

SEMINAIRE CNIS 2 JUILLET

Analyses et diagnostics au service
de la gestion forestière face au
changement climatique

Apport des statistiques dans deux domaines :

- 1) Observation / inventaires du patrimoine forestier
- 2) Evaluation/ modélisation de sa vulnérabilité face au climat

Les inventaires forestiers traditionnels

La référence nationale IGN/IFN

**L'INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL EST UN
INVENTAIRE STATISTIQUE SUR UN ECHANTILLON
STRATIFIE DE 60000 PLACETTES REPRESENTATIVES
DE 92 SYLVO-ECOREGIONS**

**LES PRISES DE DONNEES SONT ANNUELLES AVEC
RESTITUTION PAR PERIODE QUINQUENNALE
GLISSANTE**

**SONT INVENTORIES LES ARBRES VIFS PRECOMPTABLES
AVEC INDICATION DES ESSENCES DIAMETRES
HAUTEUR**

**LES VOLUMES TIGES BOIS FORT SONT DEDUITS PAR
CALAGE STATISTIQUE D EQUATIONS ALLOMETRIQUES
A 1 OU 2 VARIABLES**

**LES RESULTATS SONT ROBUSTES AUX ECHELLES
NATIONALE REGIONALE ET SYLVO-ECOREGIONS, MAIS
PAS A LA FORÊT – PAS DE CARTOGRAPHIES FINES**

QUELQUES RESULTATS CLEFS DE IGN/IFN

Si on compare 2 décennies successives on constate :

Stock sur pied 173 m³ qui se stabilise après une hausse

Une production biologique en recul de 10 %

Une mortalité multipliée par 2

**Un prélèvement en hausse notamment sur résineux (effets
dépérissements sanitaires)**

**Donc un flux global production-mortalité- prélèvement toujours
positif, mais en fort ralentissement**

**Donc division par 2 du puits de carbone (= variation de stocks sur
pied)**

Bois mort sur pied : 9m³/ha

Bois mort au sol : 18 m³/ha

**Diversité des espèces d'arbres : en moyenne 5 (de 2 à plus de 10 à
raison de 10 % des placettes pour chaque extrêmes)**



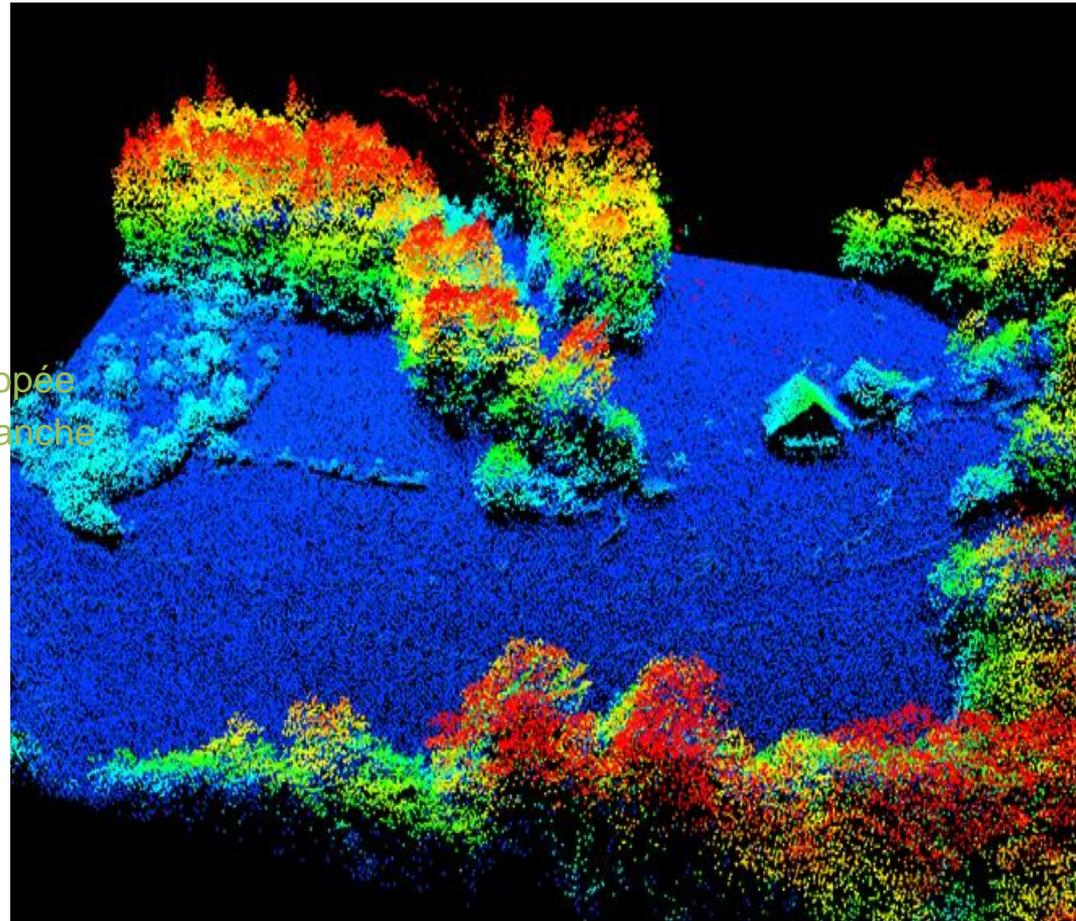
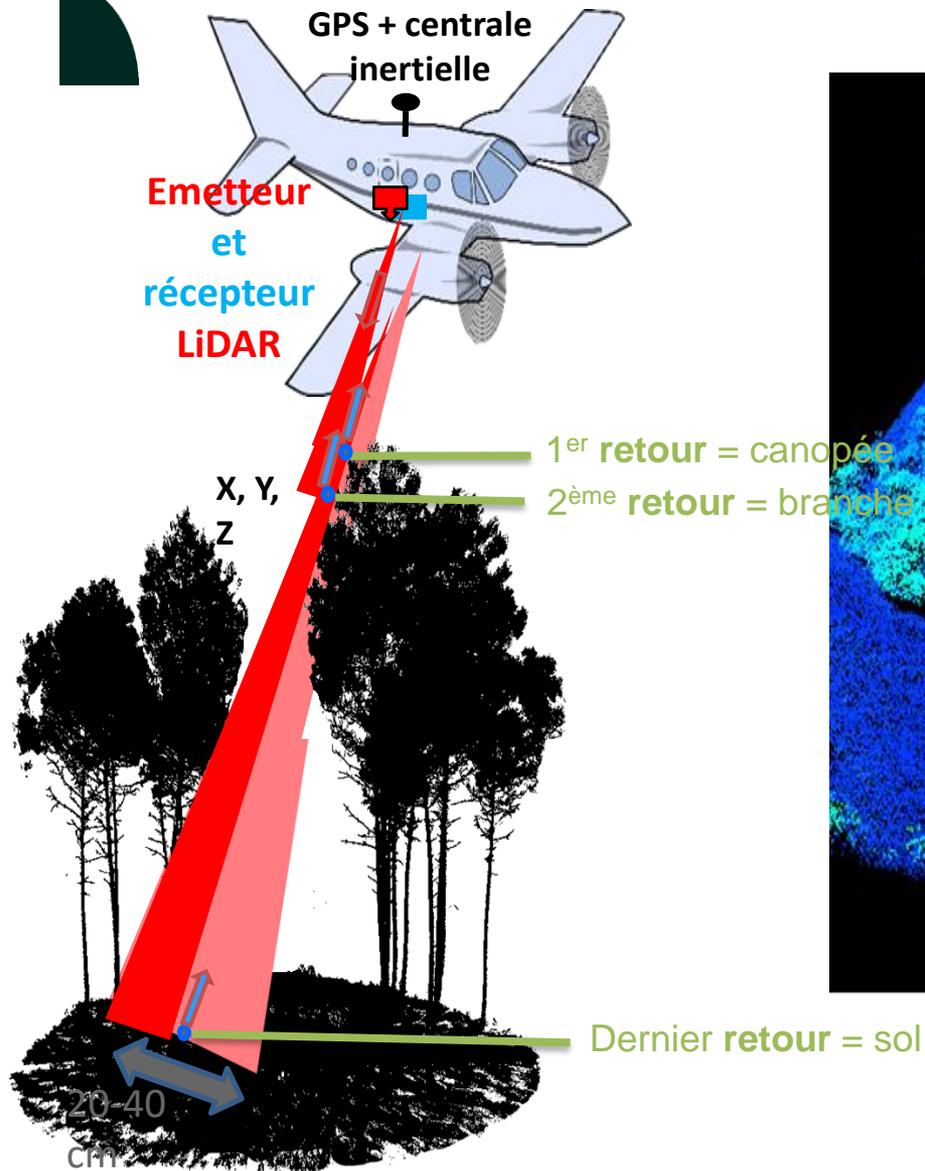
RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



L'Apport des inventaires multi-sources : exemple du LIDAR

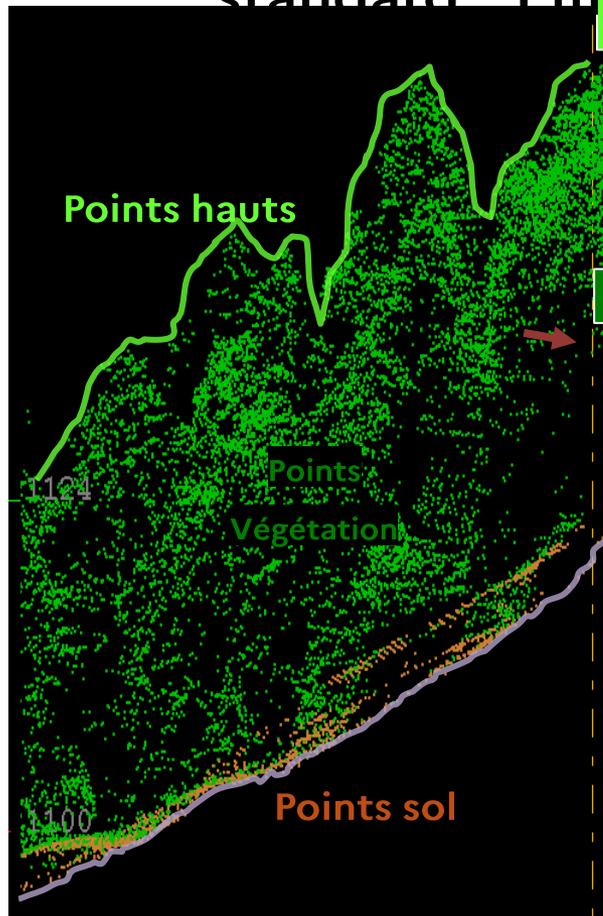
LIDAR = Light Detection And Ranging



Nuage de points LIDAR en 3D

Production de Modèles Numériques

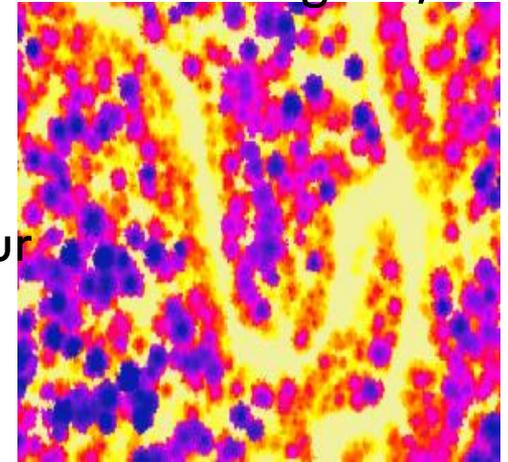
- Données RASTER ne nécessitant pas de placettes de calibration
- Résolution (=longueur du côté du pixel) standard : 1 m



MN Modèle Numérique de Surface (MNS) = altitude du terrain avec le couvert végétal, les bâtiments ...

MNH Modèle Numérique de Hauteur (MNH) = hauteur de la végétation

MNT Modèle Numérique de Terrain (MNT) = altitude du terrain nu



Production de cartes dendrométriques

modélisées

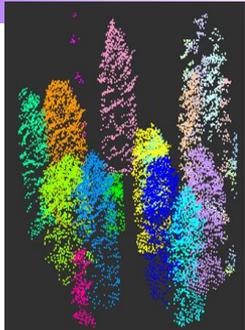
- Modélisations nécessitant la mesure de placettes de calibrations

Acquisition de données terrain

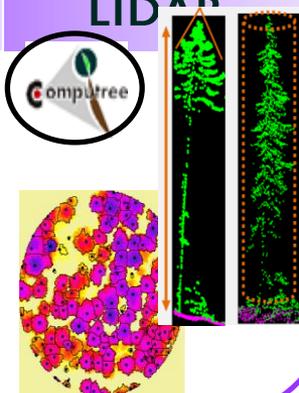


Mesures de placettes de calibration

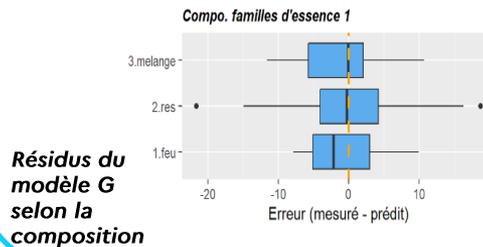
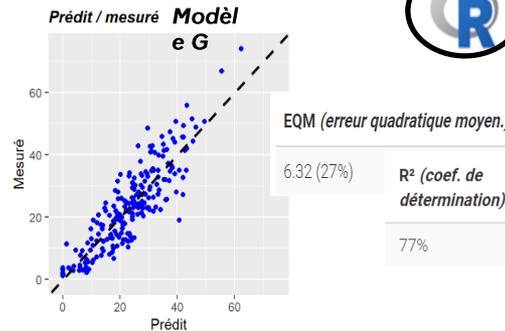
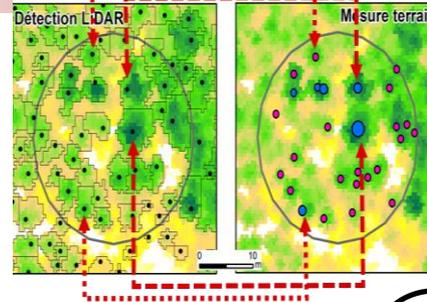
Acquisition de données LIDAR



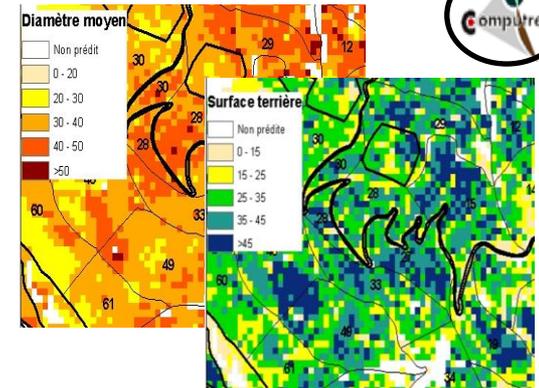
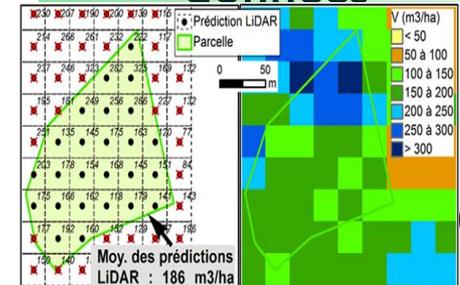
Calcul de métriques LIDAR



Modélisation statistique



Production de données



Cartes Raster
Résolution ~25 m

Articulation des dispositifs d'évaluation et de suivi des peuplements forestiers en forêt publique

MNH - Modèle numérique de hauteur ↓

📅 3 ans

SOCLE de crise ↑↓

📅 X fois/an selon évènements

SOCLE Observatoire ↑↓

- 📍 Placettes permanentes
- 📍 Entre 1/10 ha et 1/100 ha
- 📅 3 à 6 ans : remesures terrain partielles X télédétection
- 📍 Parcelles et forêts - Stocks
- 📅 6 à 12 ans : remesures terrain complètes
- 📍 Forêts et massifs - Flux * et stocks
- 📅 Tous les 20 ans : complément Inventaire et descriptions

(*) Flux = accroissement, mortalité, récolte

SOCLE télédétection ↑↓

- 📍 Placettes temporaires
- 📍 1/100 ha à 1/200 ha
- 📅 3 à 6 ans : mesures terrain X télédétection
- 📍 Parcelles et forêts - Stocks
- 📅 Tous les 20 ans : complément Inventaire et descriptions

SOCLE Inventaire et descriptions ↑

- 📍 Variable (placettes tous types, inventaire en plein, descriptions)
- 📍 Entre 1/ha et 1/12 ha
- 📅 20 ans (révisions de documents de gestion durable)
- 📍 Parcelles et forêts - Stocks

LEGENDE

ENJEUX multifonctionnels

- 🟩 Moyens à forts
- 🟨 Faibles

PROVENANCE des données

- ↓ Externes (IGN, satellitaires...)
- ↑ Internes
- ↑↓ Mixtes

CONFIGURATION des massifs

- Isolés et/ou morcelés
- ▣ Peu morcelé

MODALITÉS d'obtention

- 📍 Type de relevé
- 📅 Périodicité
- 📍 Maillage
- 📍 Échelle de restitution

Objectifs pour l'évaluation et le suivi des peuplements forestiers

Données

IFN –
Stock et
flux

MNT
MNH

Variables
forestières
modélisée

Stocks et
flux

Données
descriptives
terrain

Données
sanitaires

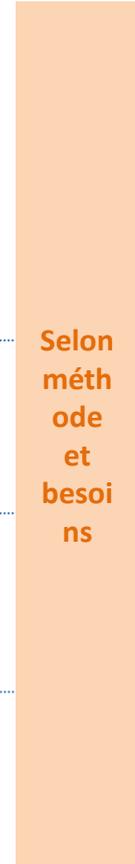
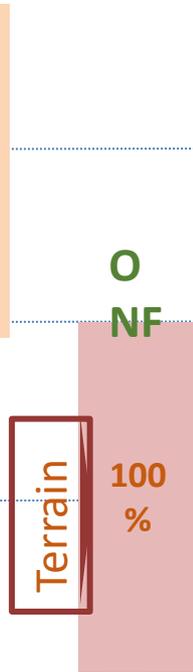
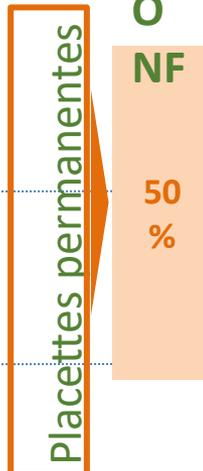
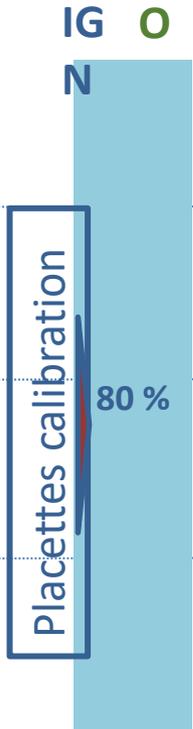
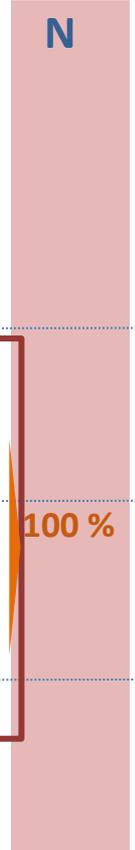
Régions,
Départements,
Grandes
régions
Naturelles
DT et Agences

Echelles

Massifs

Forêts

Parcelles



Périodicité

Annuelle

3/6 ans

6/12 ans

20 ans

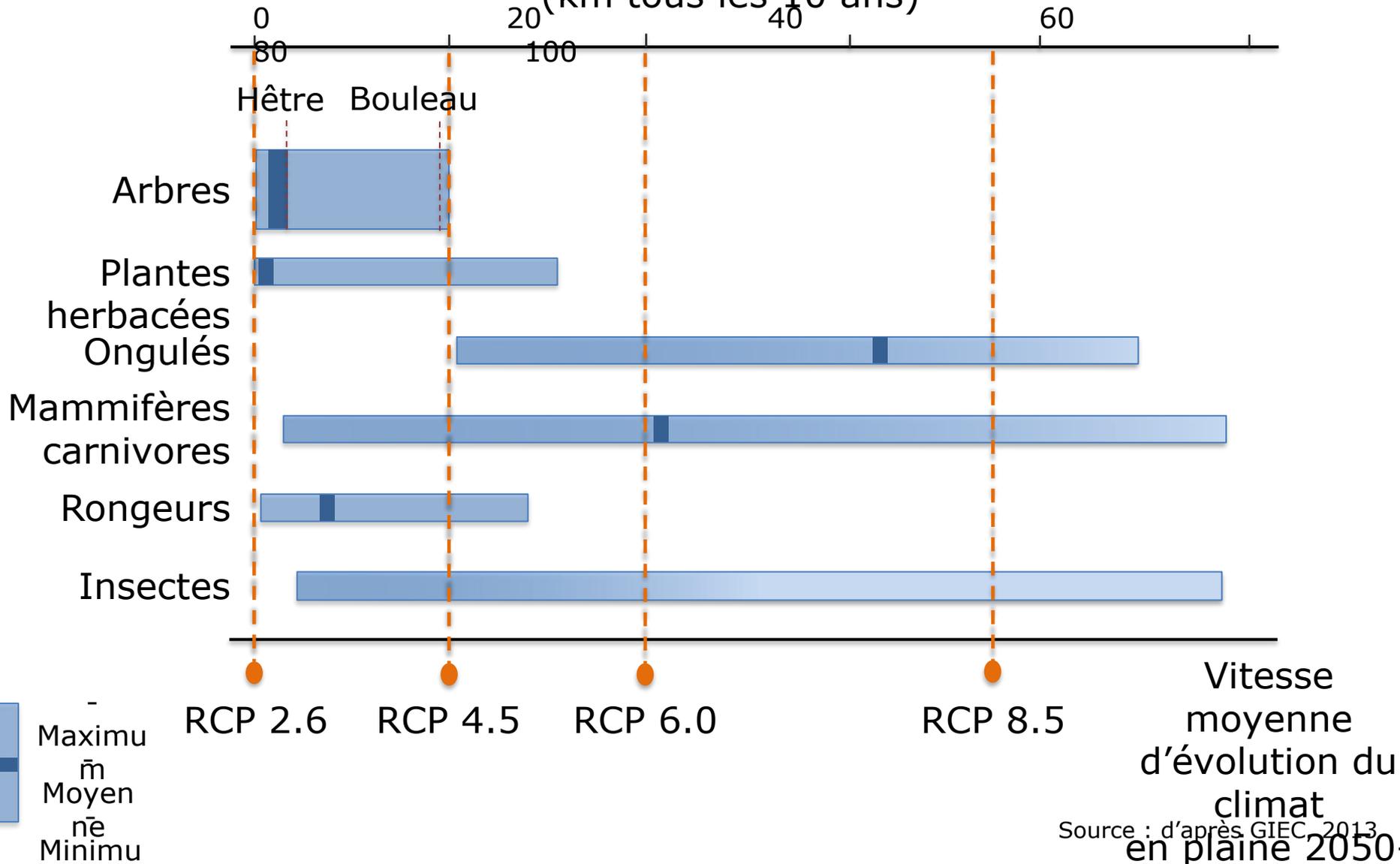
Mensuelle
annuelle

5 ans stock
10 ans flux

La vulnérabilité climatique

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

Vitesse à laquelle les espèces peuvent migrer naturellement
(km tous les 10 ans)



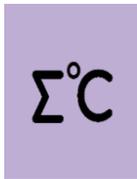
- Dans le modèle IKS, le climat est représenté par **trois indicateurs**, qui caractérisent chacun un facteur limitant pour la présence des espèces



Le Déficit Hydrique annuel : DHYa
→ Limitation par la sécheresse

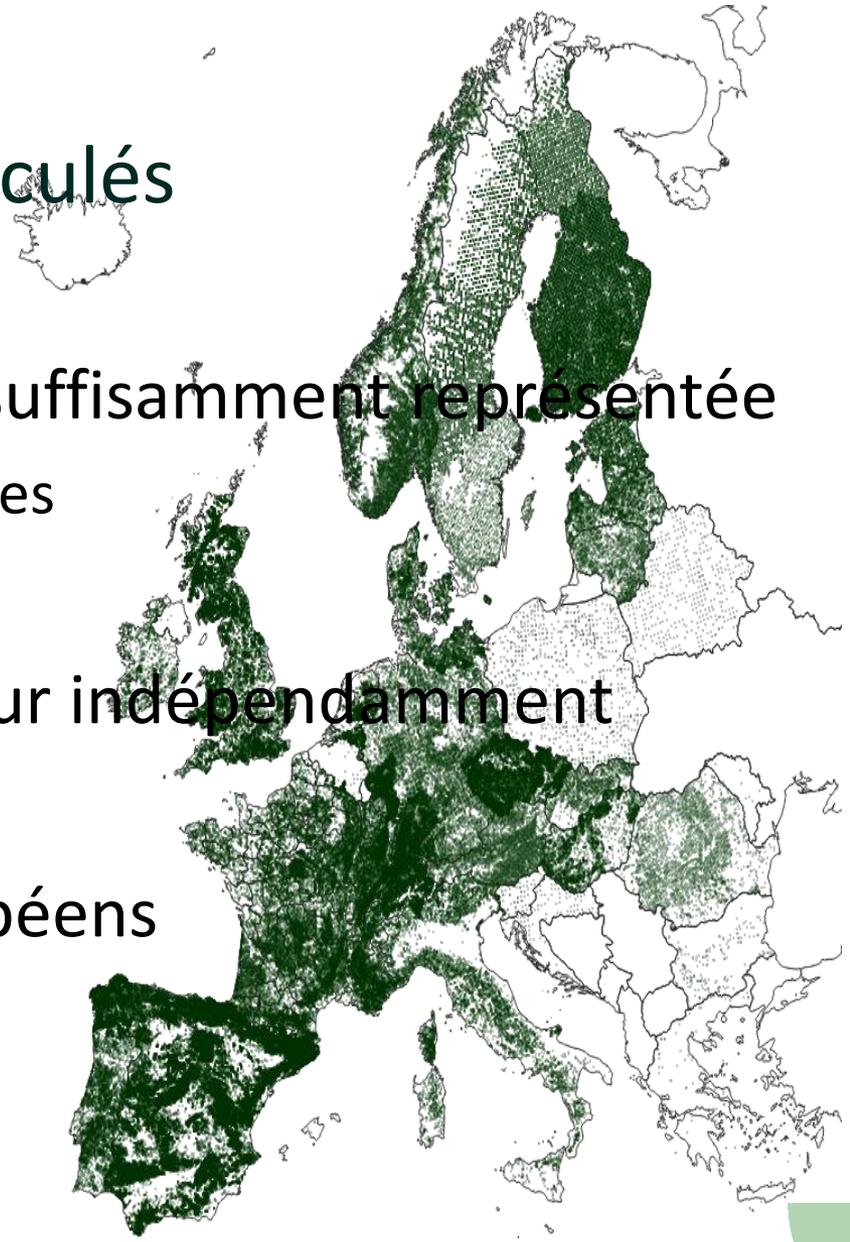


La Température Minimale annuelle : TM_{Ia}
→ Limitation par le froid hivernal



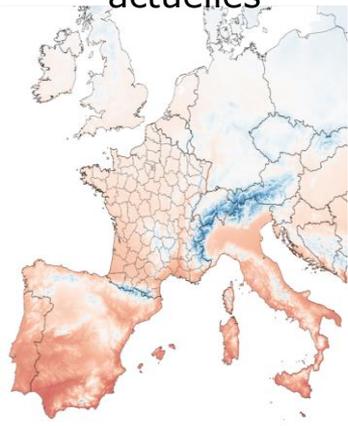
La Somme des Degrés Jours annuelle : SD_{Ja}
→ Limitation par le manque de chaleur (d'énergie)

- Les seuils IKS sont calculés
 - Pour chaque espèce suffisamment représentée
 - 61 espèces modélisées
 - Pour chaque indicateur indépendamment
 - A partir des IFN européens



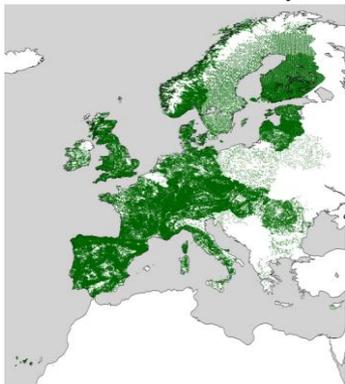
Le fonctionnement du modèle IKS

Données climatiques actuelles



+

Présence actuelle de l'espèce dans les inventaires forestiers nationaux européens



Calcul des indicateurs
Modélisation des seuils



Déficit hydrique

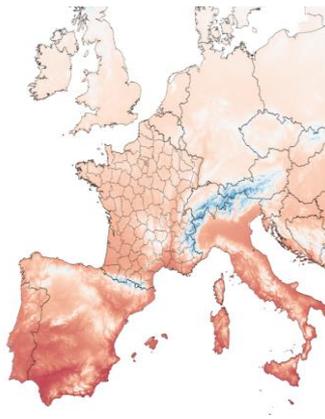


Froid hivernal



Besoin en énergie

Données climatiques futures

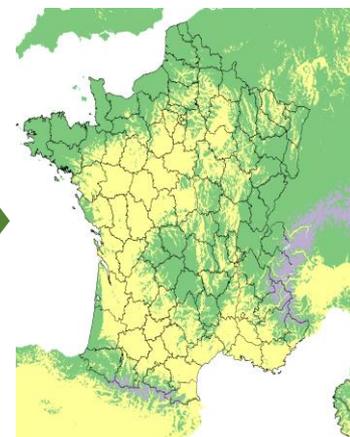


+

Calcul des indicateurs
Application des mêmes seuils

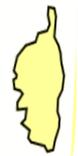
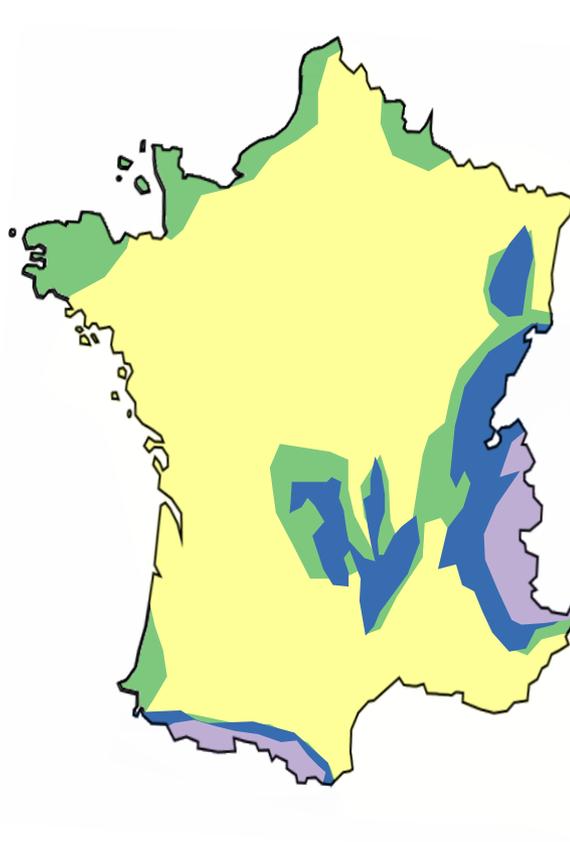


Carte de compatibilité de l'espèce dans le futur



Détermination des limites de présence pour chaque espèce

- L'aire de compatibilité d'une espèce est délimitée par un **seuil limitant** pour chacun de ces



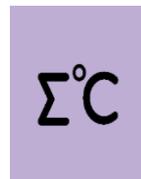
Zones compatibles



Zones éliminées par DHYa (sécheresse)



Zones éliminées par TMIa (froid)

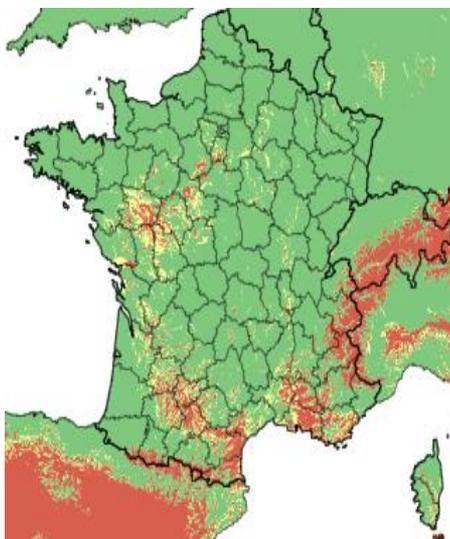


Zones éliminées par SDJa (manque de neige)

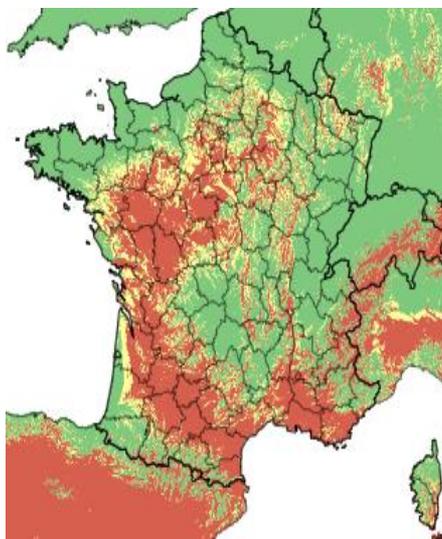


Projections futures de la compatibilité

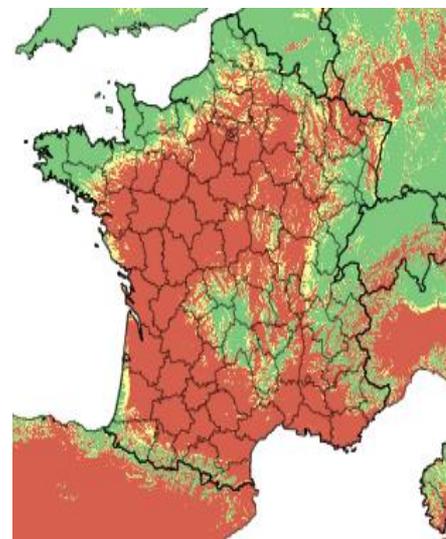
- Cartes établies pour différents scénarios du GIEC



Actuel



Scénario Futur 1



Scénario Futur 2

Les précautions d'emploi du modèle IKS

Les cartes de compatibilité sont uniquement climatiques :
les facteurs limitants du sol (calcaire actif, engorgement, ...) ne
sont pas pris en compte



L'impact des ravageurs et
des parasites n'est pas pris
en compte



IKS modélise le climat de façon simplifiée à une résolution de 1 km²,
ce qui ne permet pas de prendre en compte les effets du microclimat



En Europe et pour une espèce, l'ensemble des provenances sont prises
en compte :
ce sont les populations les plus exposées à la sécheresse ou au froid
qui fixent les limites pour toute l'espèce



Ces cartes ne traitent que de la présence de l'espèce,
être en zone compatible ne signifie pas qu'une production de bois
d'œuvre est possible





RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



La vulnérabilité face au risque d'incendies de forêt

INRAE



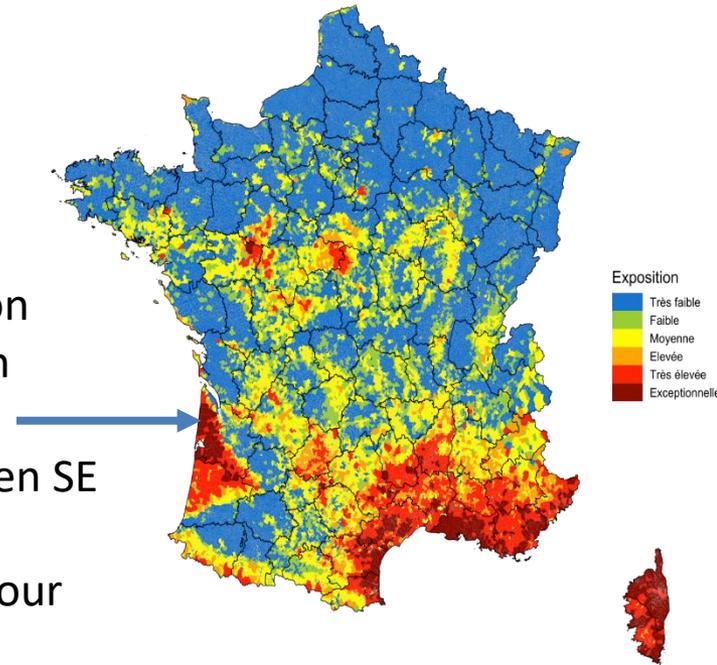
IGN

Cartographie du risque Feux de forêt et de végétation Travaux nationaux

Occurrence

Etat des lieux :

- Occurrence en général ignorée dans les produits opérationnels (pertinent dans les secteurs les plus à risque car peut être considérée comme forte de façon homogène, mais prise en compte nécessaire pour un travail national)
- modèles probabilistes fins « Firelihood » de l'INRAE en SE et SO
- prototype 2023 INRAE-ONF à l'échelle communale pour les feux > 20ha



Principe : croisement base de données feux avec variables explicatives (végétation, conditions météo) => même probabilité d'avoir un feu si mêmes conditions => nb de feux attendus par unité de surface

Travaux envisagés :

- Mise à jour avec feux 2022-2023
- Calcul à échelles différentes (entités forestières, polygones végétation...)
- Travail sur feux agricoles (différentes données d'entraînement et différentes variables explicatives)

Intensité

Statistiques sur indices de danger météo

↳ jours les + à risque

↳ moyenne des paramètres sur ces jours à risques

Conditions de référence

Vent, T°, H%, indices

pent
e

Modèles de propagation selon type de végétation

vitesse propagation

masse combustible consommée

Formule de Byram
 $P = M \cdot k \cdot C \cdot V_p$

Intensité

données occupation du sol

LIDAR

Végétation :

Type

masse par strate

écart entre strates

conditions stationnelles

s

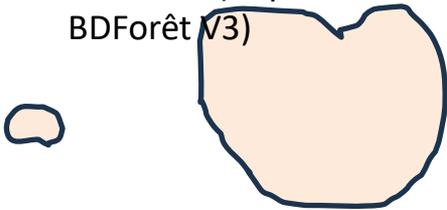
Modèles :
Teneur en eau
Passage en cime
Taux de consommation

Innovations

entités forestières

Identification des contours (base définition FAO)

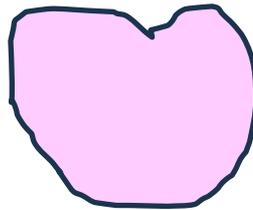
Source testée = masque forêt IGN (ss-produit BDForêt V3)



Découpages / Regroupements

À partir de secteurs biogéographiques, de grands linéaires, d'entités administratives

Avec des tests de proximité géographique



Qualification

- Occurrence
- Synthèse d'intensité (à définir : moyenne, max, taux de représentation d'un niveau...)
- Synthèse de sensibilité

