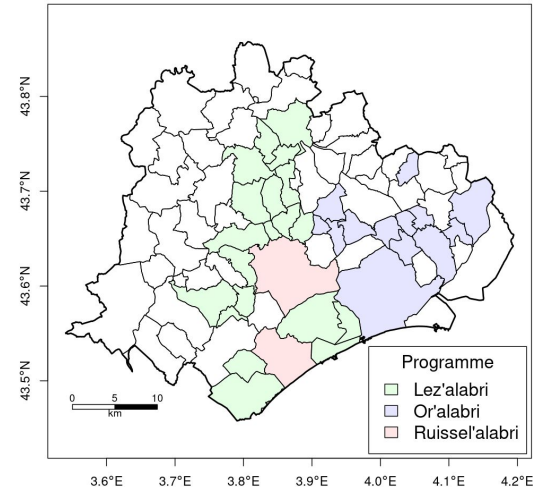
# contexte - CC & politiques d'adaptation

- évolution en fonction de la nature des aléas
- adaptation individuelle
  - 3 programmes collectifs d'incitation sur so-ii → bâtiments



CEPRI (2010) *Le bâtiment face à l'inondation. Diagnostiquer et réduire sa vulnérabilité*

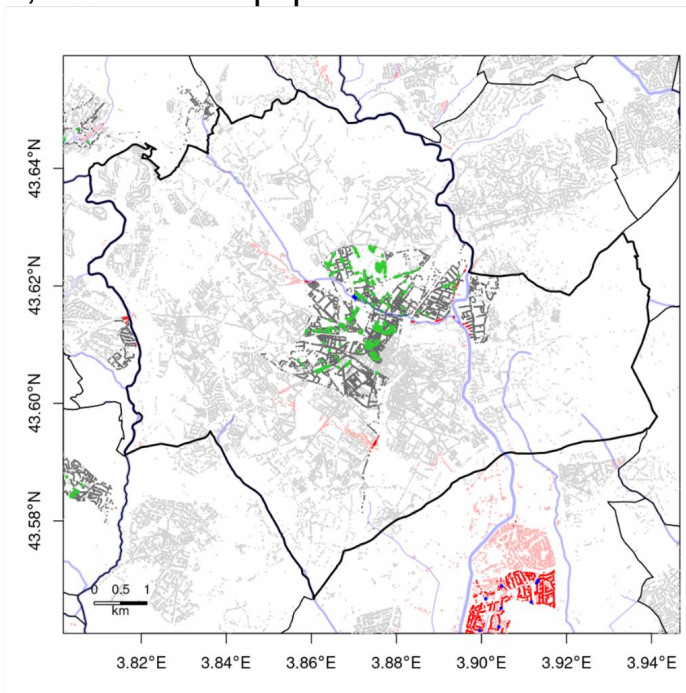
Période de retour	Évolution des surfaces de ruissellement		Évolution moyenne des débits journaliers sur le modèle pluie-débit		Évolution des surfaces de débordement	
	RCP 4.5 vs climat 2000	RCP 8.5 vs climat 2000	RCP 4.5 vs climat 2000	RCP 8.5 vs climat 2000	RCP 4.5 vs climat 2000	RCP 8.5 vs climat 2000
20 ans	+ 29 %	+ 39 %	+ 4,4 %	+ 0,9 %	+ 0,8 %	+ 3,3 %
50 ans	+ 24 %	+ 37 %	+ 5,6 %	- 0,3 %	+ 1,6 %	+ 2,0 %
100 ans	+ 19 %	+ 33 %	+ 5,8 %	+ 0,1 %	+ 1,8 %	+ 2,0 %
200 ans	+ 12 %	+ 14 %	+ 7,0 %	+ 1,6 %	+ 2,1 %	+ 1,9 %



# Suivi des adaptations

## équipements des bâtis

- 22 000 adresses observées (12 % total)
- 2,7 % avec équipement visible



## comportements



📍 Localisation :	Métropole de Montpellier
🚨 Vigilance département :	<input type="checkbox"/> Vert <input type="checkbox"/> Jaune <input checked="" type="checkbox"/> Orange <input type="checkbox"/> Rouge
⚠️ Risque local :	<input type="checkbox"/> Courant <input type="checkbox"/> Significatif <input checked="" type="checkbox"/> Sérieux <input type="checkbox"/> Majeur
🌟 Nature de l'événement :	
<input checked="" type="checkbox"/> 🌧️ Pluies & inondations	<input type="checkbox"/> 🌪️ Vents violents
<input checked="" type="checkbox"/> 🌩️ Orages localisés (LOC.)	<input type="checkbox"/> ❄️ Neige & verglas
☁️ Intensité : 50-60 mm/h	→ <input checked="" type="checkbox"/> 25 à 50 <input type="checkbox"/> 50 à 70 <input type="checkbox"/> > à 70 - mm/h
💧 Cumul : 120-150 mm/24h	→ <input type="checkbox"/> 60-120 <input checked="" type="checkbox"/> 120-170 <input type="checkbox"/> > à 170 - mm/24h
🌪️ Vent : 30 km/h ( 50 à 60 km/h en rafales généralisées)	→ <input type="checkbox"/> ≥ à 80 km/h
🏠 Vigicrues Lez :	<input type="checkbox"/> Vert <input checked="" type="checkbox"/> Jaune <input type="checkbox"/> Orange <input type="checkbox"/> Rouge



## Actions transversales

- observil & RabLEZ
  - co-observation des phénomènes hydrologiques urbains
  - antibiorésistance et impacts sanitaires des inondations ?
- Littoral & trait de côte

**en construction...**



## Un site d'étude de l'antibiorésistance environnementale au coeur de Montpellier

- ❑ **L'antibiorésistance** : une problématique de santé publique nécessitant la prise en compte de la dimension environnementale
- ❑ **La ville** : hot-spot d'émergence de l'antibiorésistance ?
- ❑ **Les crues et/ou évènements climatiques extrêmes** : hot-moments d'émergence ?





# Journée scientifique de l'OREME 2023

Réchauffement climatique : quand tous les chercheurs s'en mêlent



**OREME**

OBSERVATOIRE DE RECHERCHE  
MONTPELLIÉRAIN DE L'ENVIRONNEMENT

#OREME2023

# Réchauffement climatique : quand tous les chercheurs s'en mêlent

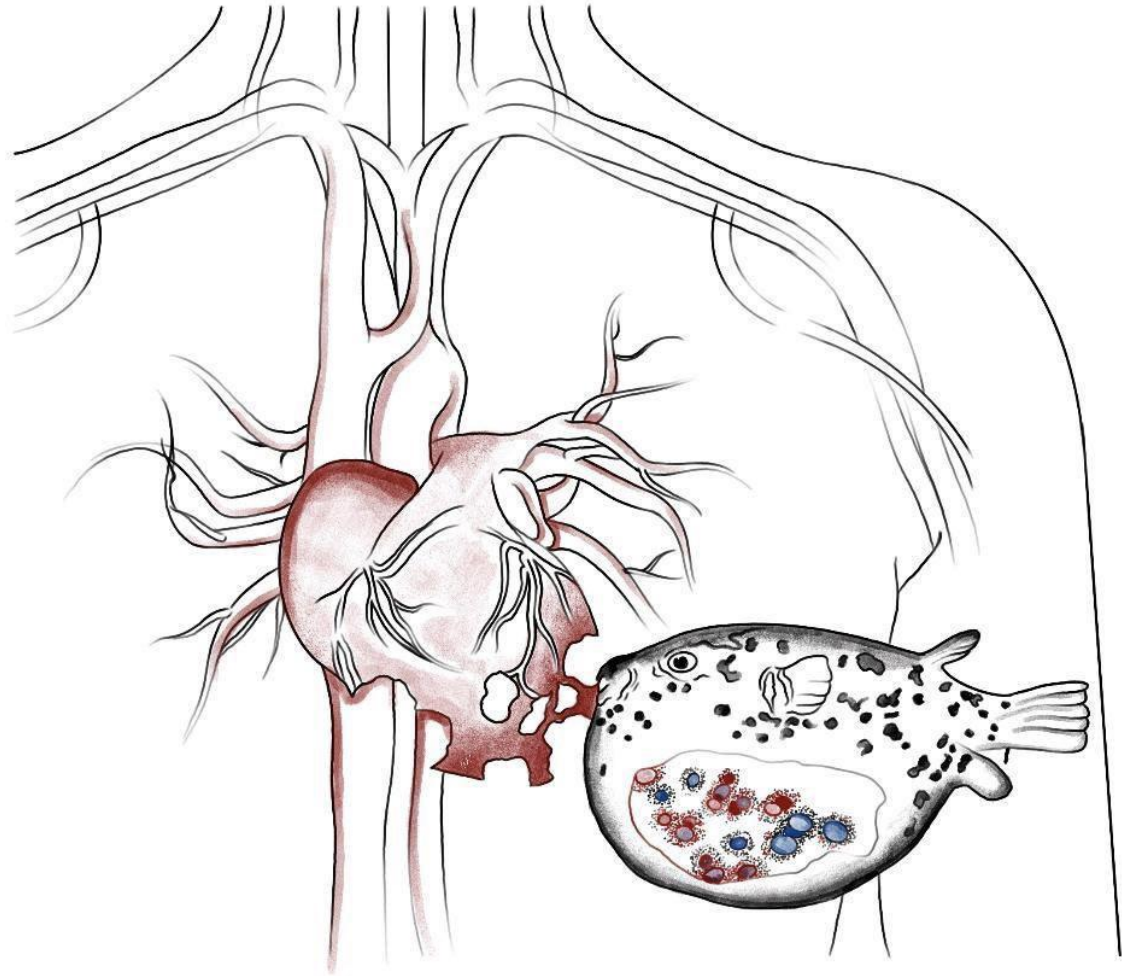


**Impact des Ciguatoxines sur la physiologie  
cardiaque et neuronale humaine**



**Hugo BENOIT**

 @hugo-benoît



# Journée scientifique de l'OREME 2023

Réchauffement climatique : quand tous les chercheurs s'en mêlent



## Table ronde

# Réchauffement climatique : quand tous les chercheurs s'en mêlent



**Serge ZAKA**

Docteur et conférencier  
en agroclimatologie

 @sergezaka



**Isabelle CHUINE**

Directrice de recherches  
CNRS

 @chuineisabelle



**Alain DUPUY**

Professeur d'Hydrogéologie  
Coordonnateur @naiadesproject

 @alain-dupuy



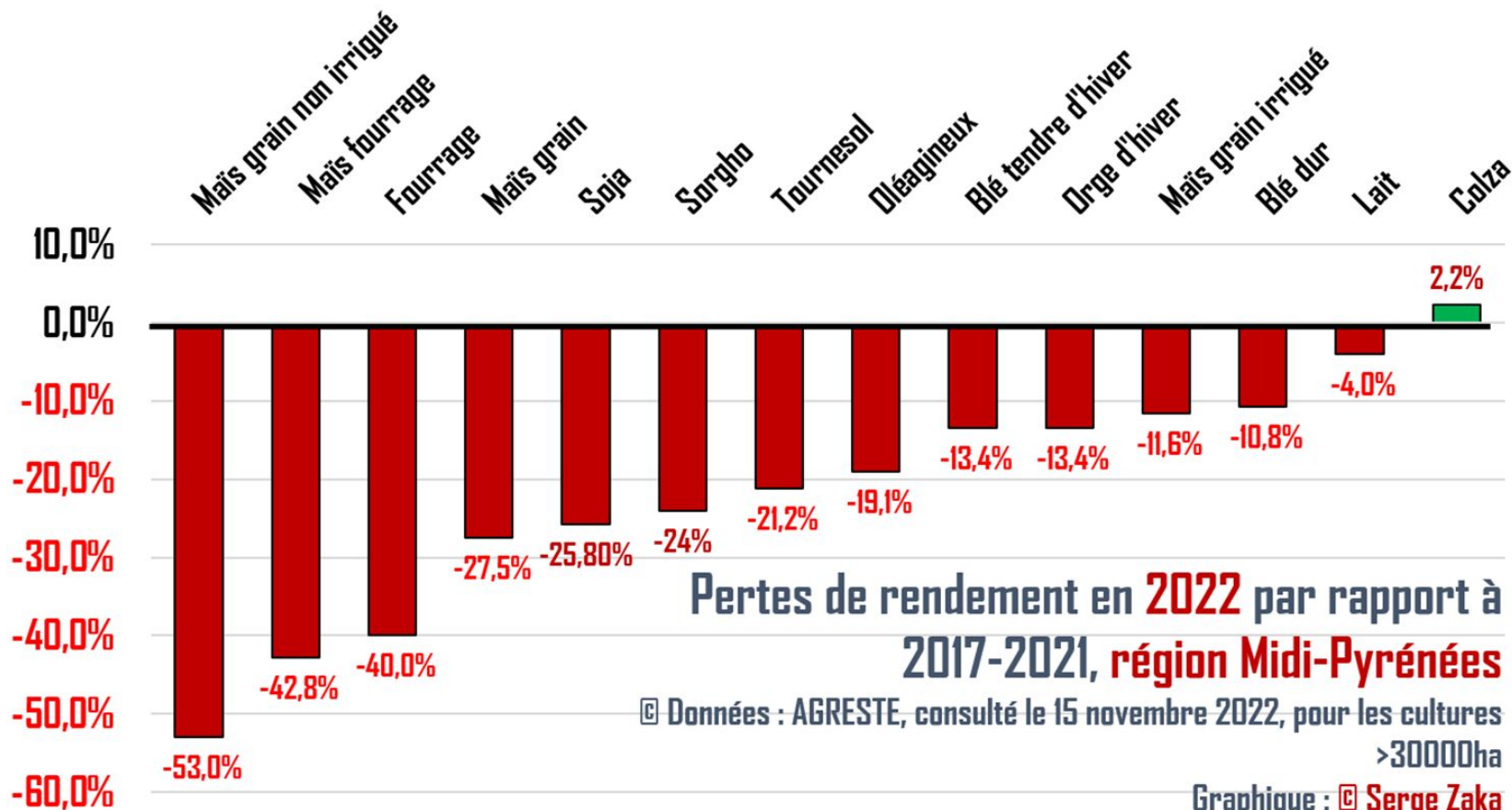
**Françoise VIMEUX**

Directrice de Recherche  
IRD, climatologue



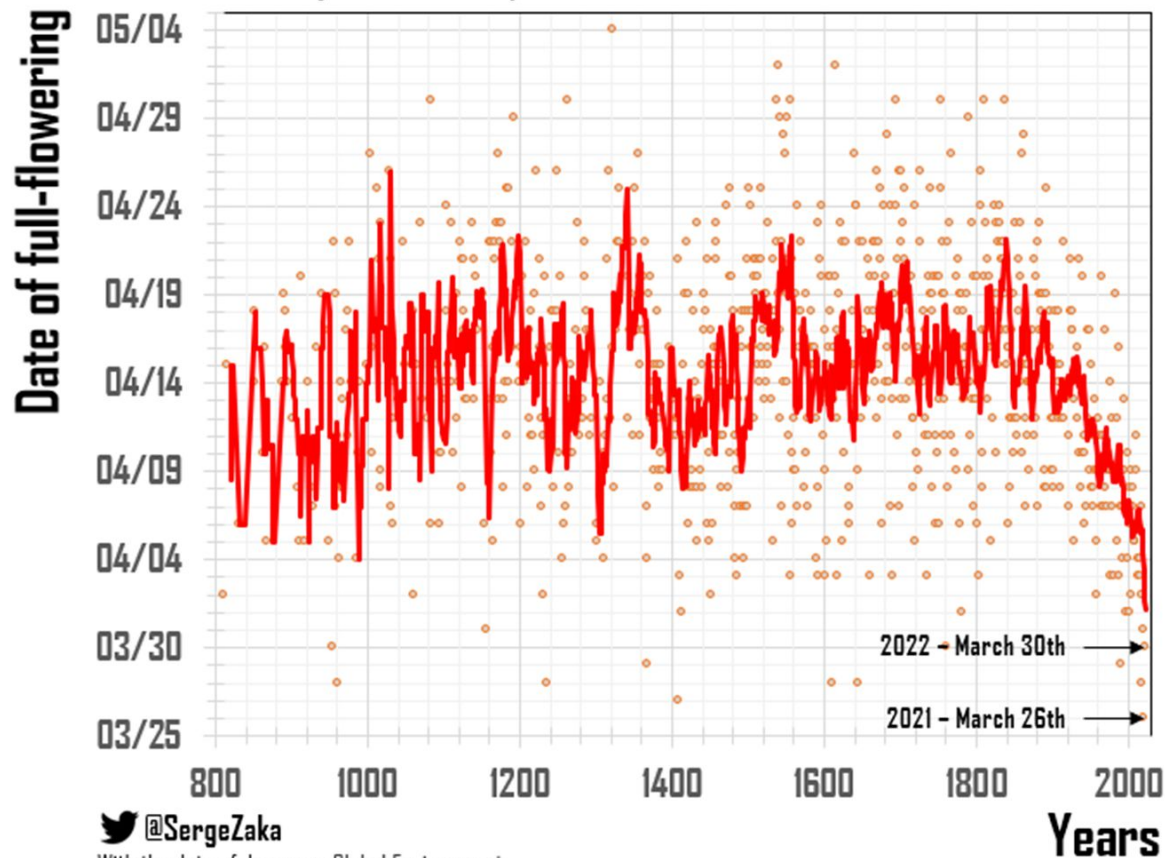
**Christophe PAUPY**

Directeur de Recherche  
IRD, entomologiste médical



# Date of full-flowering of japanese cherry

(*Prunus jamasakura*) in Kyoto since 812



@SergeZaka

With the data of Japanese Global Environment



#OREME2023

# Les changements climatiques peuvent-ils moduler le risque de transmission d'agents infectieux à transmission vectorielle?

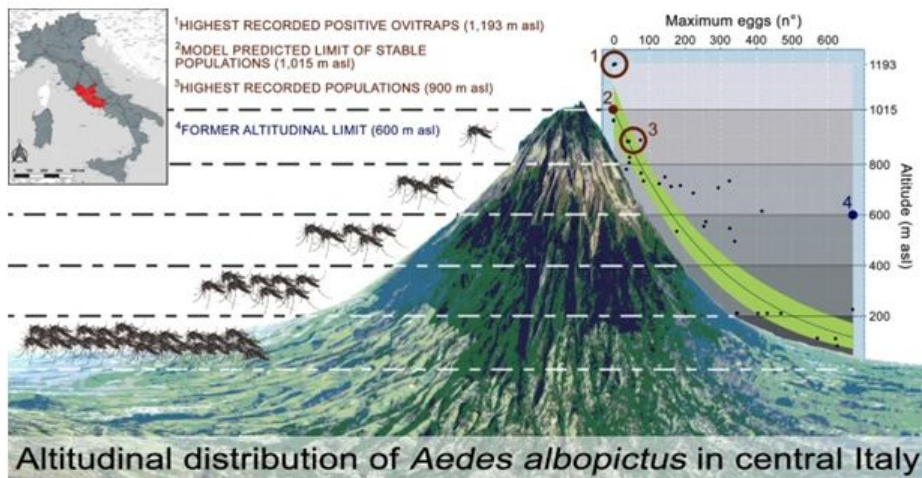
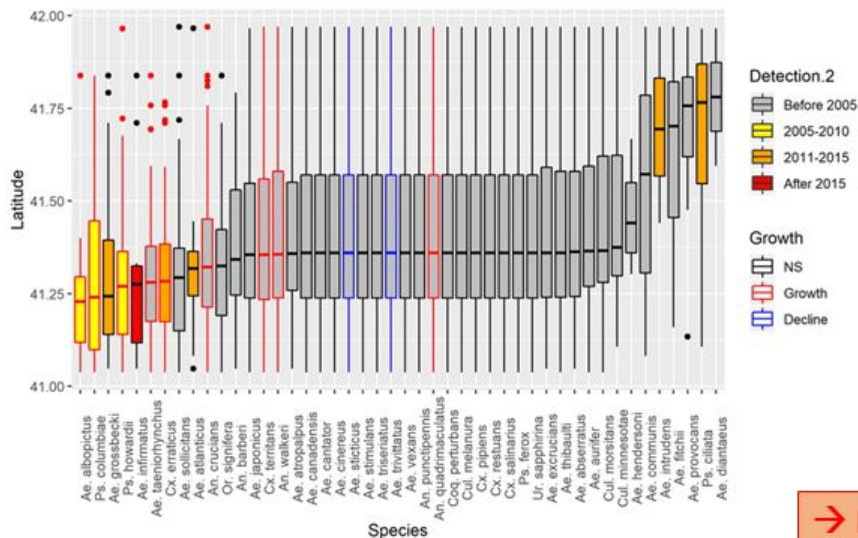
## → Modification de la répartition spatiale des vecteurs?

Le principal moteur de diffusion des **espèces invasives de moustiques** (e.g. *Aedes albopictus*, *Anopheles stephensi*) est **l'intensification des échanges commerciaux** couplée à **celle des déplacements humains**

Pendant les changements climatiques pourraient engendrer des **effets aux marges latitudinale et altitudinale**

→ Connecticut, USA, 2011-2019, augmentation de l'abondance et la richesse spécifique (Petruff et al., 2020)

→ Région de Lazio, Italie Centrale (Romiti et al., 2022)

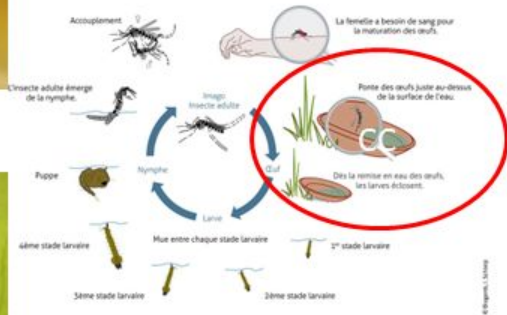


→ Modulation du risque vectoriel en latitude et en altitude

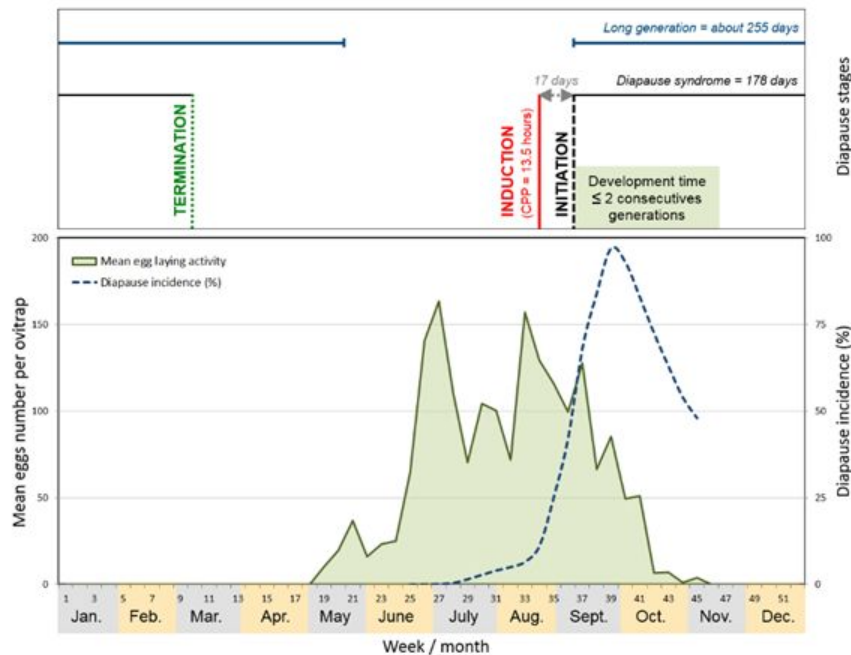


## → Modification de la répartition temporelle (saisonnière) des vecteurs?

En régions tempérées, les moustiques observent généralement une pause physiologique durant les épisodes froids (≠ stratégies: diapause des œufs, ralentissement du développement larvaire, refuge des femelles adultes en milieu intérieur et discordance gonotrophique...)



→ Des automnes et hivers plus doux pourraient modifier la période d'activité du moustique tigre en France (observations de populations non diapausantes en Italie et Espagne) et augmenter le risque vectoriel (DENV, CHIKV, ZIKAV)



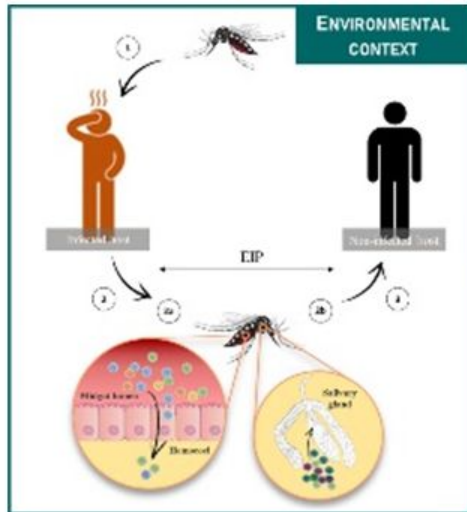
**La diapause chez *Ae. albopictus* Cagnes /Mer, Alpes maritimes (Lacour et al., 2014)**  
**Sous l'influence d'une combinaison entre la photopériode et la température**

→ Entrée: ~ 50% < 12,7 heures de jour (début septembre), ~ 100% pour [11-12 heures de jours] (début octobre)

→ Sortie: 10,5°C et > 11, 25 heures de jour

## → Modification de la capacité vectorielle?

Les facteurs climatiques modulent grandement la capacité vectorielle



Bellone & Failloux 2020

$$\text{Capacité Vectorielle} = \left( m a^2 \times p^n / -\ln p \right) \times bc \times 1/r$$

$m$  : densité de vecteurs par rapport à l'hôte vertébré

$a$  : probabilité journalière de piqûre de l'hôte par un vecteur

$p$  : probabilité journalière de survie du vecteur

$n$  : période d'incubation intrinsèque

$b$  : potentiel de transmission du moustique à l'hôte vertébré (infectiosité du vecteur)

$c$  : réceptivité de l'hôte au virus (immunité, âge, santé, etc.)

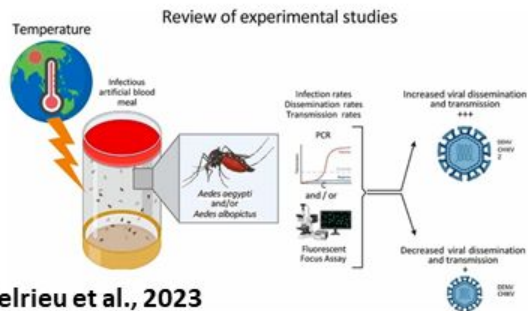
$1/r$  : période durant laquelle la virémie de l'hôte est suffisamment élevée pour infecter de nouveaux vecteurs

Facteurs sous l'influence de la Température et de la pluviométrie

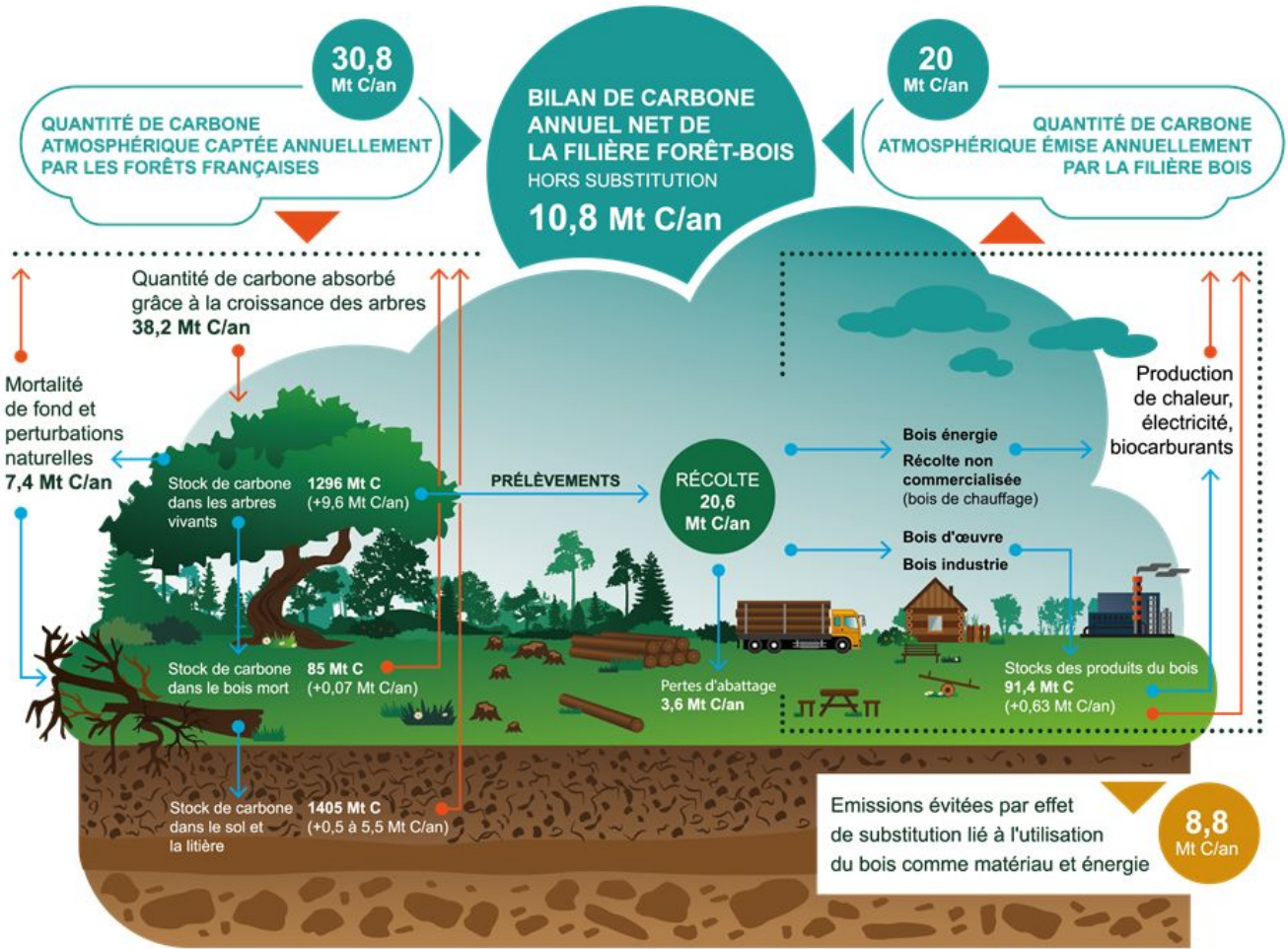
La plupart des études montrent qu'une augmentation de température augmente les taux d'infection, de dissémination et de transmission des virus de la DENV, CHIKV, ZIKAV

→ Globalement elles suggèrent qu'une augmentation de température due au réchauffement climatique pourrait altérer la compétence vectorielle des moustiques et augmenter le risque épidémique

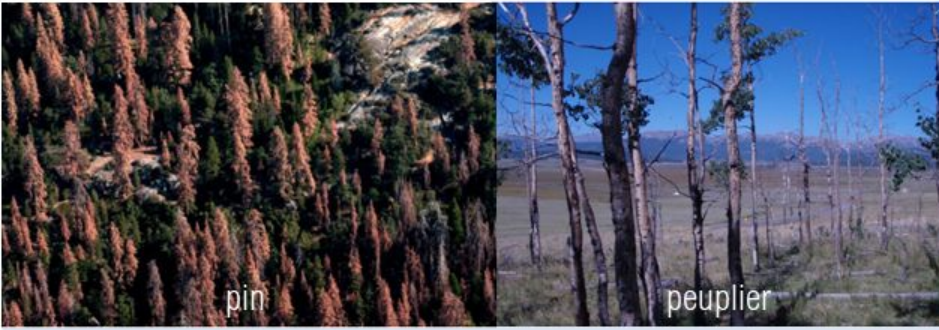
→ → Interactions complexes entre la température, le vecteur (génétique, microbiote, système immunitaire) et le pathogène: besoin de recherche



Delrieu et al., 2023



# Dépérissements forestiers



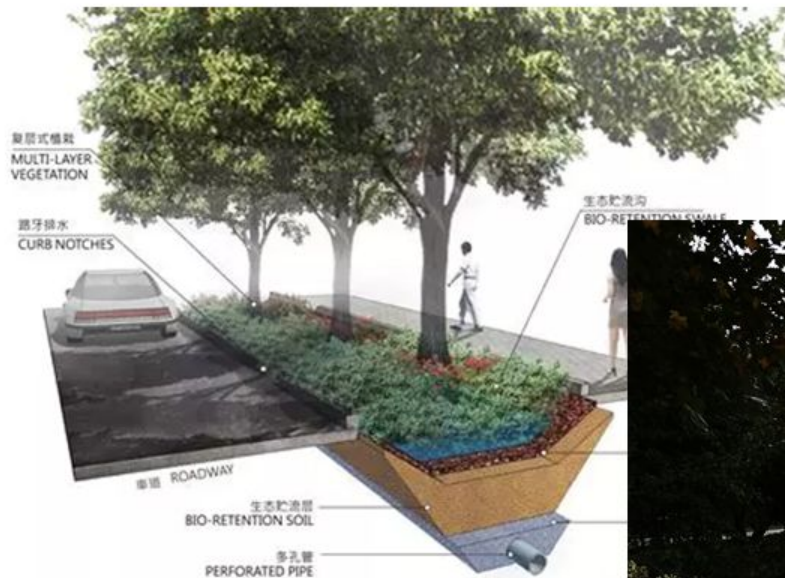
Source: GIEC 2014



# L'arbre en ville

Lutter contre les inondations

> Ruisseaux et bassins de rétention



# Journée scientifique de l'OREME 2023

Réchauffement climatique : quand tous les chercheurs s'en mêlent



UNIVERSITÉ DE  
MONTPELLIER



INRAE