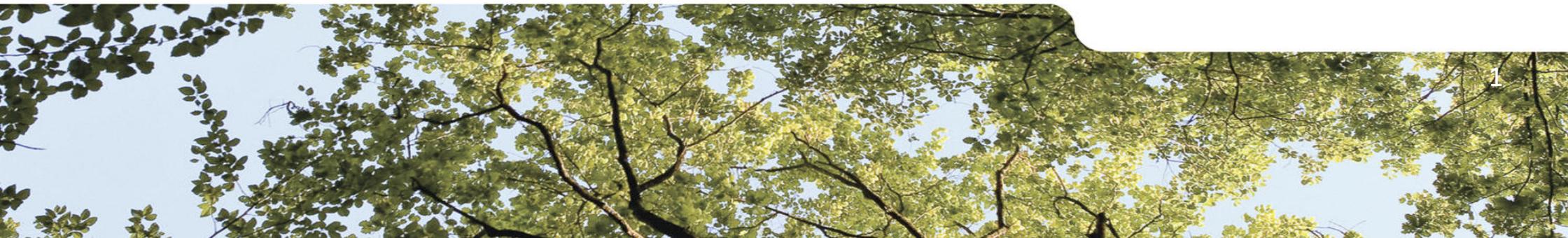




DEMAIN PREND RACINE  
— AUJOURD'HUI —

Conférence du château à Dorlisheim  
21/10/2022

LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE  
SUR LES FORÊTS DU GRAND-EST  
STRATÉGIE RETENUE PAR L'OFFICE NATIONAL DES FORÊTS



- Séquence 1 : Le système climatique et les gaz à effet de serre
- Séquence 2 : Les changements climatiques déjà visibles et les projections futures du climat
- Séquence 3 : le bilan dans le grand Est et en Europe après 3 années de sècheresses
- Séquence 4 : La stratégie proposée face au changement climatique
- Séquence 5 : Les outils de diagnostics



« Si l'ignorance de l'incertitude conduit à l'erreur, la certitude de l'incertitude conduit à la stratégie » E. Morin





DEMAIN PREND RACINE  
— AUJOURD'HUI —

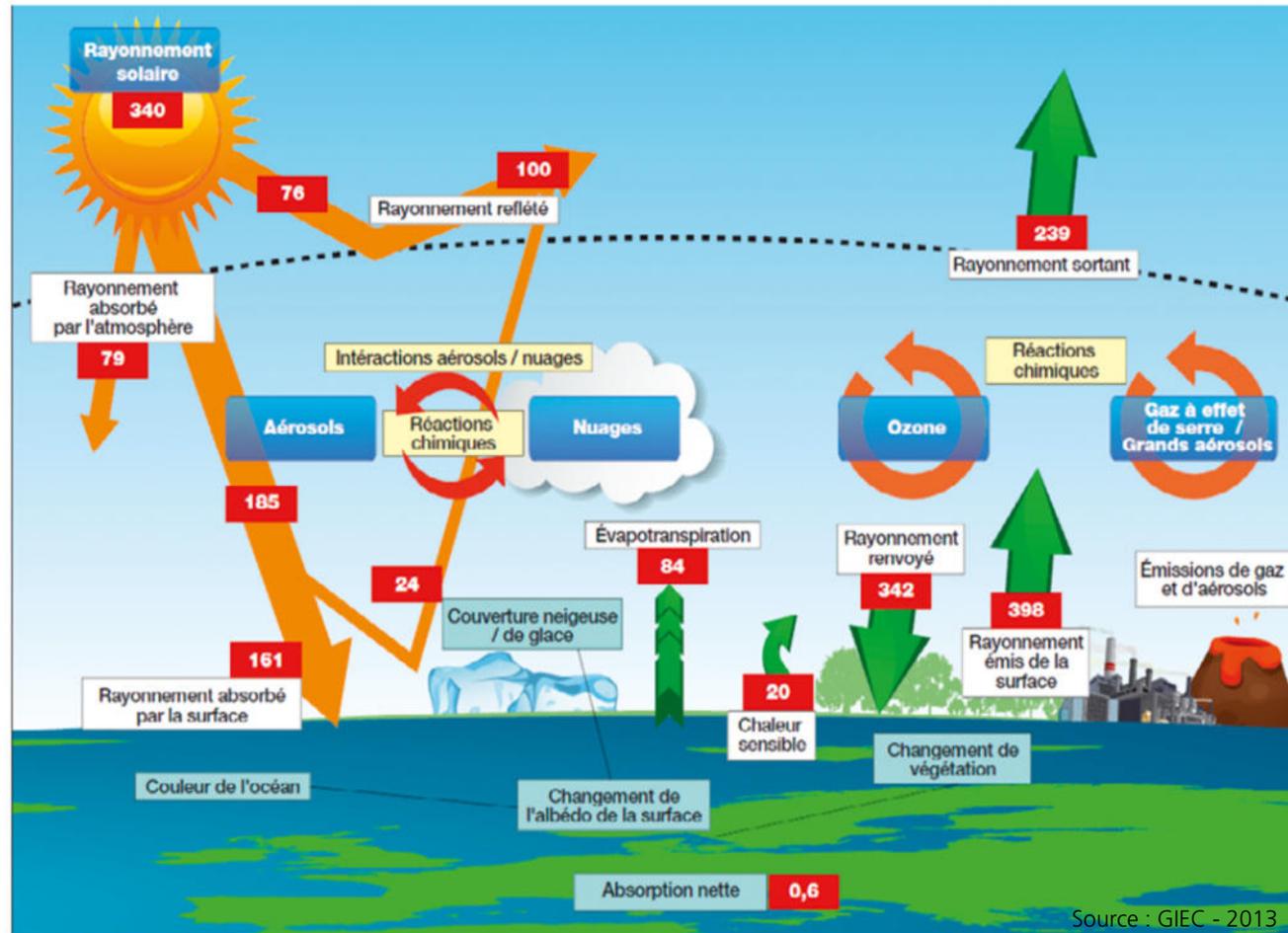
Séquence 1 :

# LE SYSTÈME CLIMATIQUE ET LES GAZ À EFFET DE SERRE

ONF – R&D L. D.

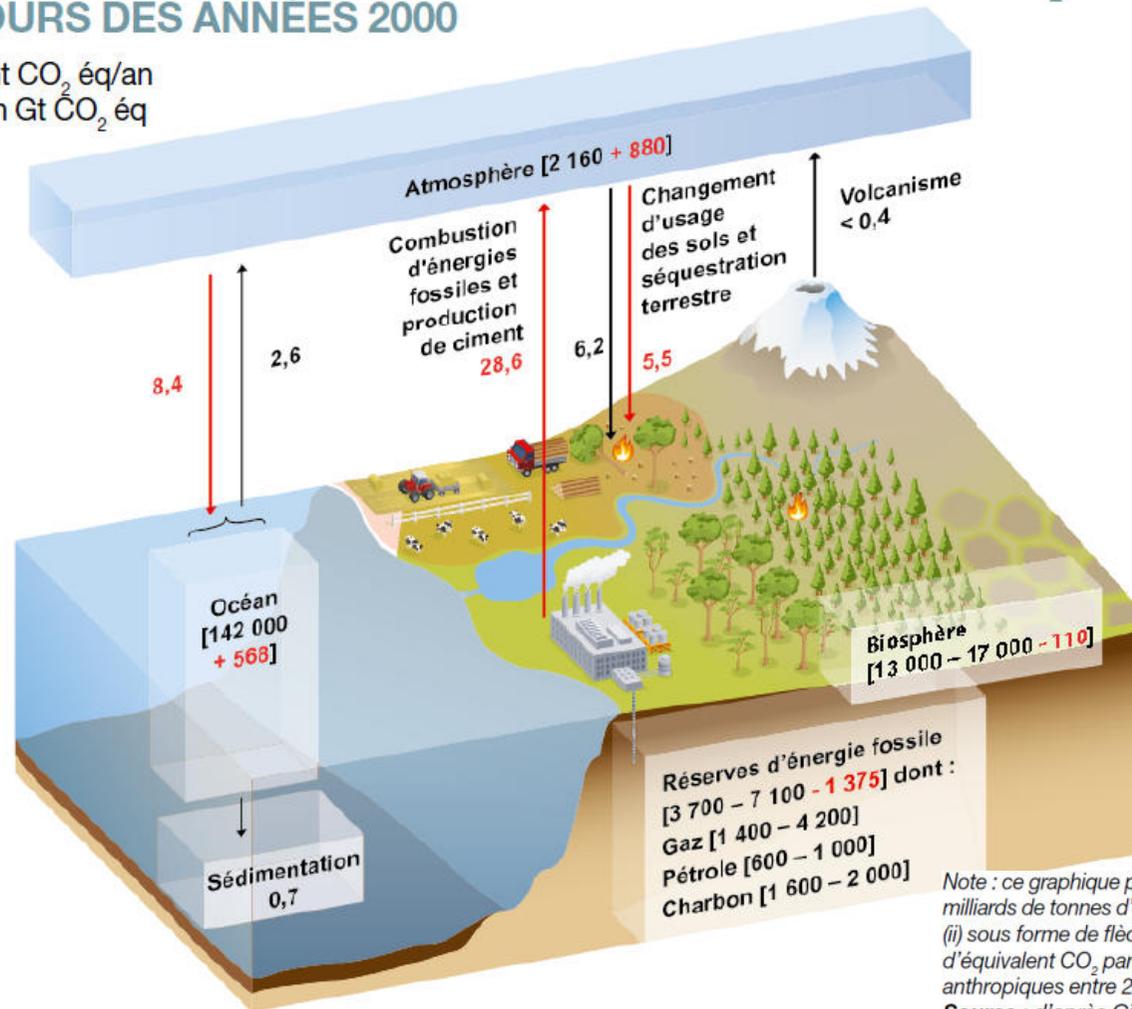
# Le climat : un système dynamique et complexe

Flux d'énergie actuels en  $W/m^2$



## RÉSERVOIRS ET FLUX DE GES : EXEMPLE DU CYCLE DU CO<sub>2</sub> AU COURS DES ANNÉES 2000

Flux en Gt CO<sub>2</sub> éq/an  
Stocks en Gt CO<sub>2</sub> éq

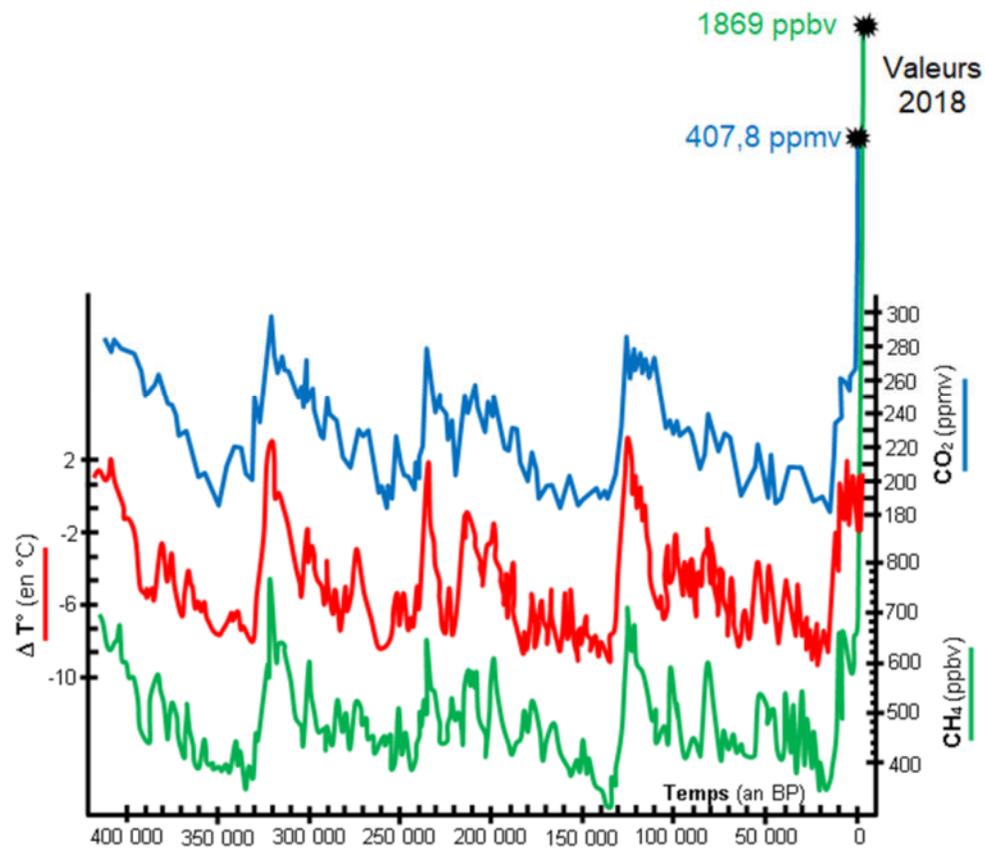


Note : ce graphique présente : (i) entre crochets, la taille des réservoirs aux temps préindustriels en milliards de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> en noir et leur variation sur la période 1750-2011 en rouge ; (ii) sous forme de flèches, les flux de carbone entre les réservoirs en milliards de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par an. Les flux préindustriels sont en noir. Ceux qui sont liés aux activités anthropiques entre 2000 et 2009 sont en rouge.

Source : d'après Giec, 1<sup>er</sup> groupe de travail, 2013

# Les gaz à effet de serre : des concentrations jamais atteintes en 400 000 ans

Données paléoclimatiques du sondage des glaces de Vostok



Source : d'après Petit et al. Nature, V.399, Juin 1999

## Les gaz à effet de serre : des effets très différents dans l'atmosphère

| Gaz                                | Durée de vie (années) | Potentiel de réchauffement global |         |         | Principales sources   |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|-----------------------|
|                                    |                       | 20 ans                            | 100 ans | 500 ans |                       |
| Dioxyde de carbone CO <sub>2</sub> | 100                   | 1                                 | 1       | 1       | Energies fossiles     |
| Méthane CH <sub>4</sub>            | 12                    | 72                                | 25      | 7,6     | Rizières - Ruminants  |
| Protoxyde d'azote N <sub>2</sub> O | 114                   | 289                               | 298     | 153     | Engrais - Agriculture |

Source : GIEC – 2007 - Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing

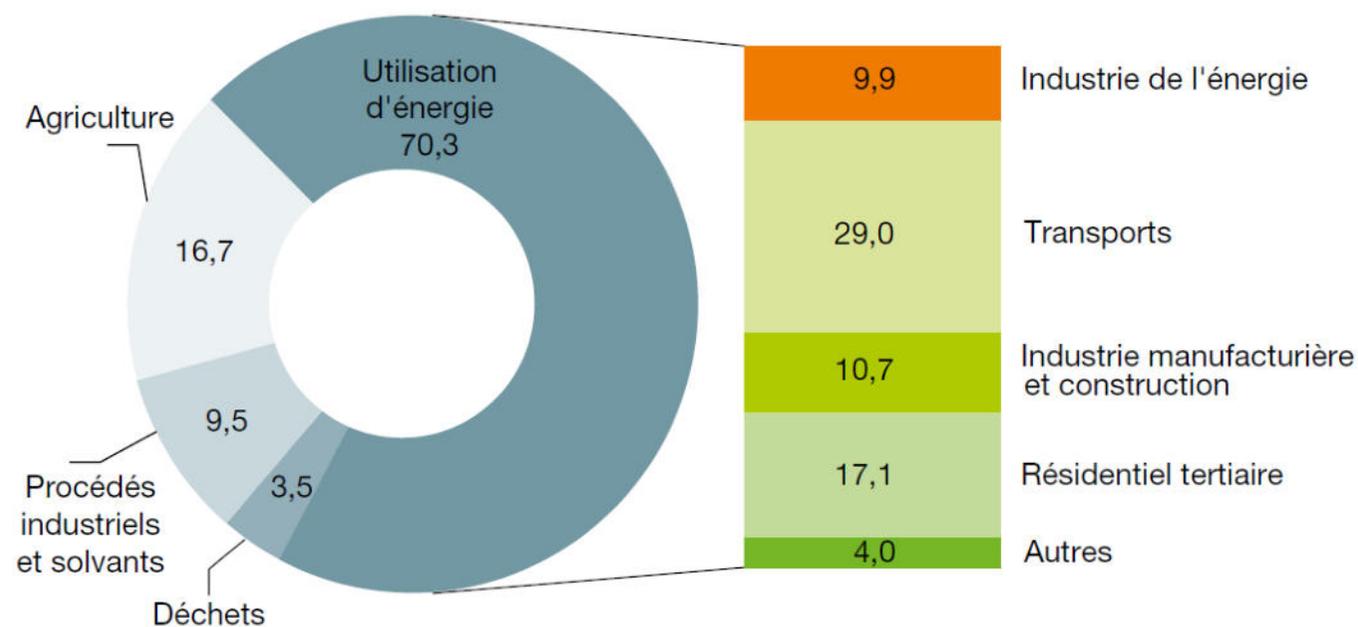
Les gaz ont des pouvoirs d'effet de serre plus ou moins importants et ont une durée de vie plus ou moins longue dans l'atmosphère

Une émission de CO<sub>2</sub> en 2020 aura toujours un effet en 2100

## Les émissions selon les secteurs

Répartition par source des émissions en gaz à effet de serre en France en 2016

En %

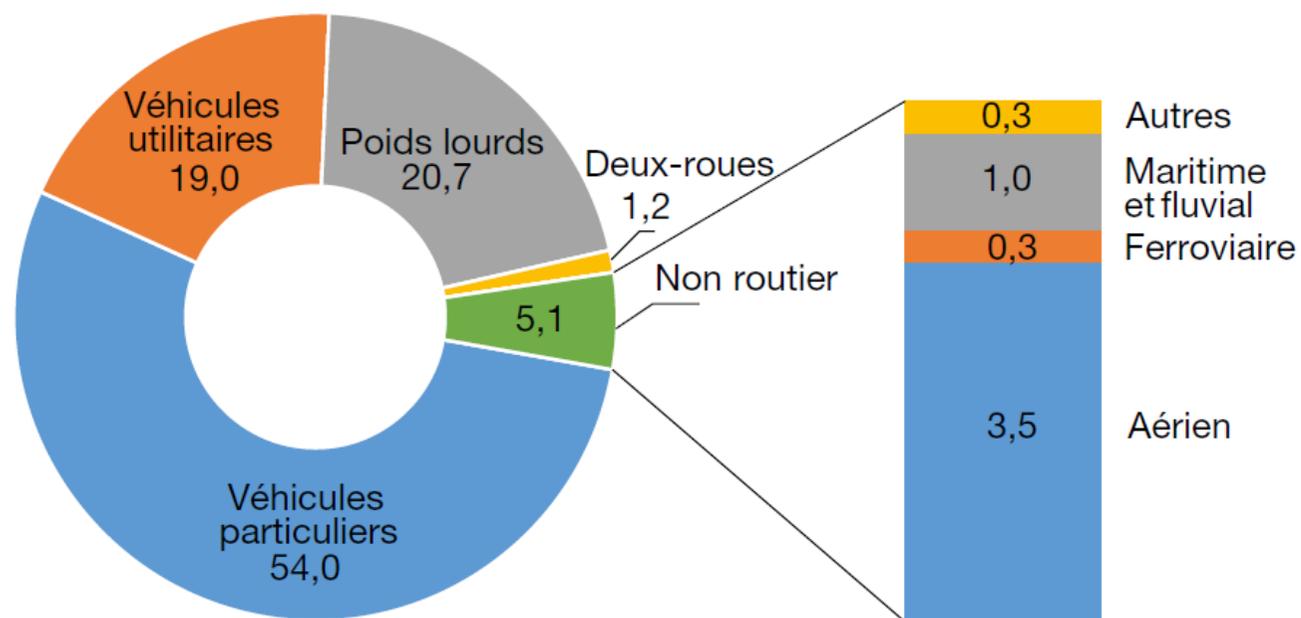


Source : AEE, 2018

## Les émissions selon les modes de transport

Emissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports en France

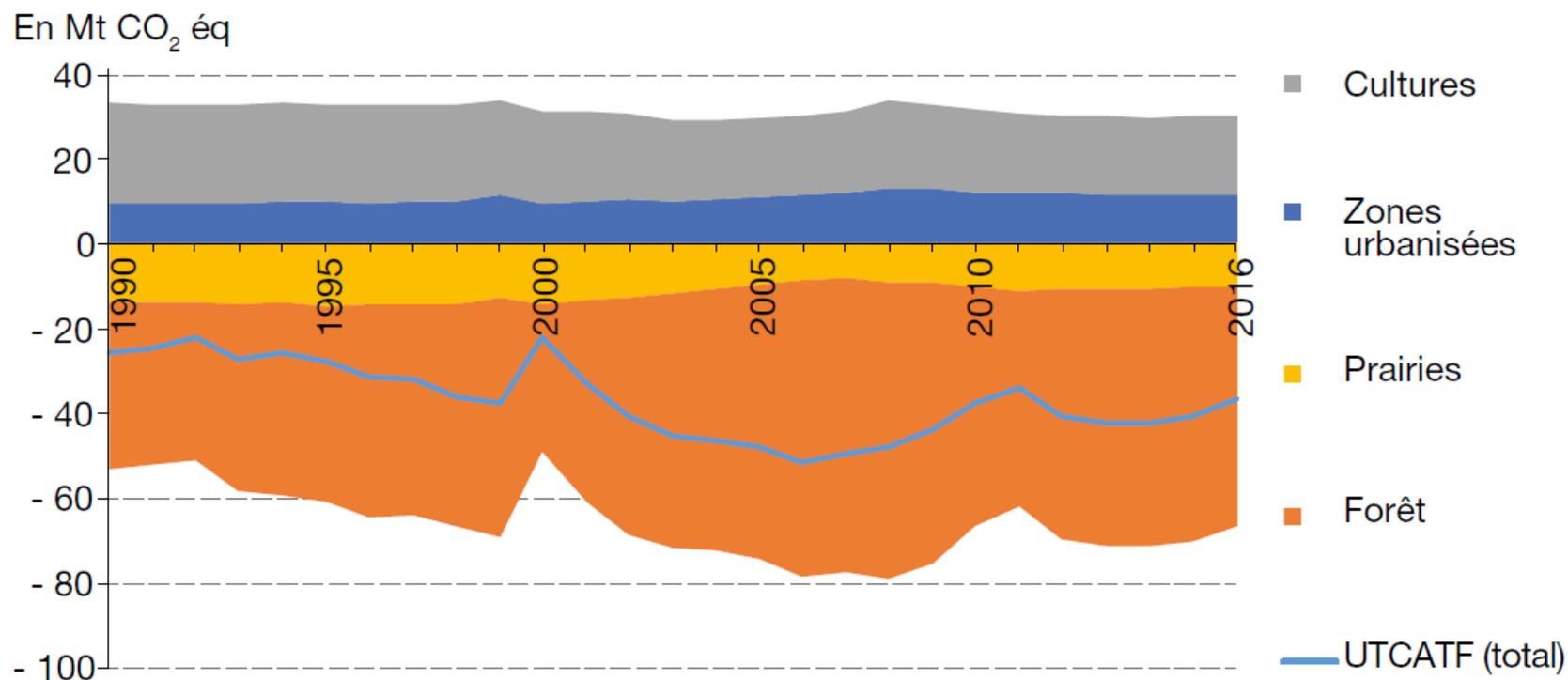
En %



Source : AEE, 2018

## L'atténuation par la forêt en France

Emissions de gaz à effet de serre dues à l'utilisation des terres et aux changements d'affectation des terres en France



Source : AEE, 2018

## Les 3 S du carbone



Séquestration

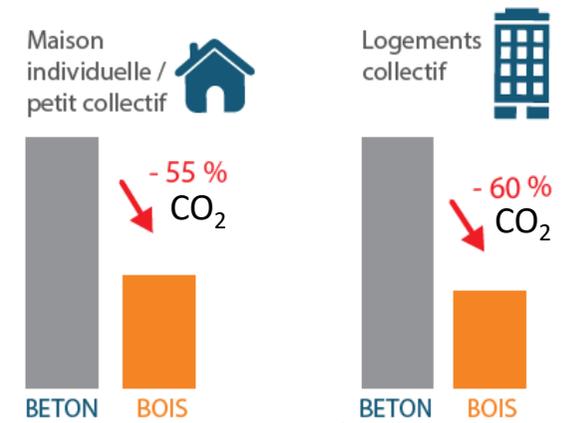


Stockage :

- ossature
- charpente
- laine de bois
- parquet
- meubles, ...



Substitution



Source : académie forêt bois

## SÉQUENCE 1 : LE SYSTÈME CLIMATIQUE ET LES GAZ À EFFET DE SERRE

### Principaux éléments à retenir :

- le système climatique est complexe
- l'effet de serre est indispensable à la vie, mais il est perturbé par les émissions d'origine humaine
- les 3 principaux **gaz à effet de serre** émis par l'homme, le dioxyde de carbone, le méthane et le protoxyde d'azote, ont une **longue durée de vie dans l'atmosphère**
- **les transports, le chauffage**, utilisant des énergies fossiles, émettent le plus de gaz à effet de serre
- **les forêts constituent le principal puits de carbone en France**
- les 3 rôles du bois dans le cycle du carbone : **séquestration, stockage et substitution**

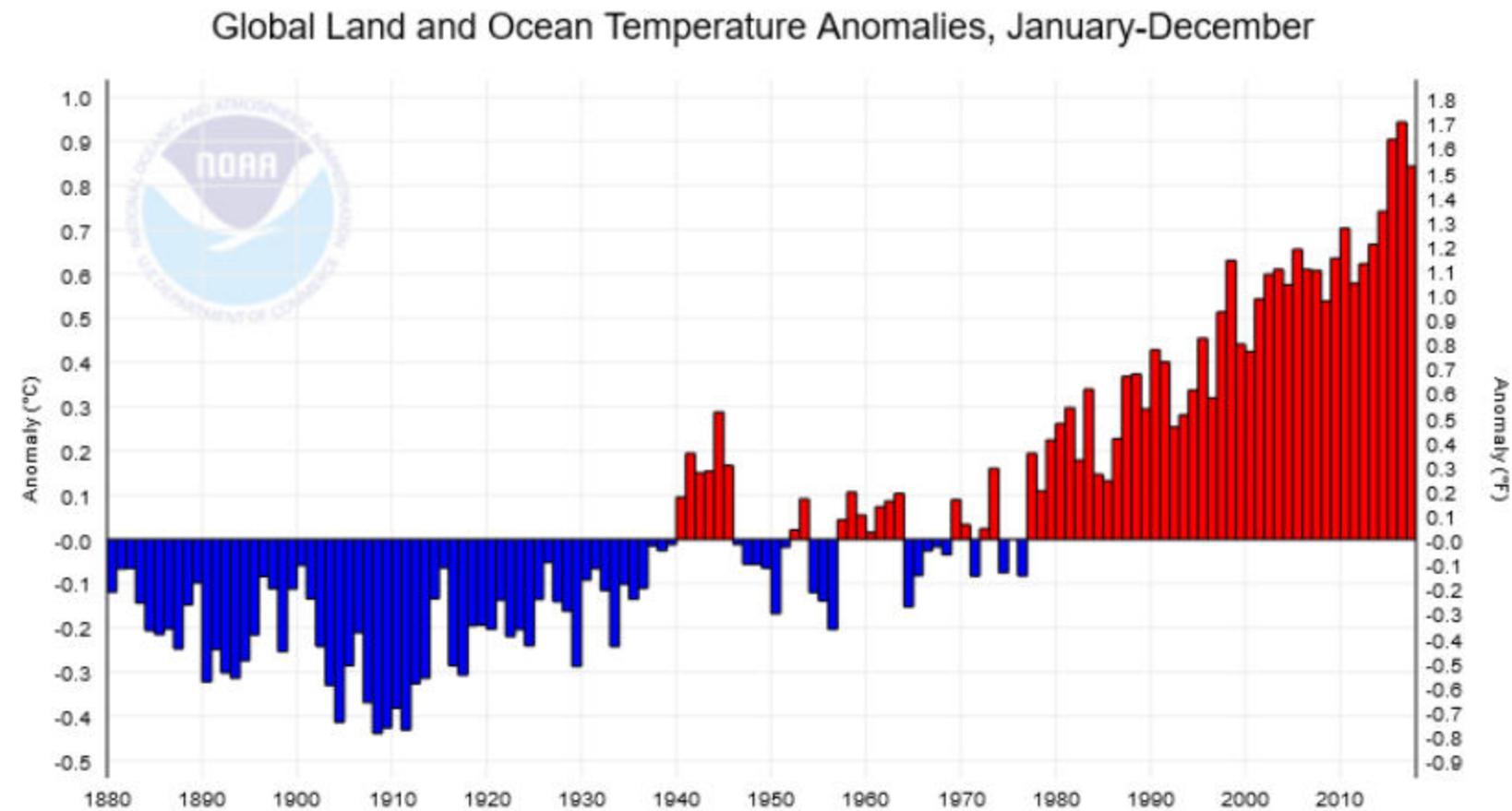
## Séquence 2 :

# LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DÉJÀ VISIBLES ET LES PROJECTIONS FUTURES DU CLIMAT

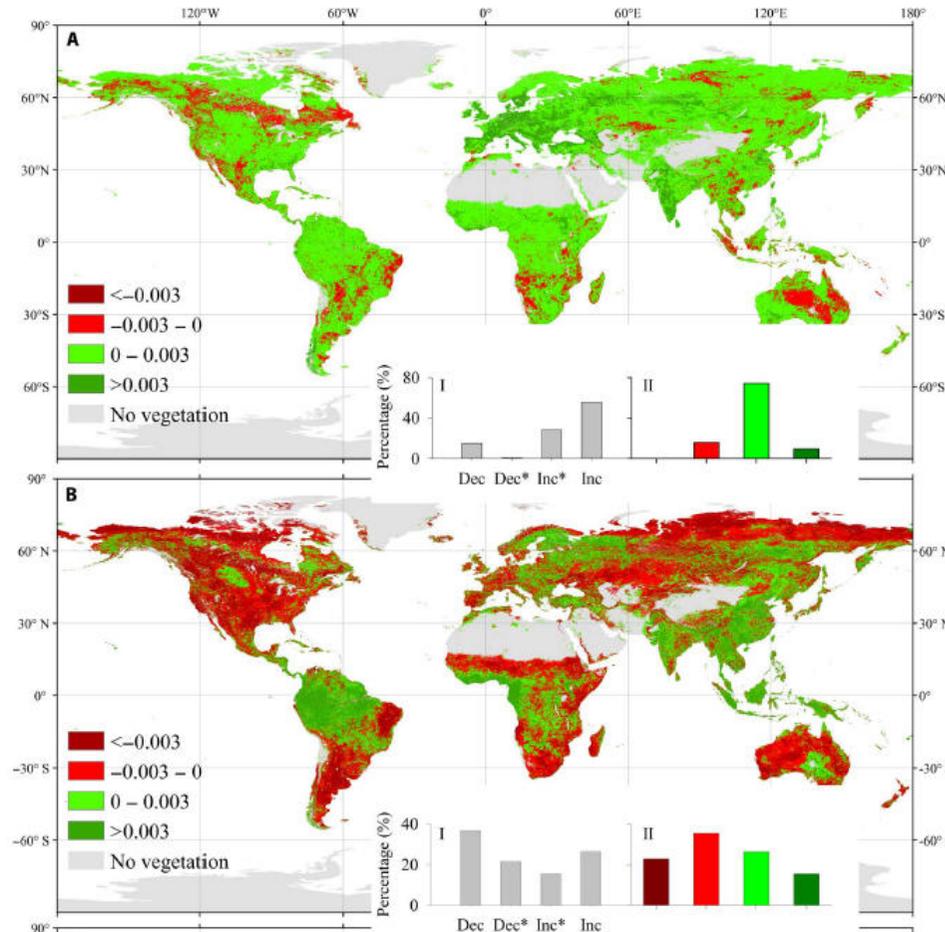
# L'impact des émissions de gaz à effet de serre sur le climat mondial actuel



## DONNÉES DU CENTRE NATIONAL DE DONNÉES CLIMATOLOGIQUES (NCDC) DE LA NOAA DE 1880 À 2020



# Baisse de la productivité des écosystèmes forestiers



L'augmentation de la température entraîne une baisse de l'humidité atmosphérique relative



Déficit de vapeur d'eau



**Si sol sec**



Fermeture des stomates



Diminution photosynthèse



Affaiblissement voire mortalité (dessèchement des feuilles, des rameaux, cavitation)

Comparaison de l'évolution de l'indice de végétation 1982-1988 (A) et 1999-2015 (B)

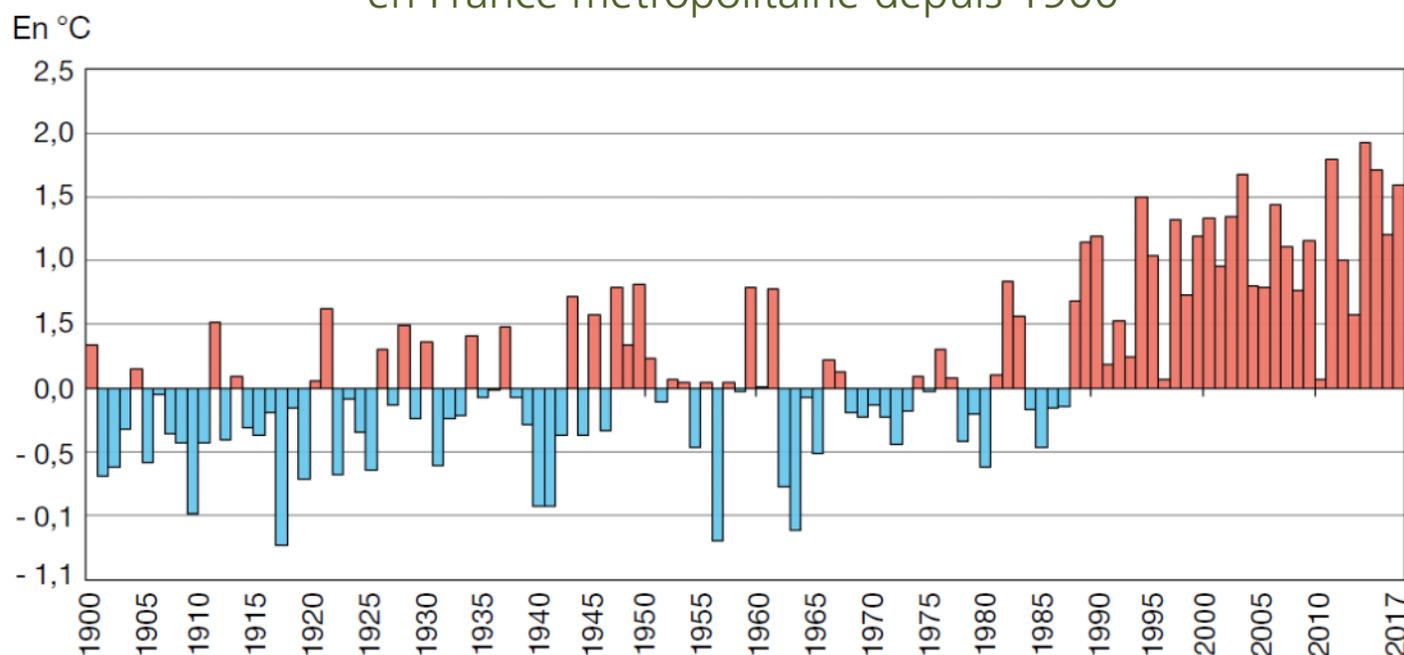
© W. Yuan et al. Science Advances 14 août 2019

## L'impact des changements climatiques aujourd'hui en France



## Augmentation de la température

Evolution de la température moyenne en France métropolitaine depuis 1900

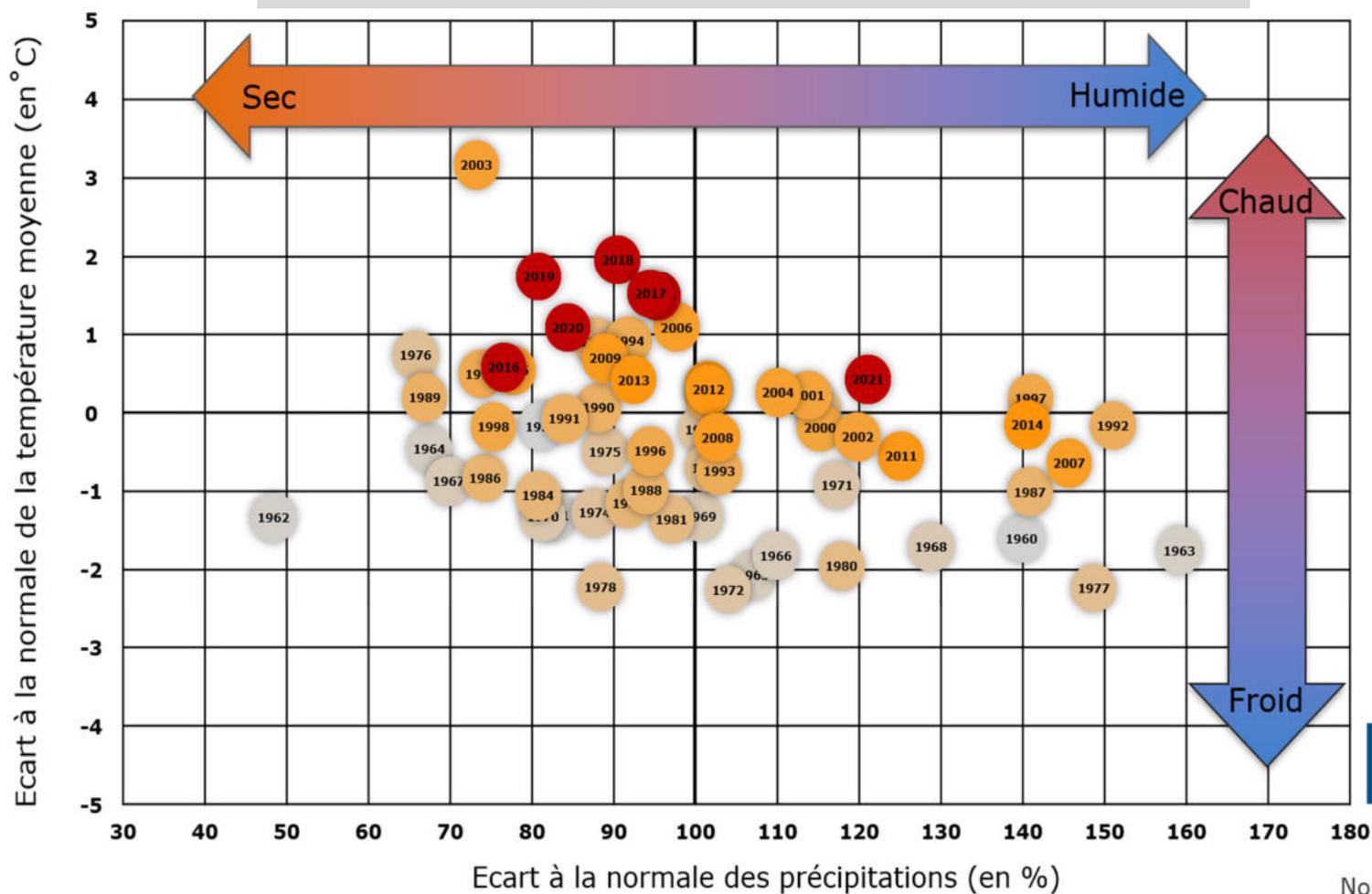


Note : l'évolution de la température moyenne annuelle est représentée sous forme d'écart de cette dernière à la moyenne observée sur la période 1961-1990 (11,8 °C).

Champ : France métropolitaine.

Source : Météo-France

### Températures et précipitations en été de 1959 à 2021



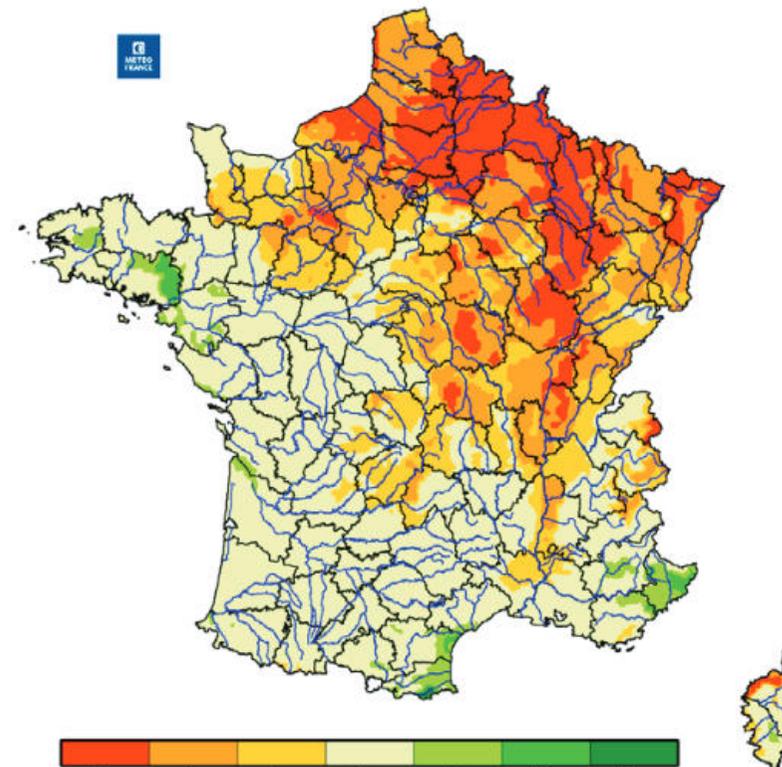
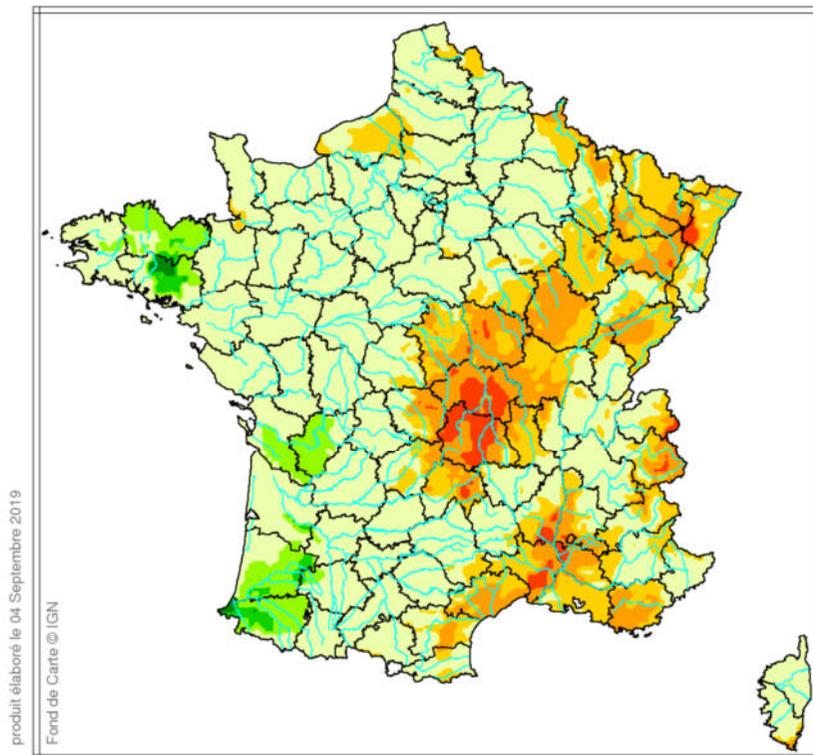
Normales calculées sur la période 1981 - 2010

# Eté 2019 et 2020 : des sols très secs dans le Grand Est

## Indicateur sécheresse des sols

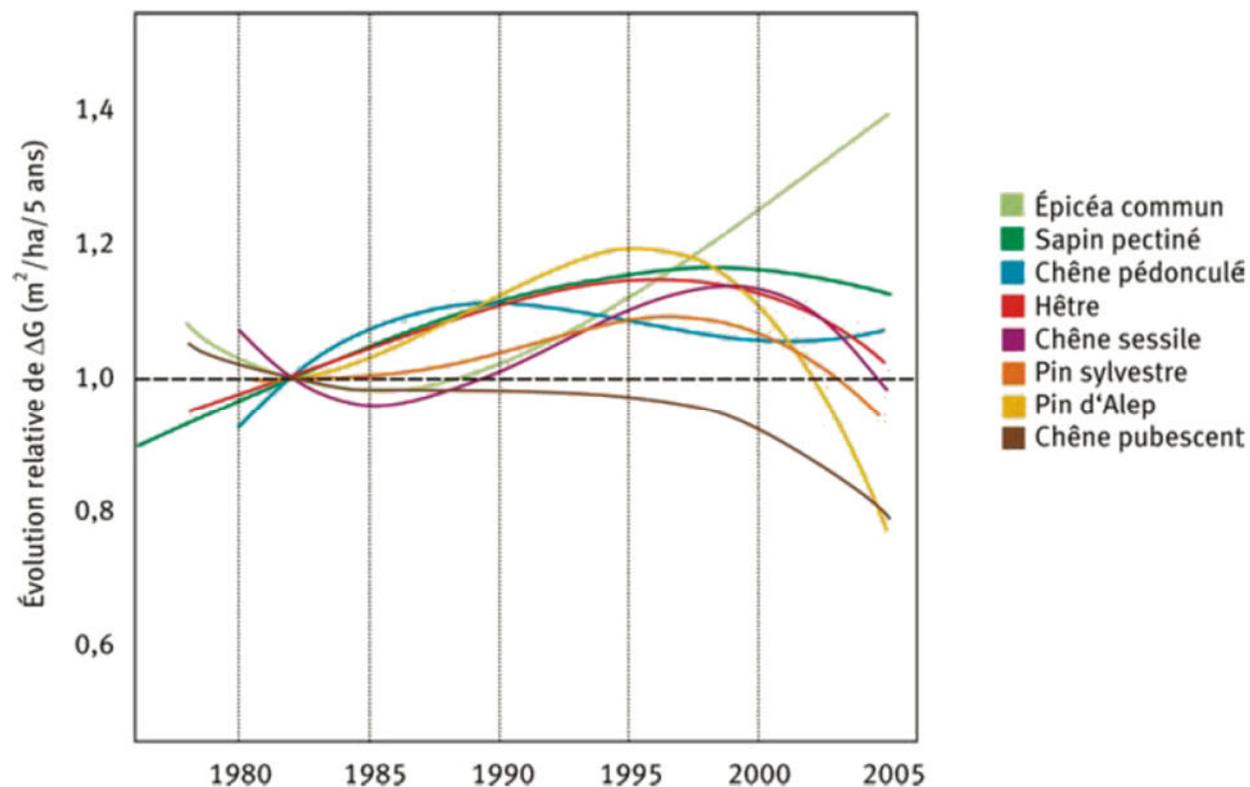
Juin à Août 2019

Juin à Août 2020



## La productivité des peuplements en baisse en France

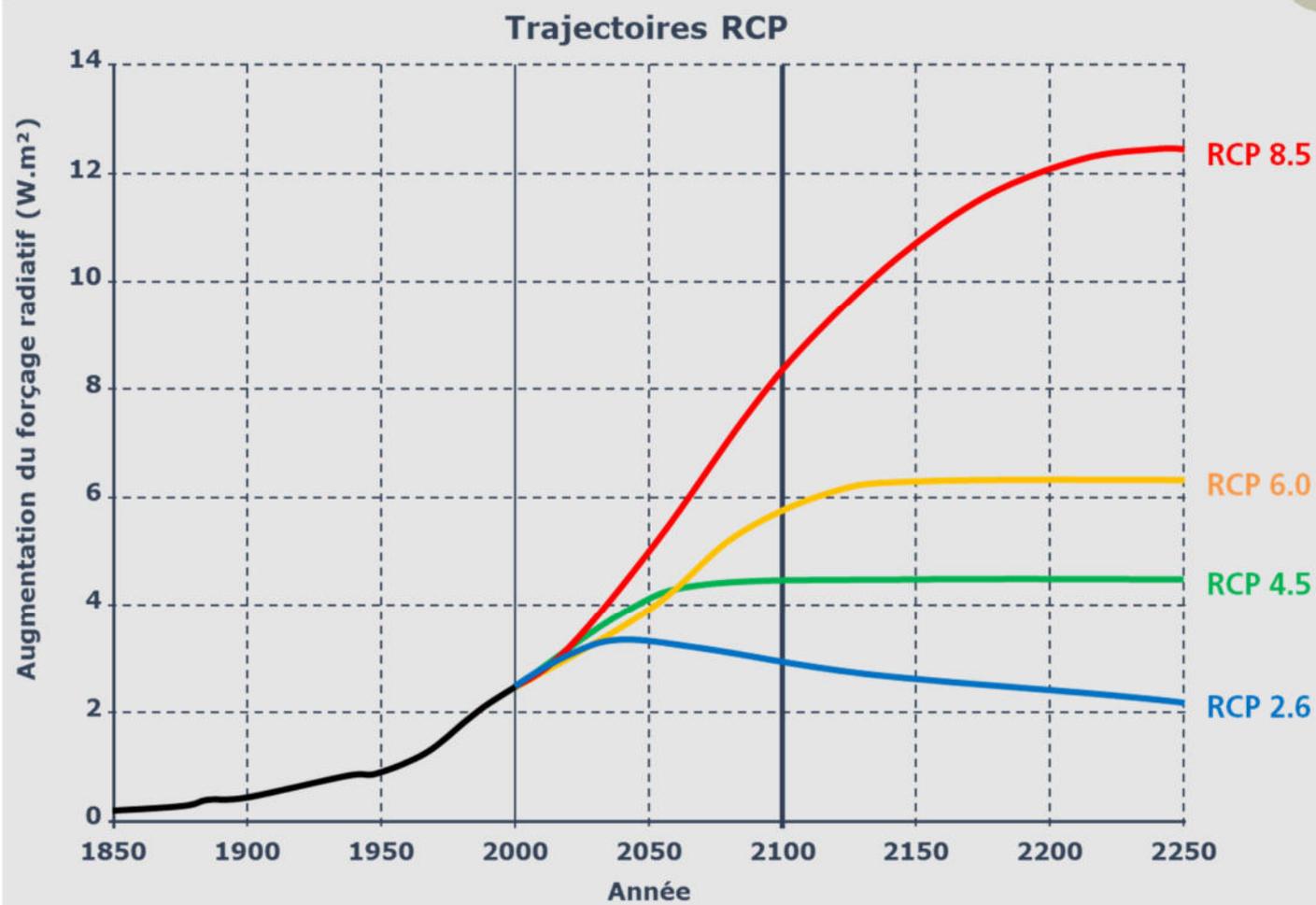
Changements de productivité observés en peuplements purs par rapport à l'année de référence 1982  
à partir des données de l'inventaire forestier national



Source : thèse Marie Charru, 2012, figure 4.15 modifiée

# Les évolutions futures du climat mondial





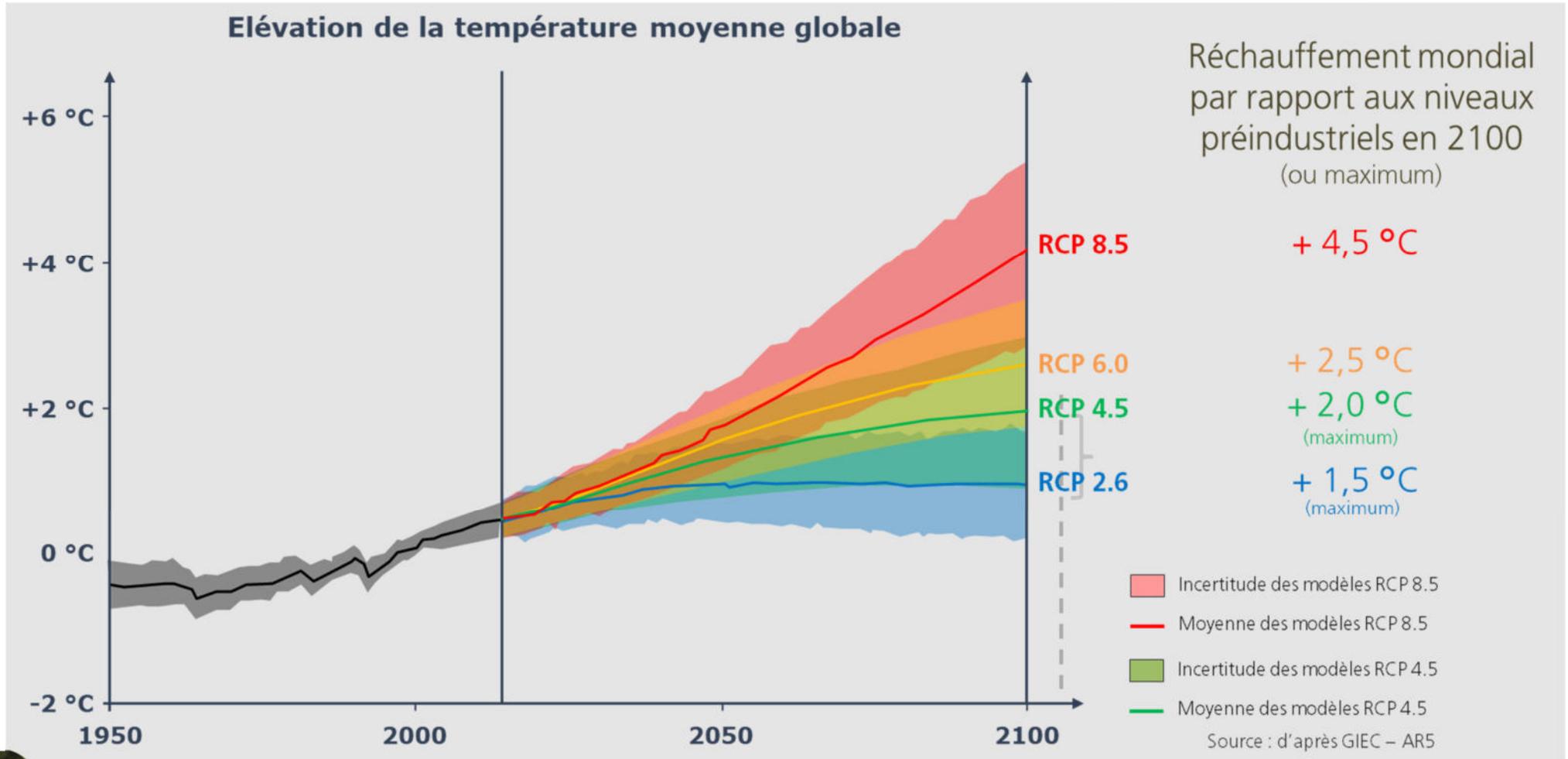
Prolongement de nos comportements actuels sans politique climatique

Politique climatique moins soutenue mais ambitieuse  
Politique climatique très ambitieuse

Respect strict, immédiat et généralisé des accords de Paris

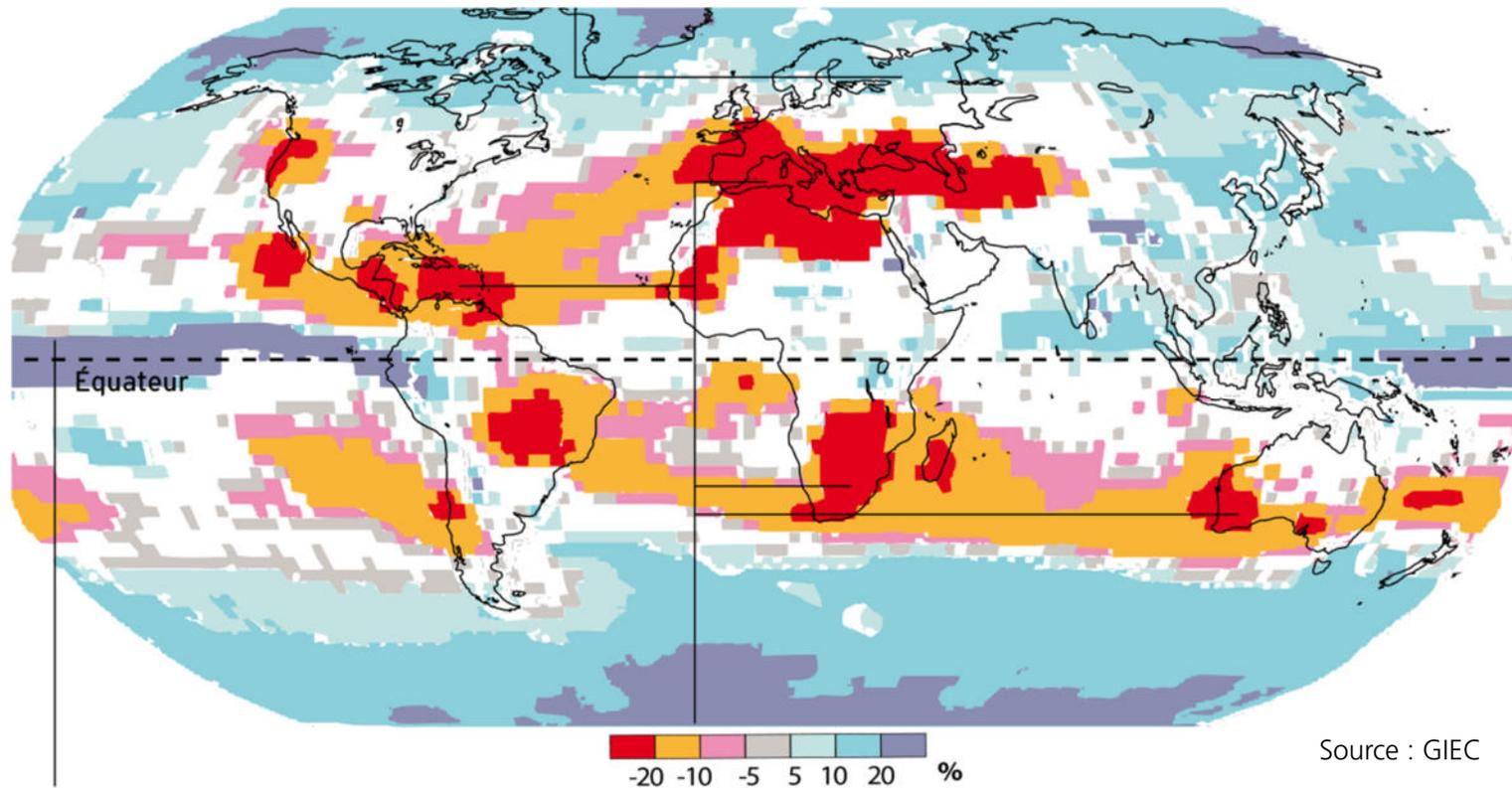
Source : d'après GIEC – AR5

# Les modèles climatiques



## Des précipitations en baisse l'été en climat tempéré

Variations des précipitations à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle par rapport à la fin du XX<sup>e</sup> siècle  
(pour les mois de juin – juillet – août)

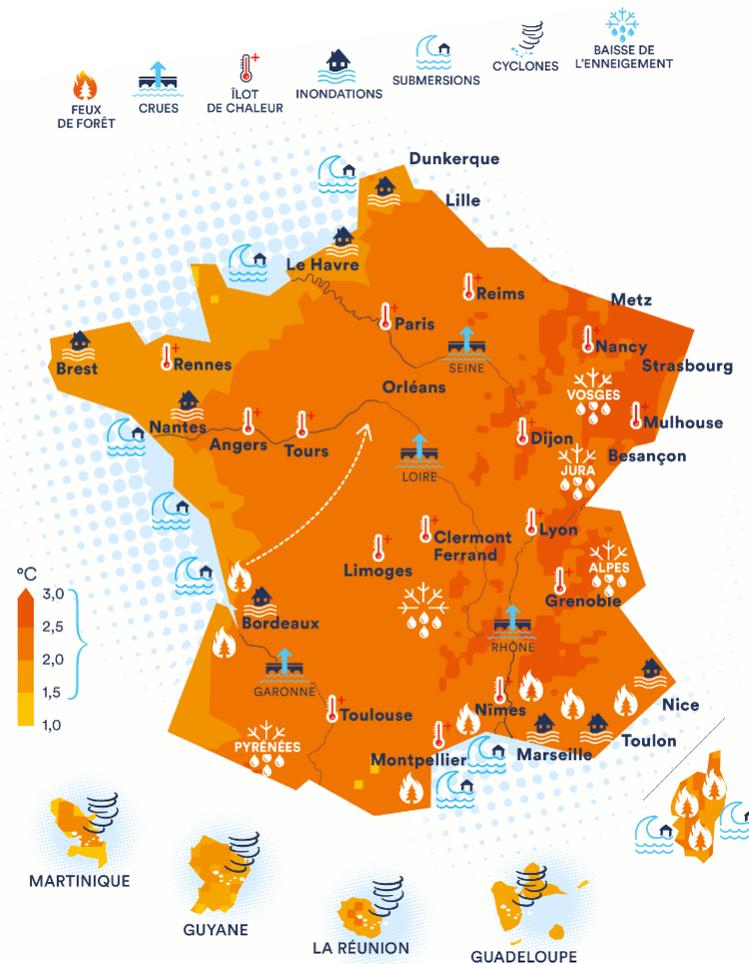


Source : GIEC

# Les évolutions futures du climat en France



# Prévisions pour 2050 : Le climat continental est le plus touché



**MONTAGNE**  
**-40 cm**  
 d'enneigement en 30 ans au col de Porte (Chartreuse, station de ski de basse altitude)  
(source : Météo-France – Onerc)

**TEMPÉRATURE**  
**+1,5°C**  
 en moyenne en France métropolitaine depuis 1900  
(source : Météo-France – Indicateur Onerc)

**FEUX DE FORÊT**  
**50 %**  
 des forêts métropolitaines soumises au risque incendie élevé dès 2050  
(source : Mission interministérielle Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts)

**MOUSTIQUE TIGRE**  
 déjà installé dans **45** départements métropolitains  
(source : ministère des Solidarités et de la Santé)

**SÉCHERESSE**  
 Un manque de **2 Mds de m<sup>3</sup>** d'eau en 2050 si la demande reste stable  
(source : Groupe de travail interministériel sur les impacts du changement climatique, l'adaptation et les coûts associés)

**CULTURES**  
 Après + de **35 ans** de croissance: stagnation des rendements (ex. : blé tendre, Pays de la Loire)  
(source : Oraclo)

Source : ONERC

SCHEMATA 18 NOVEMBRE 2019

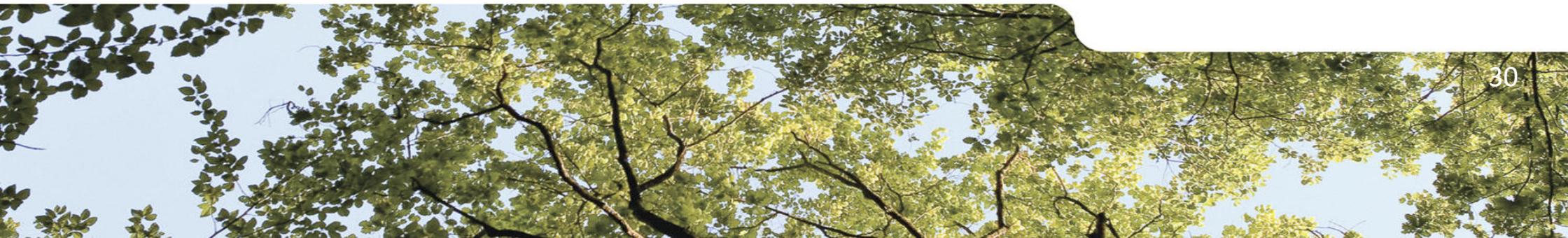
## SÉQUENCE 2 : LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DÉJÀ VISIBLES ET LES PROJECTIONS FUTURES DU CLIMAT

### Principaux éléments à retenir :

- **les émissions de gaz à effet de serre augmentent rapidement** depuis 1980
- la température moyenne augmente, **déjà d'environ +1°C depuis 1850**
- la température augmente **2 fois plus rapidement sur les continents**
- les années 2018, 2019 et 2020 ont été dures pour les forêts du Grand Est avec sécheresses et canicules
- la **productivité** des écosystèmes forestiers est en **baisse depuis les années 2000**
- les prédictions du climat dépendent des choix de société et des modèles, avec leurs incertitudes
- le climat futur en France sera **plus chaud**, avec un **manque d'eau en saison de végétation**

## Séquence 3 :

# LE BILAN DANS LE GRAND-EST ET EN EUROPE APRÈS 3 ANNÉES DE SÈCHERESSES

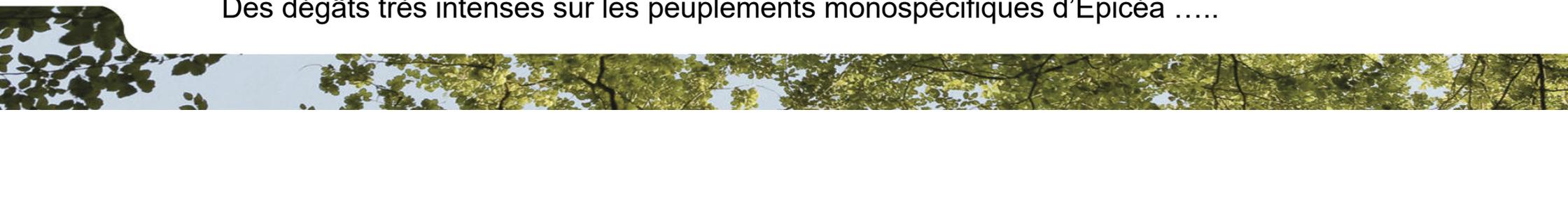


En Argonne (51)



*crédit photo : Sylvain Gaudin/CNPF*

Des dégâts très intenses sur les peuplements monospécifiques d'Epicéa .....





*Dans les Vosges (68 et 67)*



Mais aussi dans les peuplements mélangés ....

*crédit photos : Roland Drexler – Gilles Sauvestre/ONF*

*Mortalité sur feuillus en Lorraine (57)*

Les essences  
feuillues ne sont pas  
épargnées.....

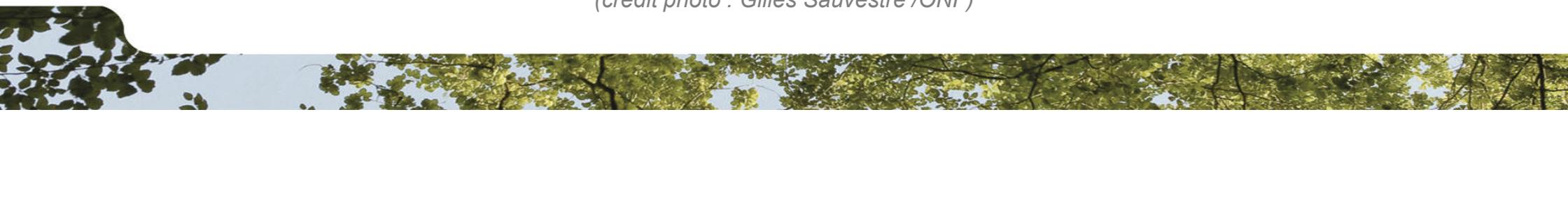


*Photo : © Hubert Schmuck / ONF 8630-DSF*

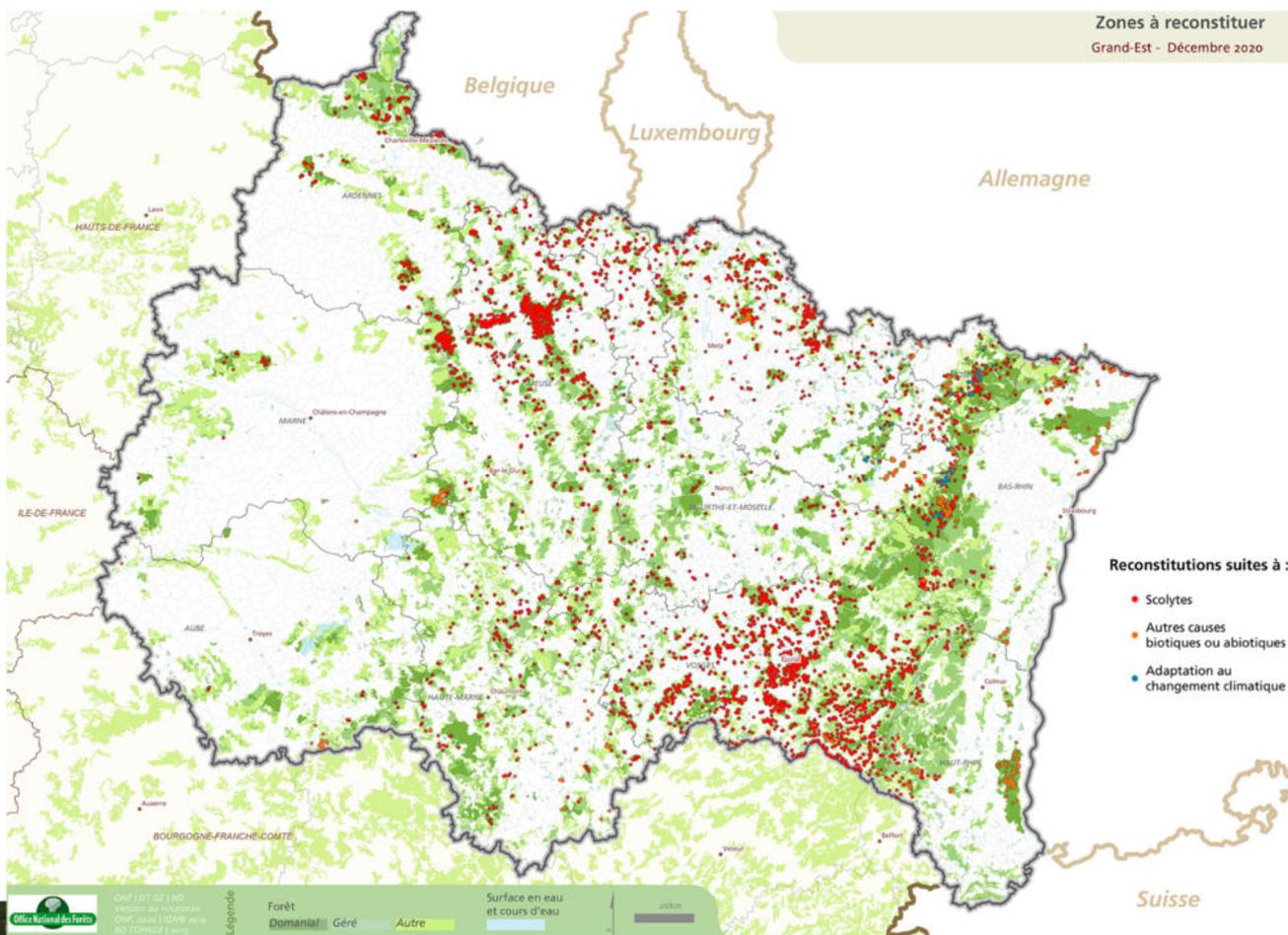
## Les feuillus plus affectés qu'il n'y paraît



Dégradation du bois : hêtre dépérissant  
(*crédit photo : Gilles Sauvestre /ONF*)

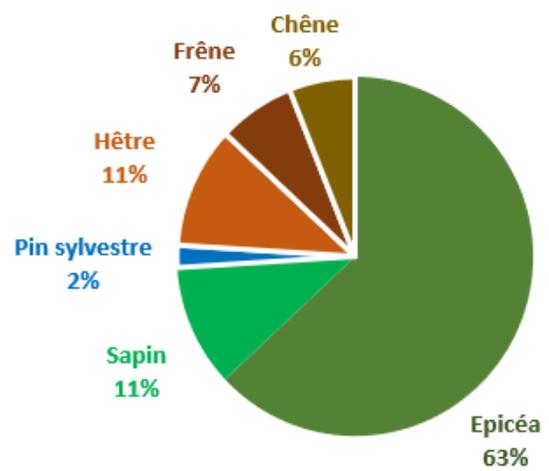


■ 7 500 ha de forêts communales à reconstituer en Grand Est

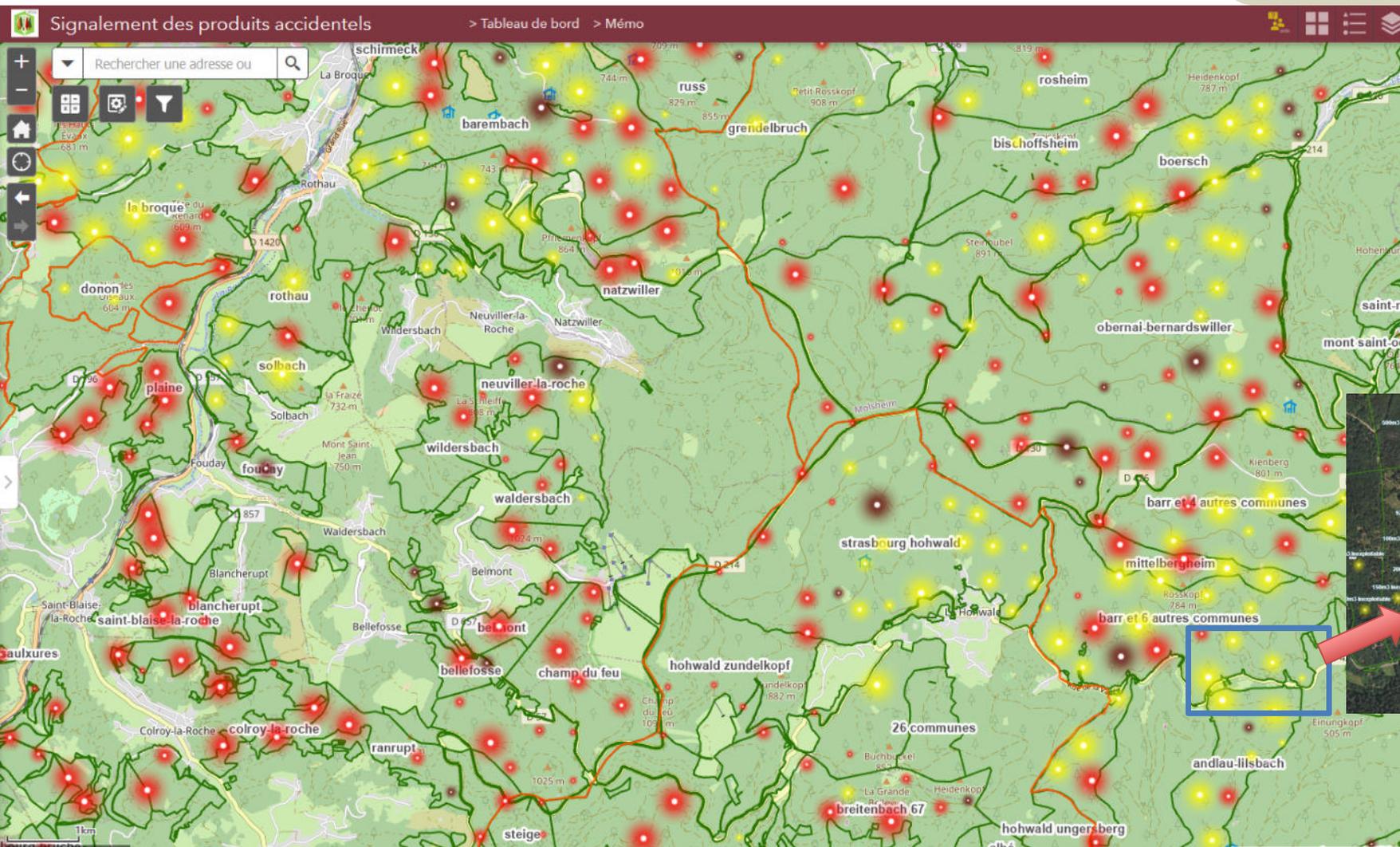


Env. 10 millions de m3 récoltés

Principales essences impactées



# LES CRISES FORESTIÈRES DANS LE GRAND EST



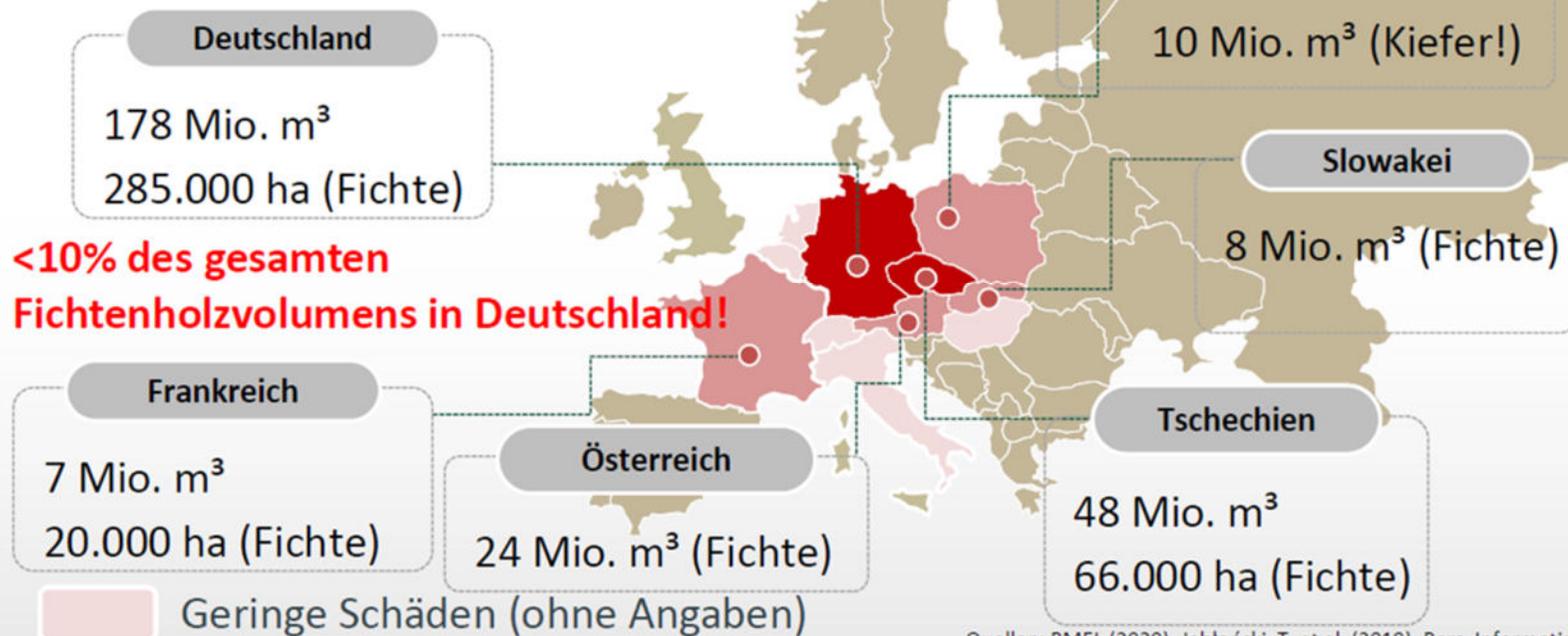
Agence de Schirmeck :  
750 ha à reconstituer  
ou à diversifier



## Waldschäden in Mitteleuropa 2018-20 (hauptsächlich betroffene Baumart)

Insgesamt ca. 250 - 300 Mio. m<sup>3</sup> Schadholz  
2018-20

<5% des gesamten  
Fichtenholzvolumens in Mitteleuropa!



## SÉQUENCE 3 : LE BILAN DANS LE GRAND EST ET EN EUROPE APRÈS 3 ANNÉES DE SÈCHERESSES

### Principaux éléments à retenir :

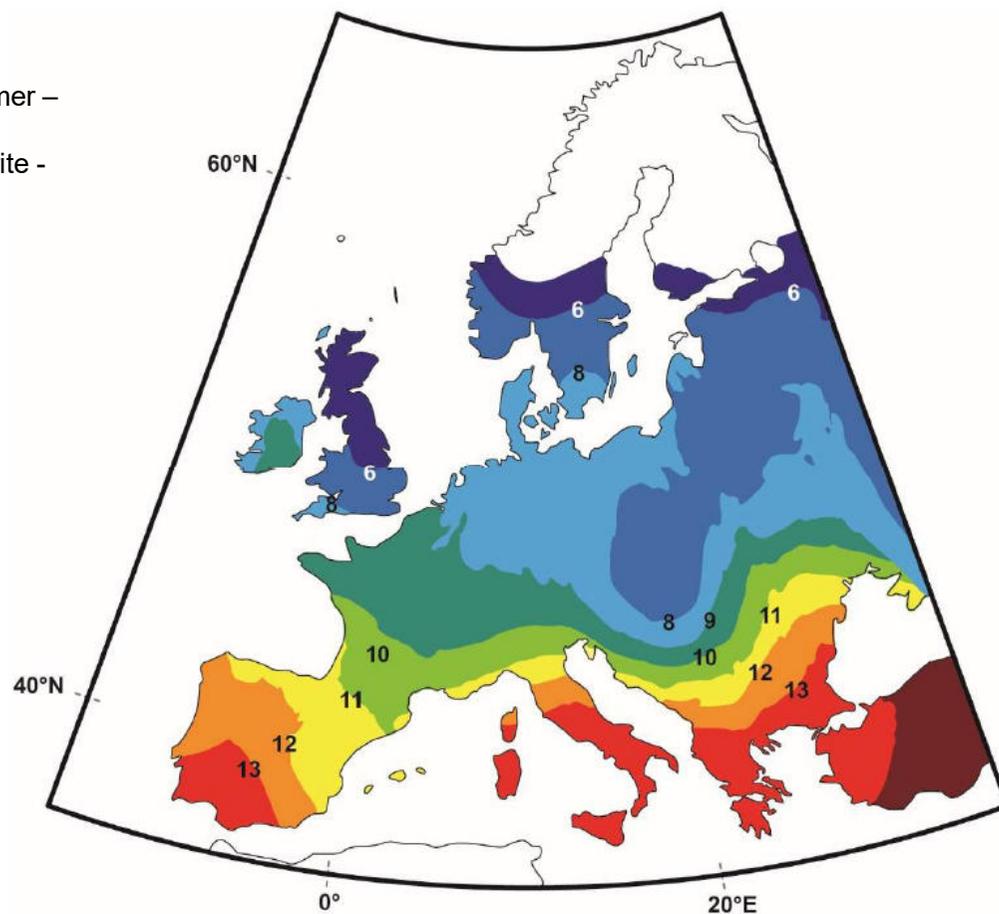
- Toutes les essences et tous les types de peuplement sont impactés, la mortalité est plus rapide sur les résineux.
- Les dégâts sont plus intenses dans les peuplements monospécifiques notamment d'Épicéa.
- A l'échelle de l'Europe les dégâts les plus importants se situent en Allemagne, Tchéquie et Autriche
- Dans le Grand-Est en 2019 et 2020 la production de résineux blancs a été assurée par la récolte de dépérissants

## Séquence 4 :

# LA STRATÉGIE PROPOSÉE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

## CARTE ISOPOLLINIQUE DES CHENES (Tranche de 1000ans)

Extrait d'une  
présentation  
d'Antoine Kraemer –  
Directeur de  
recherche émérite -  
INRAE

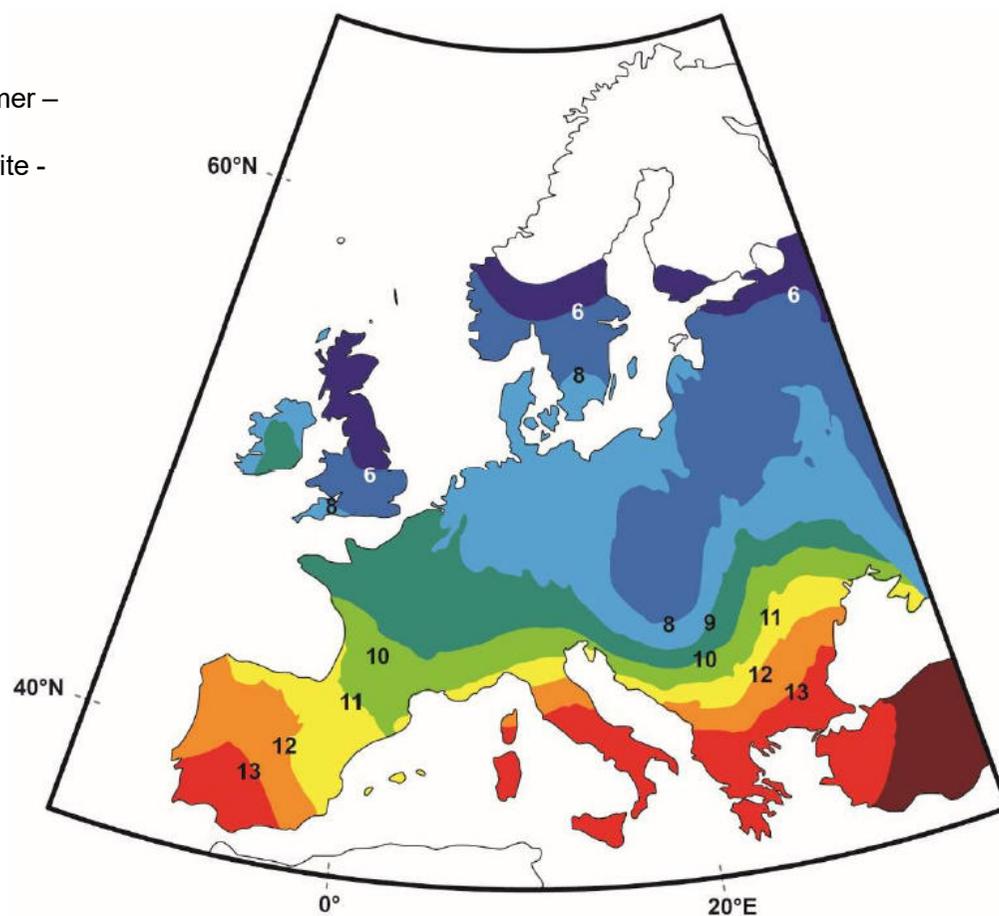


**EN MOYENNE LA VITESSE  
DE MIGRATION ÉTAIT DE  
400m./an**

*Forest Ecology & Management* 161: 27-48  
Giesecke et al. 2017, *J.Biogeography* 44: 1441-1456

## CARTE ISOPOLLINIQUE DES CHENES (Tranche de 1000ans)

Extrait d'une  
présentation  
d'Antoine Kraemer –  
Directeur de  
recherche émérite -  
INRAE

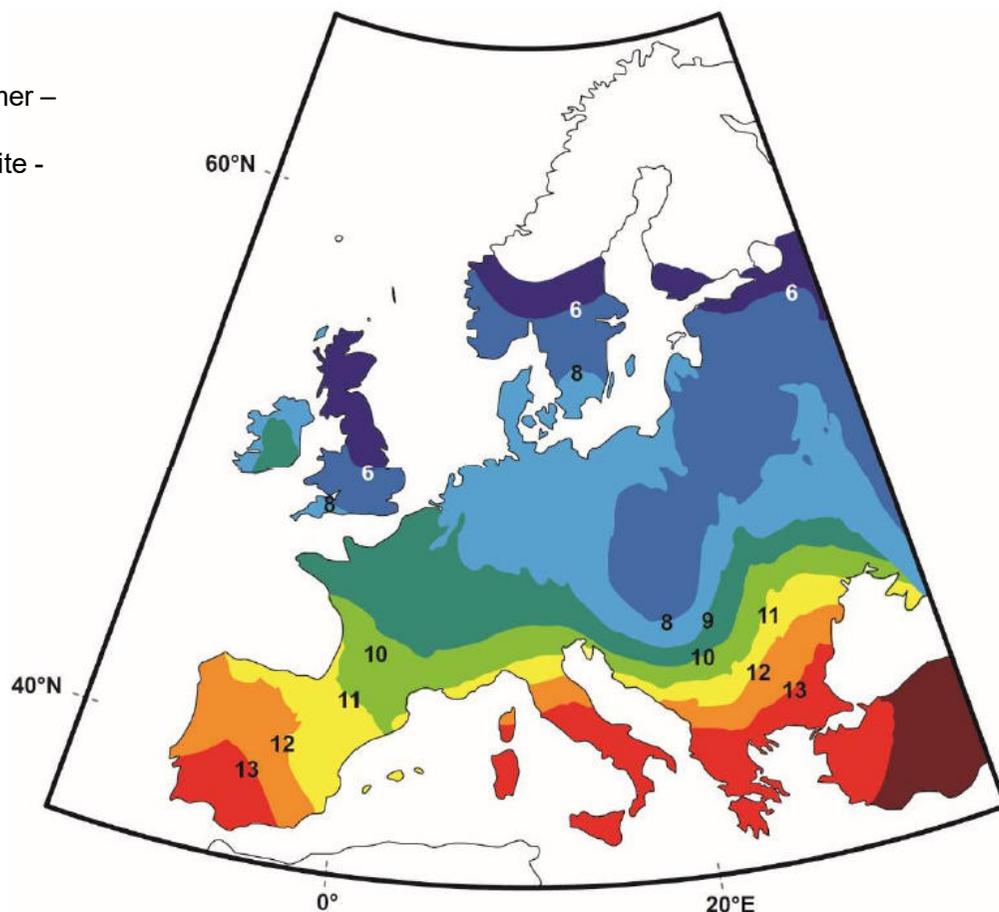


**EN MOYENNE LA VITESSE  
DE MIGRATION ÉTAIT DE  
400m./an**

*Forest Ecology & Management* 161: 27-48  
Giesecke et al. 2017, *J.Biogeography* 44: 1441-1456

## CARTE ISOPOLLINIQUE DES CHENES (Tranche de 1000ans)

Extrait d'une  
présentation  
d'Antoine Kraemer –  
Directeur de  
recherche émérite -  
INRAE



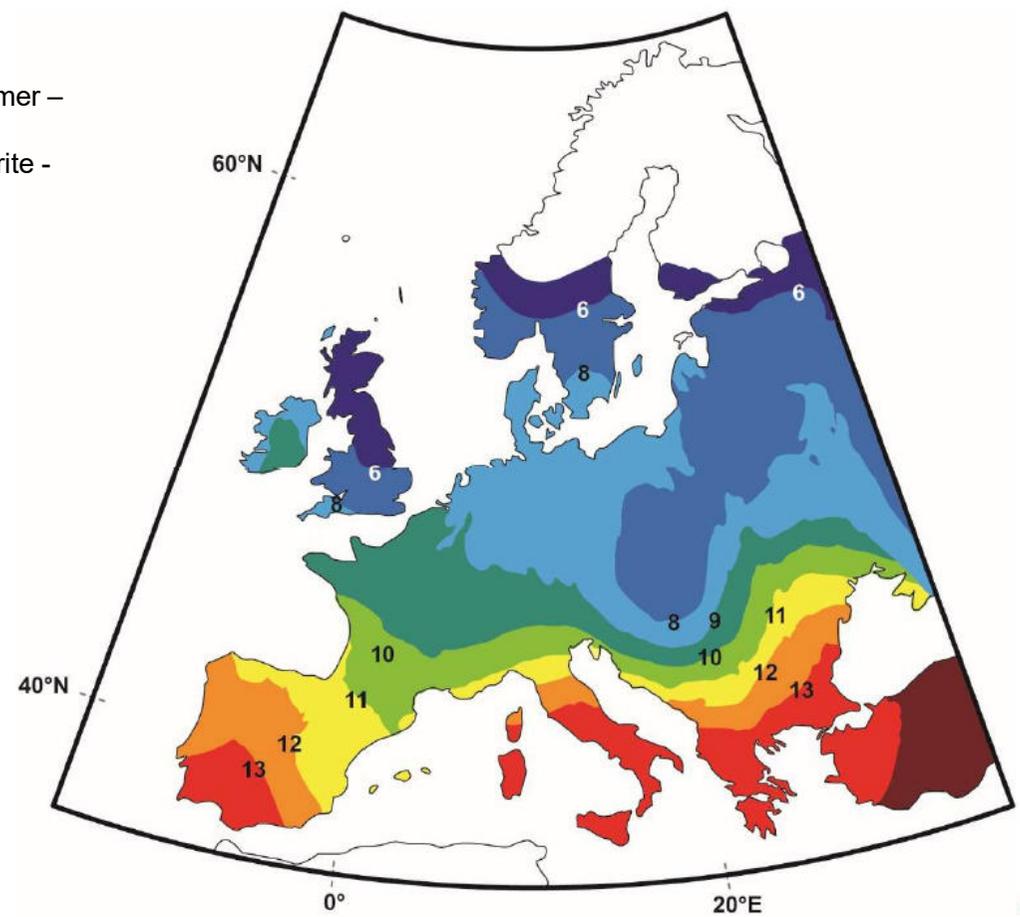
EN MOYENNE LA VITESSE  
DE MIGRATION ÉTAIT DE  
400m./an



*Forest Ecology & Management* 161: 27-48  
Giesecke et al. 2017, *J.Biogeography* 44: 1441-1456

## CARTE ISOPOLLINIQUE DES CHENES (Tranche de 1000ans)

Extrait d'une présentation d'Antoine Kraemer – Directeur de recherche émérite - INRAE

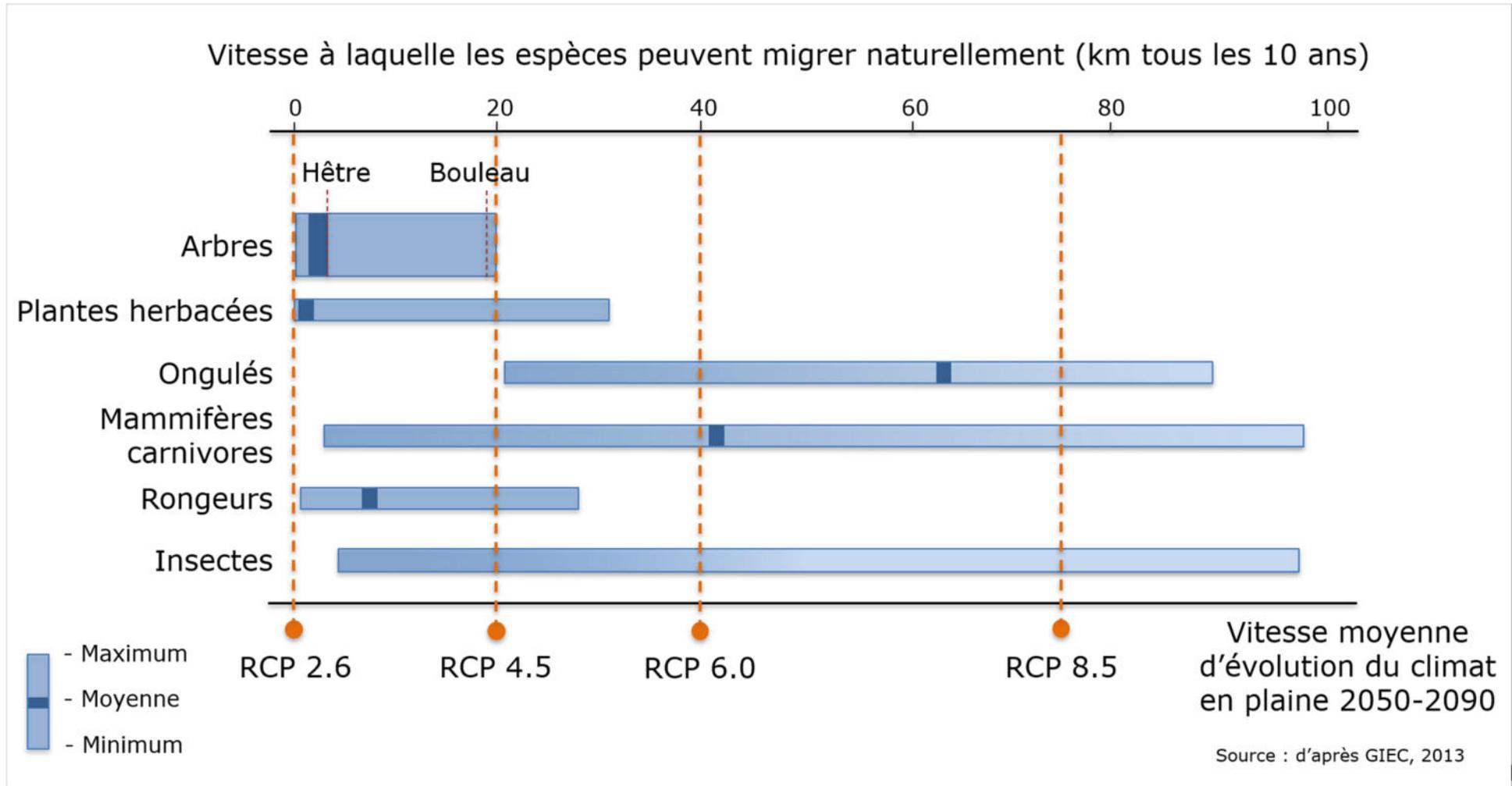


EN MOYENNE LA VITESSE DE MIGRATION ÉTAIT DE 400m./an



Forest Ecology & Management 161: 27-48  
Giesecke et al. 2017, J.Biogeography 44: 1441-1456

# Migration : les arbres face au climat, une course perdue d'avance



## Face à l'ampleur des bouleversements, diversification des réponses

### Les différents niveaux de levier génétique :

- **la régénération naturelle :**

sélection génétique naturelle lors de la reproduction

Chaque fois que possible !

En absence de régénération naturelle ou visiblement mal adaptée : plantation ou enrichissement

- **la migration assistée :**

planter pour une même essence des provenances plus adaptées aux conditions climatiques futures

- **la diversification des essences :**

planter des essences non présentes actuellement, mieux adaptées aux conditions climatiques futures

Levier génétique

# RÉTABLIR L'ÉQUILIBRE FORET GIBIER : UNE URGENCE



Une pression excessive des grands ongulés rend impossible un renouvellement naturel adapté aux changements climatiques

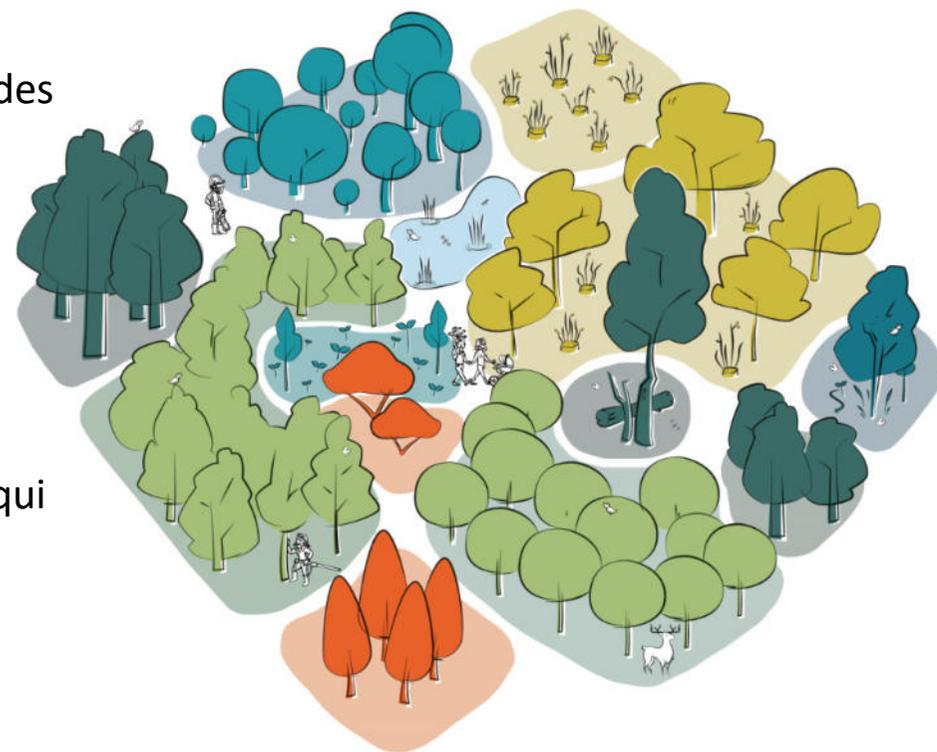
## Diversifier les réponses : la forêt mosaïque

### En phase de renouvellement :

- Toujours favoriser un mélange d'essence avec de préférence des besoins hydriques différents
- système idéal = **régénération naturelle**, enrichie quand nécessaire avec des essences adaptées aux changements climatiques

### La gestion des peuplements en place :

- Favoriser les essence minoritaires, notamment les pionnières qui supportent en général mieux la sécheresse que les dryades
- Ne pas exporter les menus bois (car le bois en décomposition améliore la réserve en eau)
- Faire respecter les sols par les exploitants (car les tassements réduisent la réserve en eau)
- Diminuer la densité des peuplement pour réduire la surface foliaire (= transpire moins)

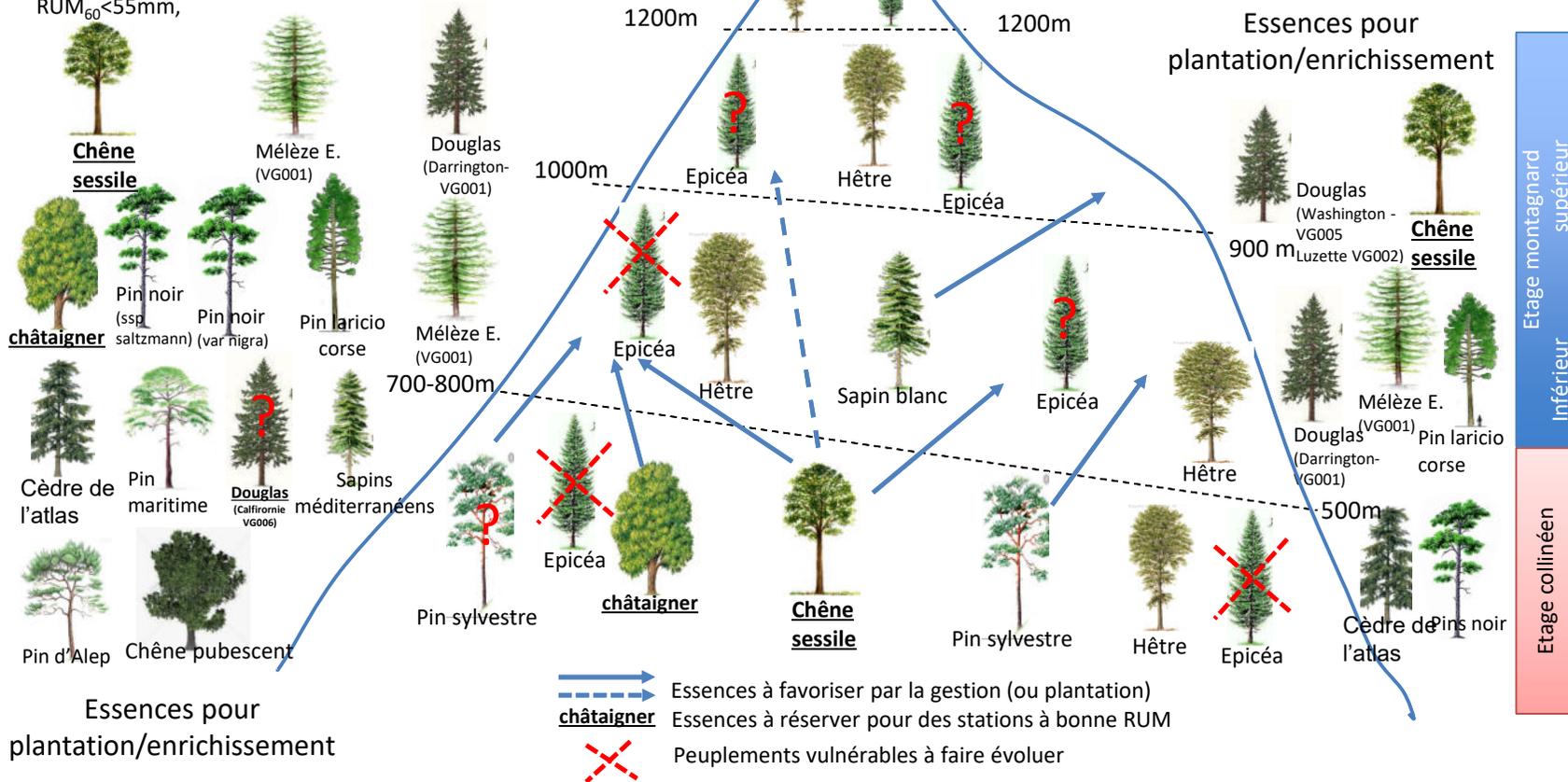


## Sud

En particulier les situations chaudes amplifiant les facteurs de sécheresse: versants alsaciens (foehn), haut de rupture de pente, croupe, sol peu profond texture sableuse, piérisosité,  $RUM_{60} < 55mm$ ,

## Nord

En particulier les situations fraîches atténuant les facteurs de déficit hydrique: versants lorrains mieux arrosés, bas de versant, replat, sol profond peu pierreux, texture équilibrée, confinement,



## SÉQUENCE 4 : LA STRATÉGIE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

### Principaux éléments à retenir :

- Diversifier les réponses : forêt mosaïque
- Laisser s'exprimer l'adaptabilité génétique naturelle
- Les trop fortes concentrations de grands ongulés sont encore plus impactantes en phase de dépérissement.
- Nécessité de réaliser un diagnostic précis avant de réaliser une plantation

## Séquence 5 :

# LES OUTILS DE DIAGNOSTICS

## CLIMESSENCE ET ZOOM 50: DES OUTILS DÉVELOPPÉS PAR LE RMT AFORCE\*

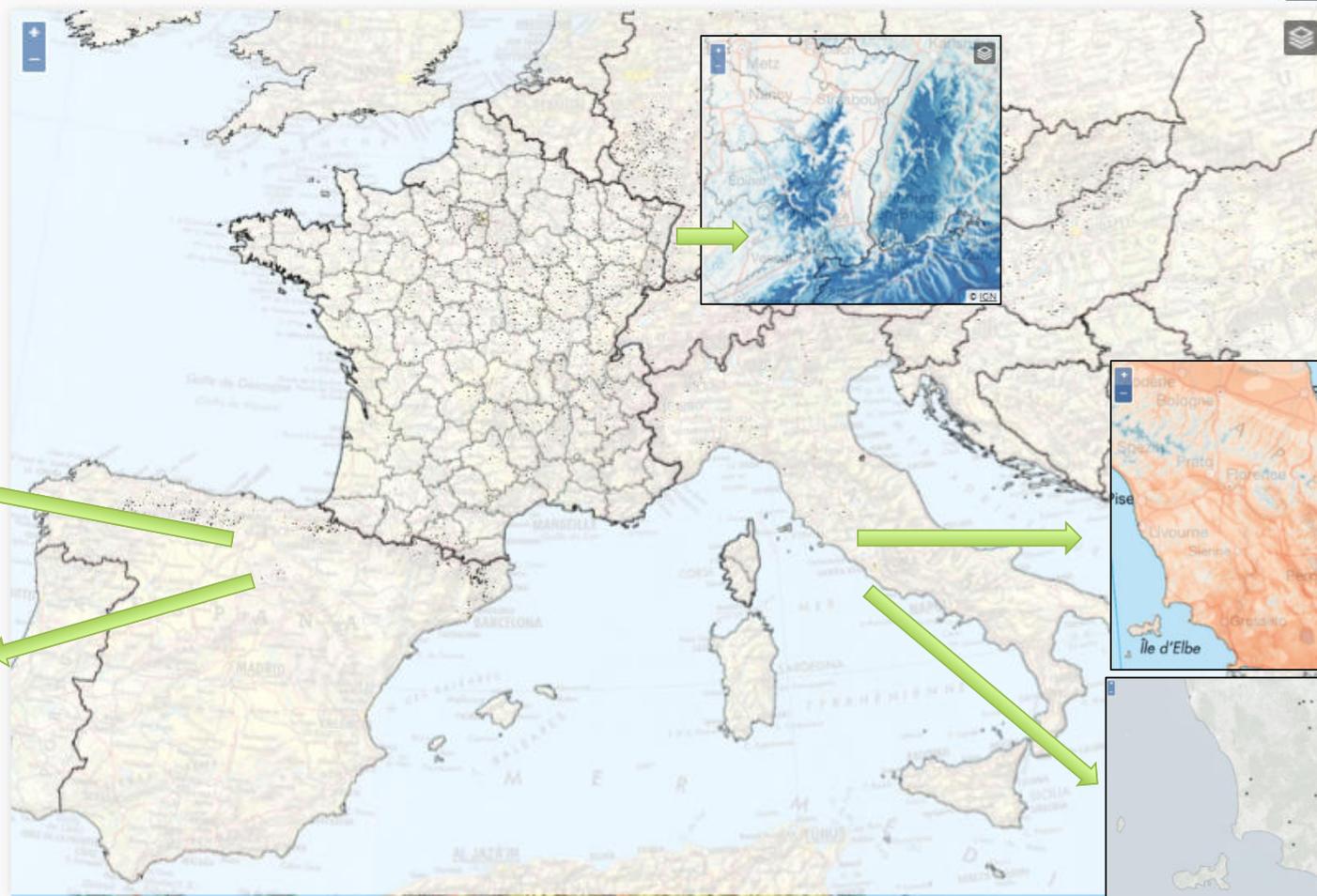


\*Réseau mixte technologique pour l'Adaptation des FORêts au Changement Climatique

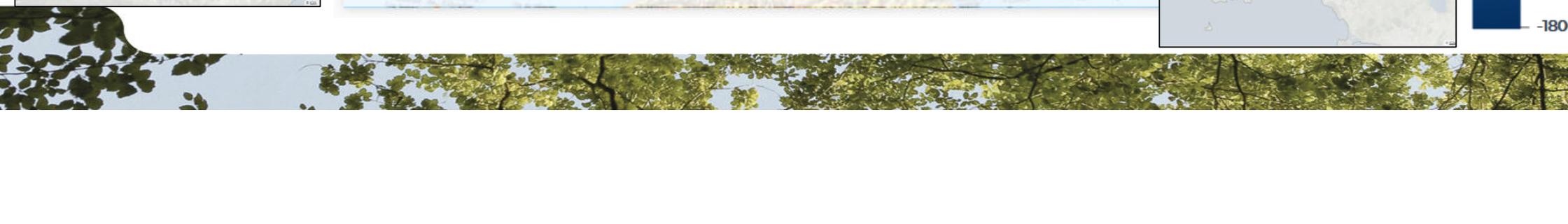
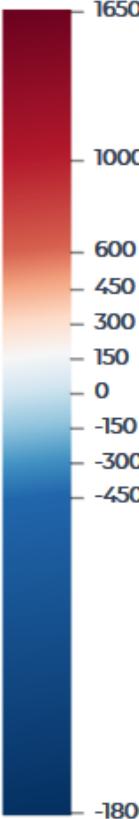
# CLIMESSENCE : ANALYSE DE LA COMPATIBILITÉ CLIMATIQUE ACTUELLE DES ESSENCES

Ex. : Le Chêne sessile

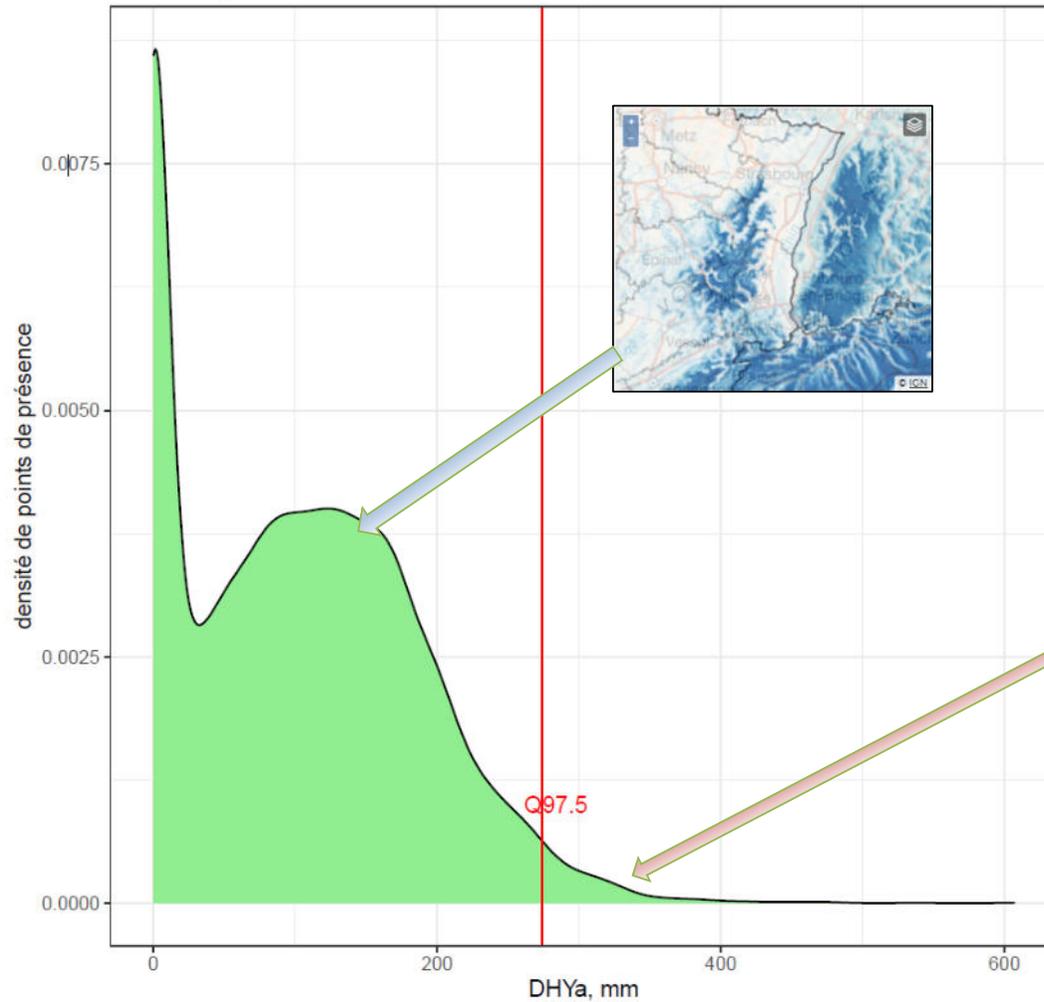
Carte de présence pour *Quercus petraea* - Chêne sessile



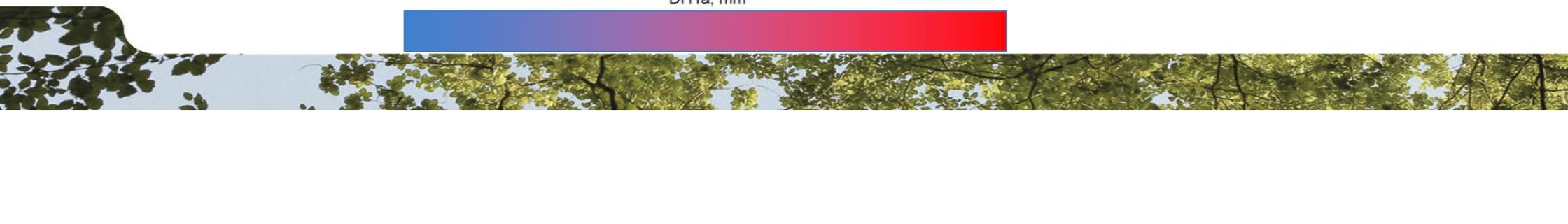
DHYa (mm)



Quercus petraea



Probabilité de répartition actuelle du chêne sessile en Europe en fonction du déficit hydrique



# CLIMESSENCES : CARTES CLIMATIQUES ACTUELLES ET PROJETÉES

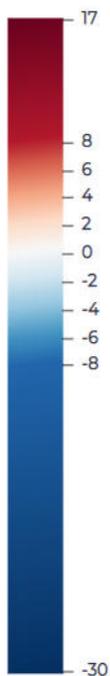
## Cartes des variables climatiques annuelles

⊕ Besoin d'aide ?  
Suivez nos didacticiels

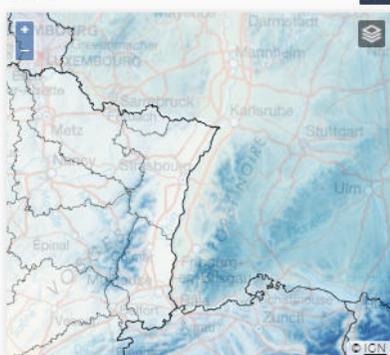
Température minimale annuelle (TMIa, en °C)

Légende

TMIa (°C)



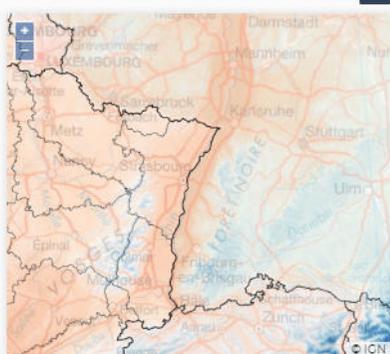
Actuel



Scénario optimiste, 2070



Scénario intermédiaire, 2070



Scénario pessimiste, 2070



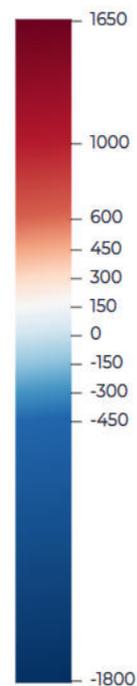
## Cartes des variables climatiques annuelles

⊕ Besoin d'aide ?  
Suivez nos didacticiels

Déficit hydrique annuel (DHYa, en mm)

Légende

DHYa (mm)



Actuel



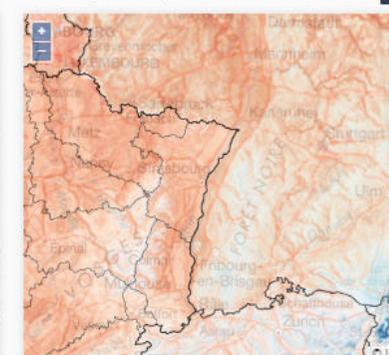
Scénario optimiste, 2070



Scénario intermédiaire, 2070



Scénario pessimiste, 2070

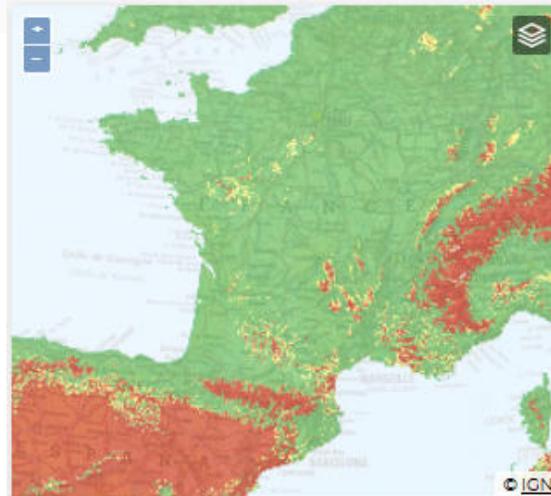


# Cartes de compatibilité climatique

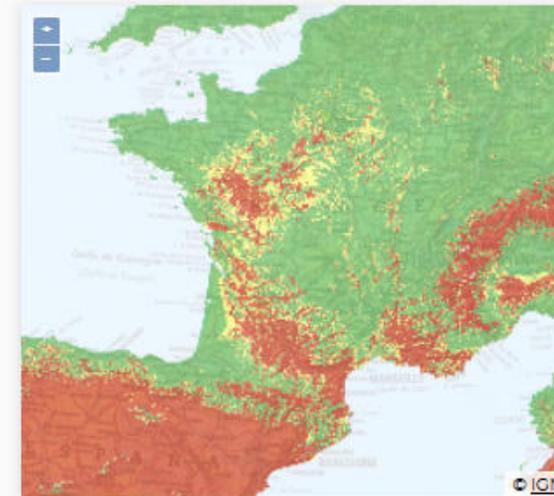
Quercus petraea - Chêne sessile

Climat actuel

Actuel

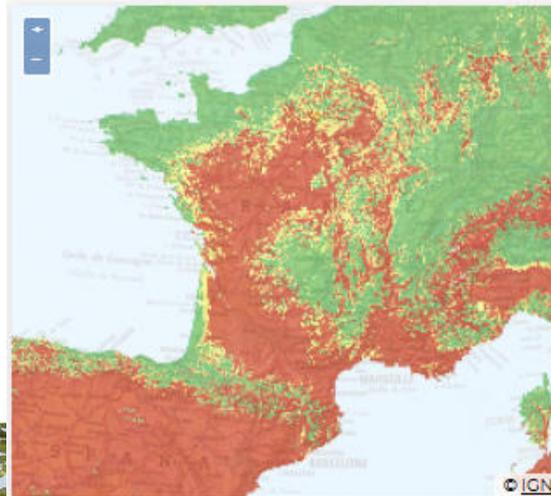


Scénario optimiste, 2070

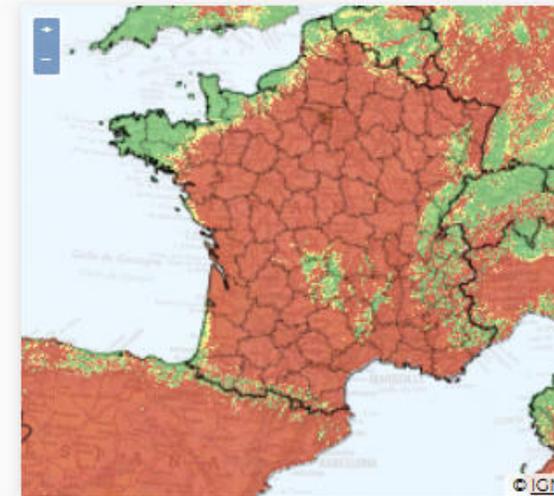


RCP 4,5

Scénario intermédiaire, 2070



Scénario pessimiste, 2070



RCP 8,5

Zone Compatible

Zone Non compatible à 97,5%

Zone Non compatible à 99%

# Cartes de compatibilité climatique

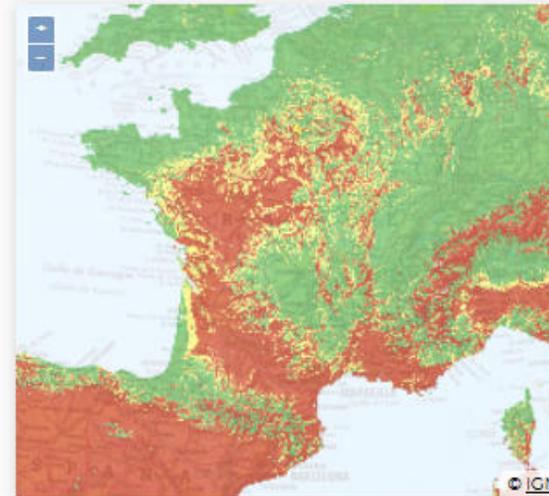
Fagus sylvatica - Hêtre commun

Climat actuel

Actuel

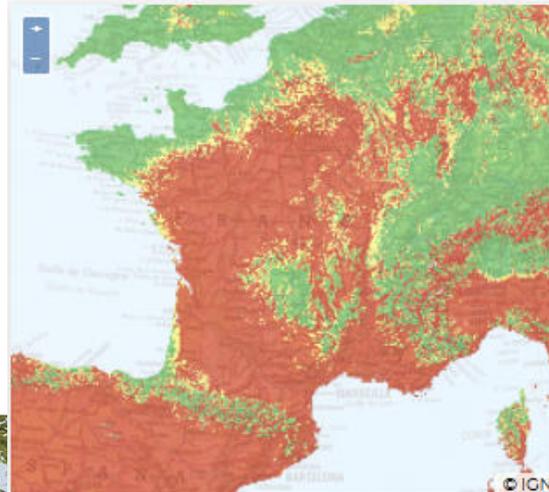


Scénario optimiste, 2070

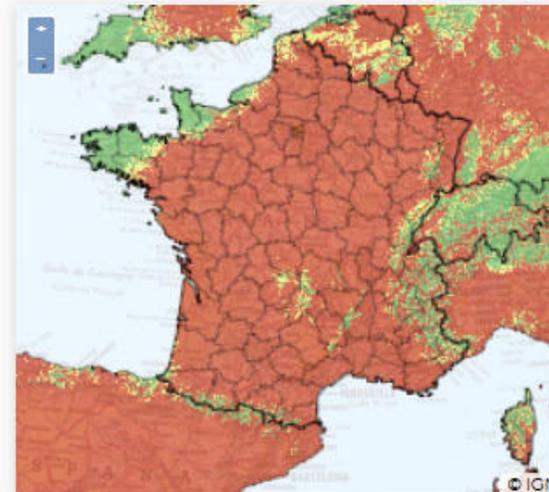


RCP 4,5

Scénario intermédiaire, 2070



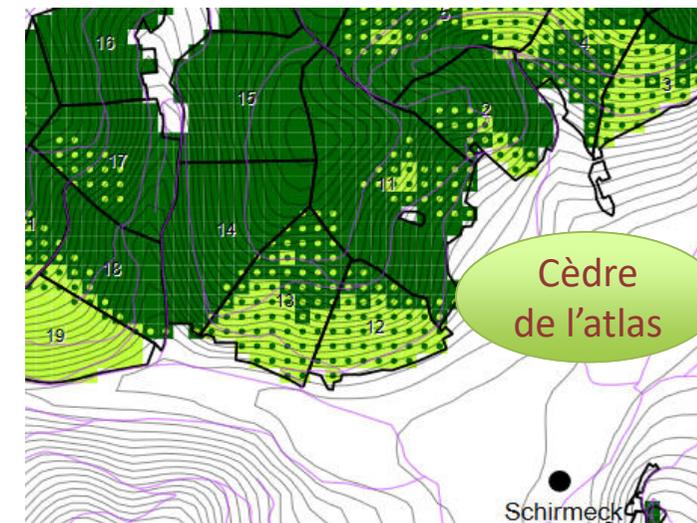
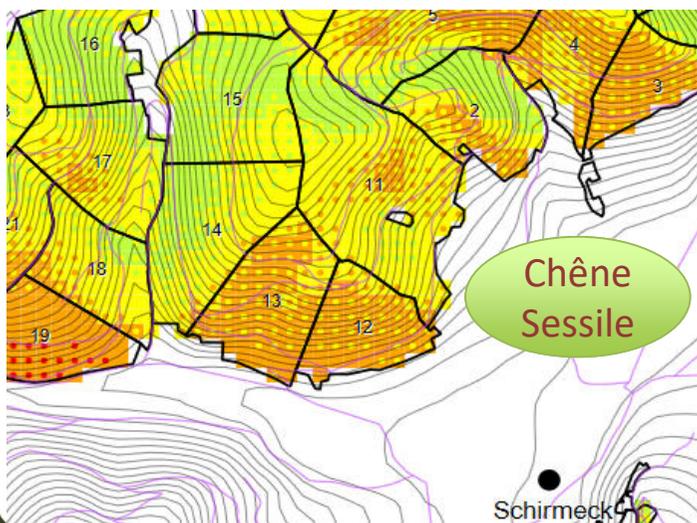
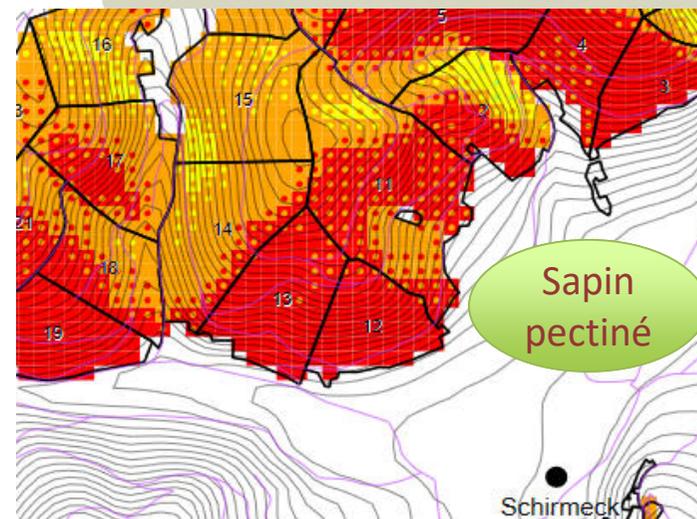
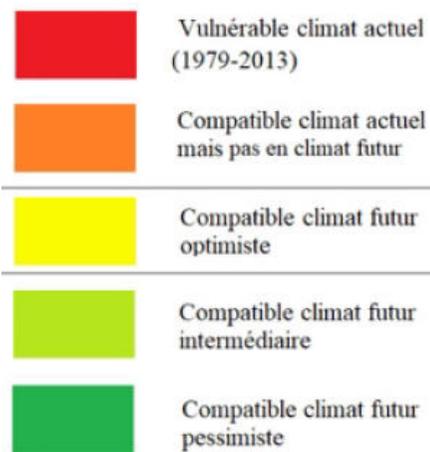
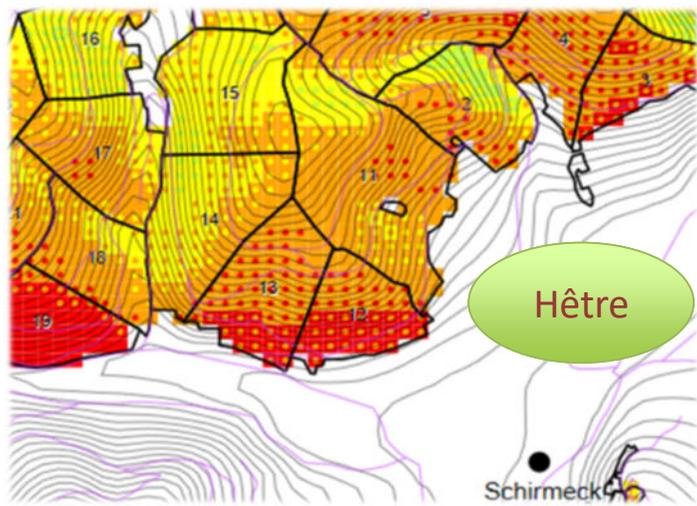
Scénario pessimiste, 2070



RCP 8,5



# ZOOM 50 : CARTES DE COMPATIBILITE CLIMATIQUE AU PAS DE 50 M



## SÉQUENCE 5 : LES OUTILS DE DIAGNOSTICS

### Principaux éléments à retenir :

- Un travail considérable a été réalisé par les scientifiques et les services de recherche et de développement
- Ces outils constituent une aide, mais n'apportent pas de réponses définitives
- L'observation locale au niveau de la zone d'intervention est incontournable en complément du diagnostic basé sur la réserve utile.

## EXEMPLE DE RÉALISATION : DONON P 25



Ancien peuplement : pessière pure – 10 ha détruits suite sécheresse et attaque de scolytes  
Stratégie retenue :

- Acquérir naturellement du Sapin et du Hêtre => protection avec clôture
- Accélérer le retour d'un couvert forestier par semis de graines de bouleaux
- Apport par plantation d'essences plus résistantes à la sécheresse
  - Chêne sessile 3500 plants
  - Pin laricio 1150 plants
  - Mélèze 400 plants

# CONCLUSION GÉNÉRALE

## Un changement de paradigme imposé :

- les sylvoécotopes montagnards connaîtront à l'horizon 2050 le climat actuel de la plaine
- **les arbres n'ont pas les capacités de migration suffisantes** pour suivre l'évolution du climat
- la plupart des **essences** du Grand Est **sont à fort risque de dépérissement** d'ici 30 ans
- des incertitudes fortes sur les projections au-delà de 2050
- Devant les incertitudes, panacher les solutions, conserver la régénération naturelle, **favoriser la forêt mosaïque.**

Un défi considérable, technique et humain nécessitant **des moyens humains et financiers à la hauteur des enjeux.**