

Webinaire « Les arbres et le changement climatique »

Présentation d'un outil d'aide à la gestion forestière face au changement climatique : BioClimSol

Présentation : Armel BERNAY

Etude 2022 : Anne-Pernelle DUC, CRPF Bretagne-Pays de la Loire



Centre National de
la Propriété Forestière



BIOCLIMSOL 



www.cnpf.fr



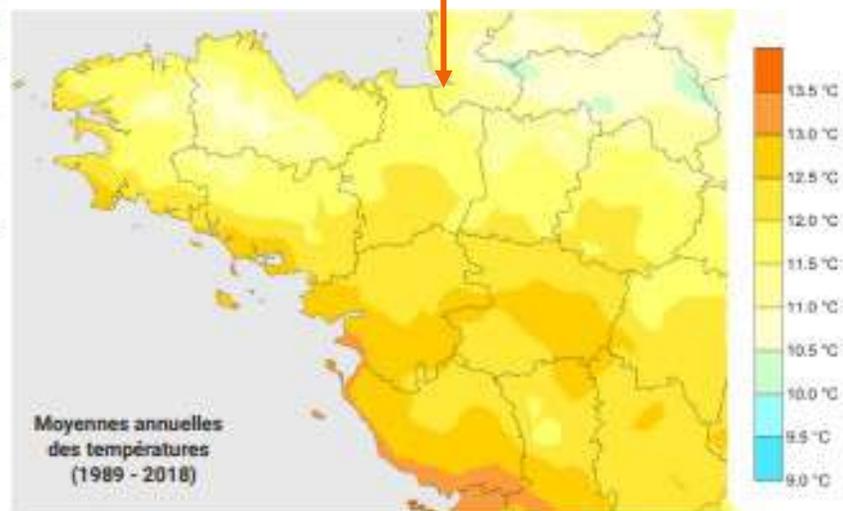
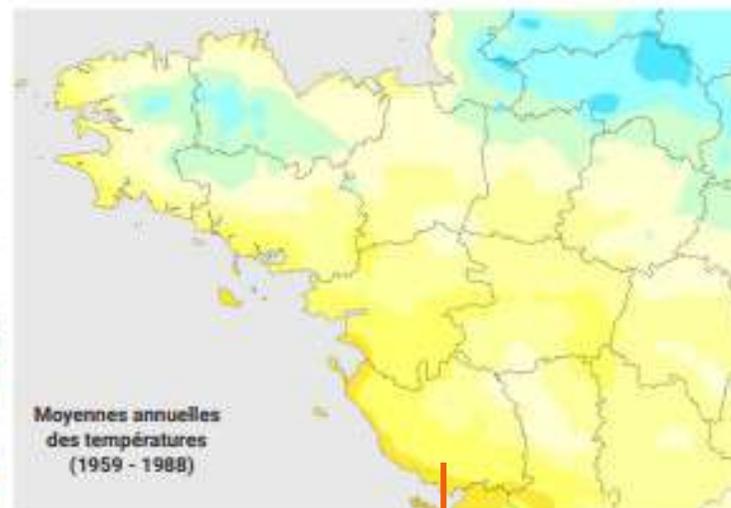
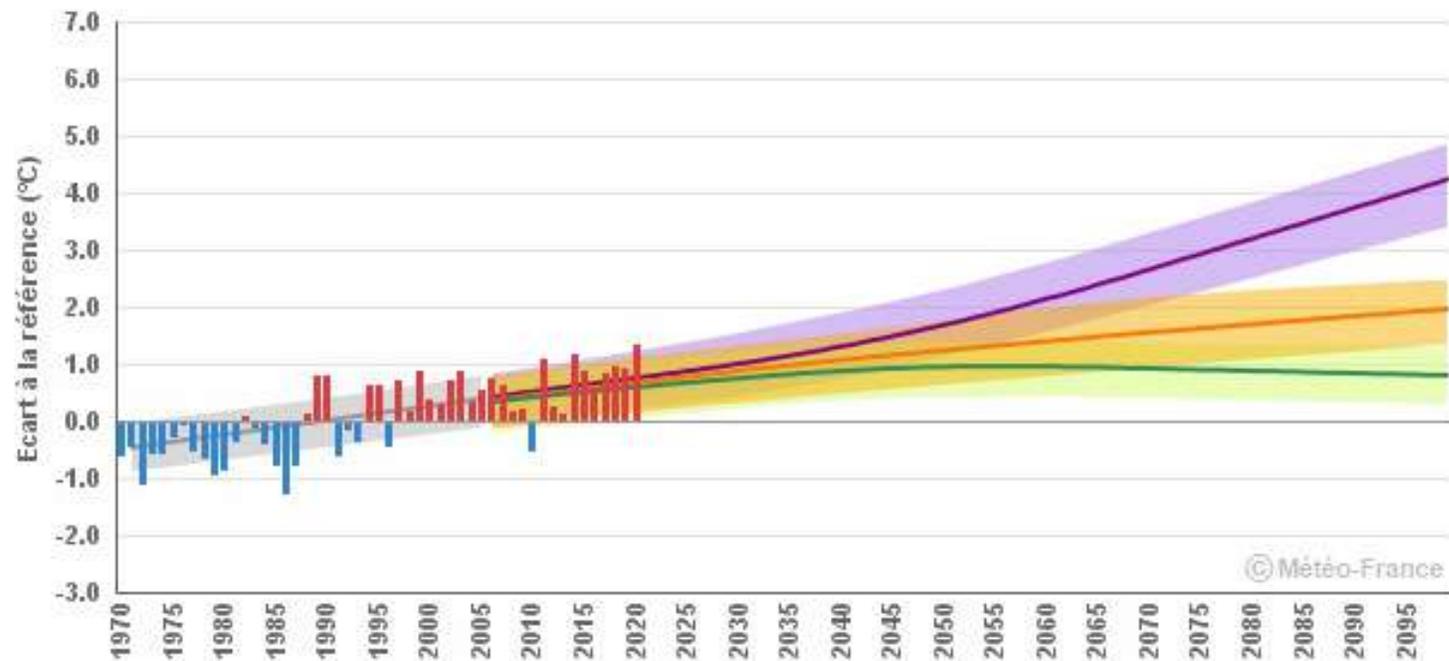
Introduction



Le changement climatique, une réalité palpable et un enjeu forestier majeur

Température moyenne annuelle en Bretagne : écart à la référence 1976-2005

Observations et simulations climatiques pour trois scénarios d'évolution RCP 2.6, 4.5 et 8.5



Source : Météo-France, 2019

En Bretagne, les projections climatiques montrent une poursuite du réchauffement jusqu'aux années 2050, quel que soit le scénario.

Sur la seconde moitié du XXI^e siècle, l'évolution de la température moyenne annuelle diffère significativement selon le scénario considéré. Le seul qui stabilise le réchauffement est le scénario de faibles émissions (RCP2.6). Selon le scénario de fortes émissions (RCP8.5), le réchauffement pourrait dépasser 4,2°C en fin de siècle.

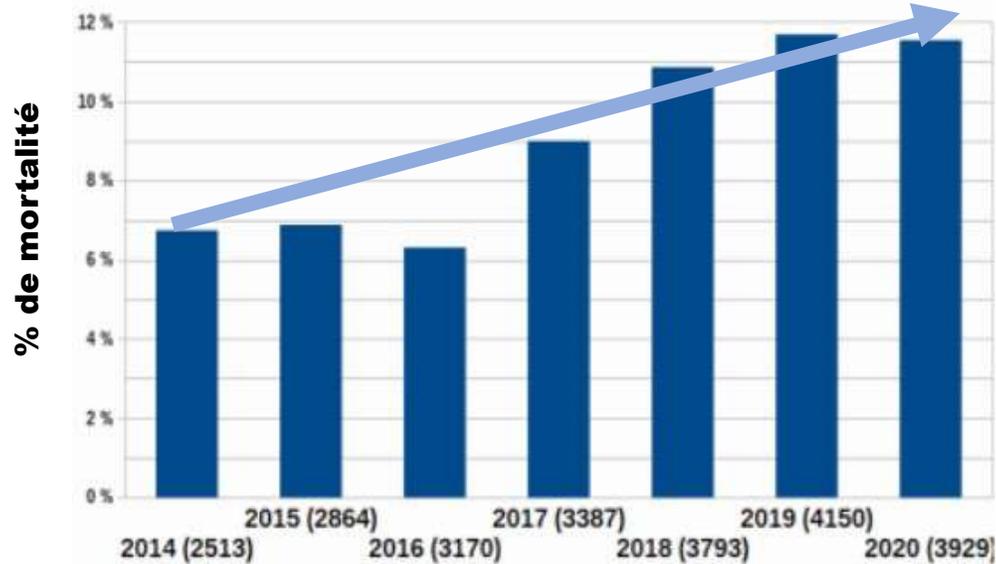


Des dépérissements de plus en plus nombreux en France

Le risque de dépérissement dû aux dérèglements climatiques devient une clé d'entrée des raisonnements en terme de gestion forestière.

Evolution du taux de mortalité observée sur les fiches de veille sanitaire

Mortalité x1,8



© DSF Bernard BOUTTE

<https://agriculture.gouv.fr/evolution-et-analyse-des-mortalites-observees-par-le-dsf-analyse-du-taux-de-mortalite-releve-sur-les>



Déstockage de CO2



Risque accru de feu/gel/érosion, maladies ...



Pertes de la biodiversité



Pertes économiques



Ce qui vous est présenté aujourd'hui :

Un outil sylvo-climatique développé par la R&D forestière française

BIOCLIMSOL 

BioClimSol

Développé par l'Institut de Développement Forestier (IDF)



Présentation de BioClimSol



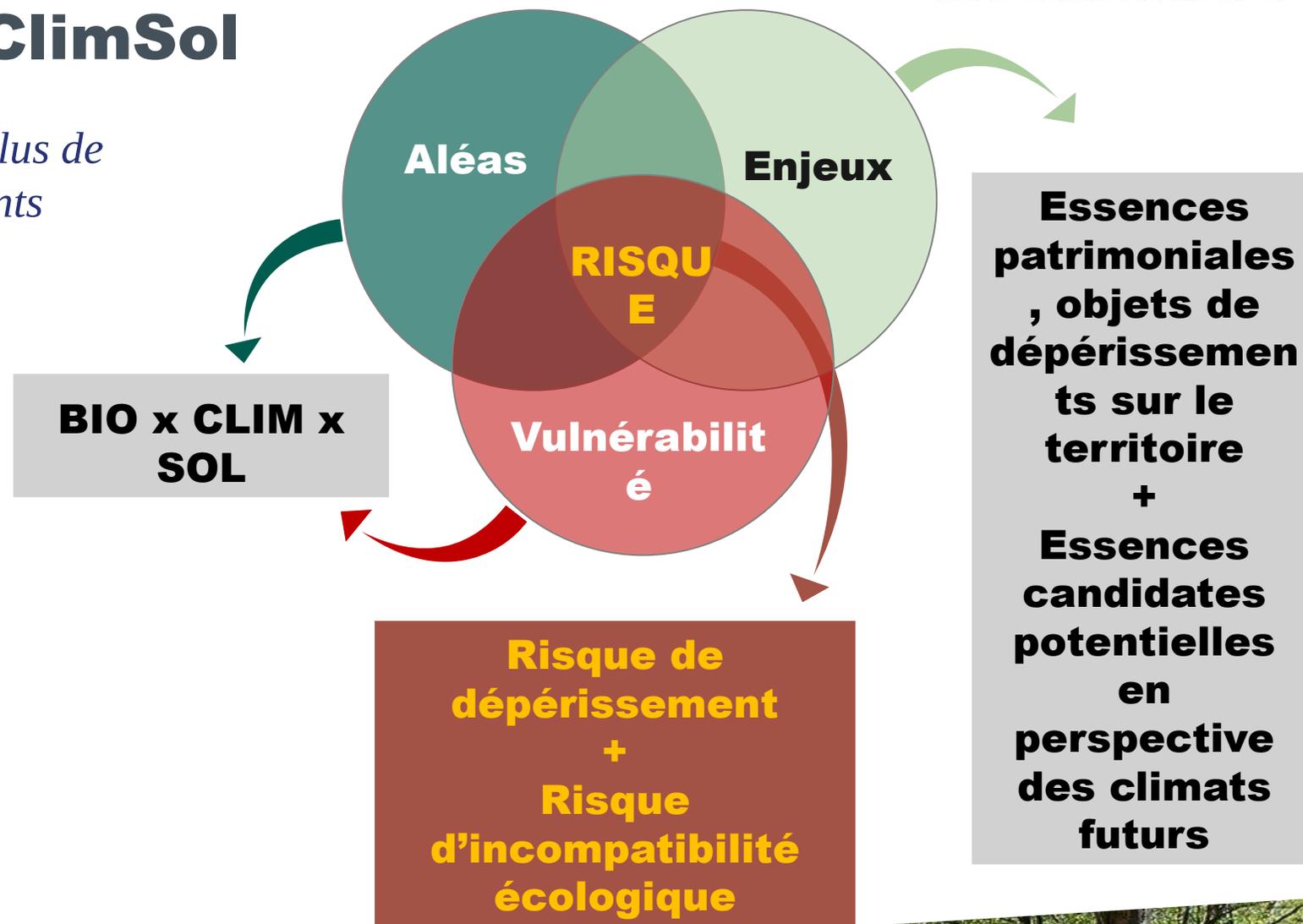
A l'origine de BioClimSol

Un historique de développement sur plus de 10 ans à l'IDF en lien avec différents CRPF...

1- Conceptualiser et valider une **méthode de modélisation des risques de dépérissement** pour toutes essences forestières

2- **Rendre accessible aux gestionnaires l'expertise** de ces modèles via **une application** pour un diagnostic **sur le terrain**

3- Traduire cette expertise en **prescriptions de gestion** pour le **choix des essences** et la sylviculture



2 définitions importantes

Niche climatique

Toute espèce possède une aire géographique de répartition naturelle.

Dans cette aire règnent des conditions climatiques particulières (températures moyennes et extrêmes, total et répartition des précipitations, etc.).

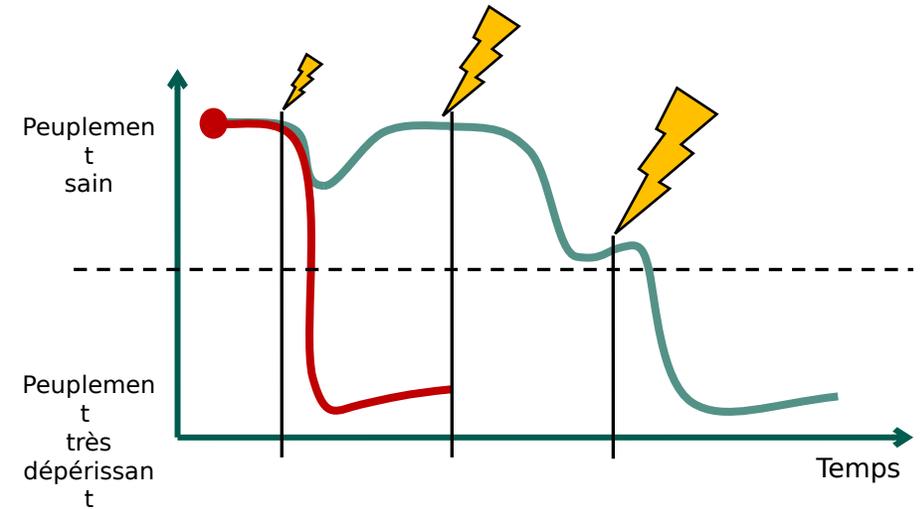
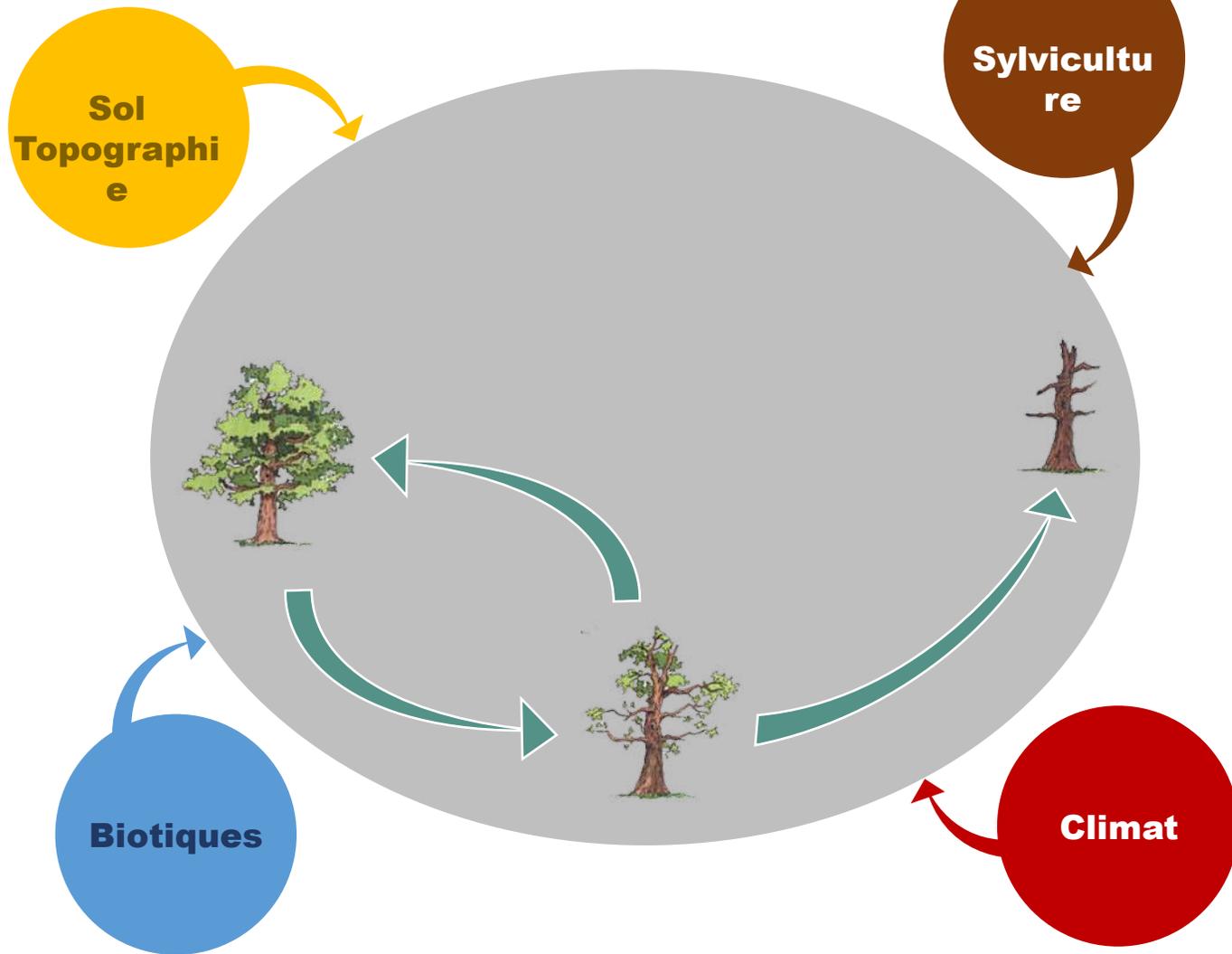
L'ensemble intégré de ces conditions bioclimatiques définit la « niche climatique réalisée » de l'espèce.

Dépérissement

Ce terme traduit “ une altération durable de l'aspect extérieur des arbres (mortalité d'organes pérennes, réduction de la qualité et de la quantité du feuillage) et une réduction de la vitalité (croissance).



Les facteurs de dépérissement



À-coups climatiques, attaques biotiques, événements, stress =

Facteurs déclenchants



Peuplement A = dépérissement progressif avec phases de résilience

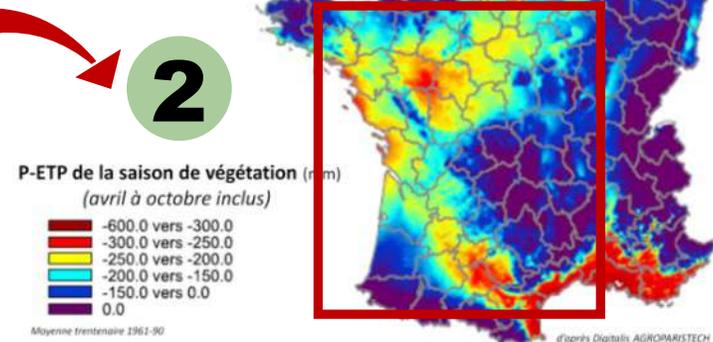
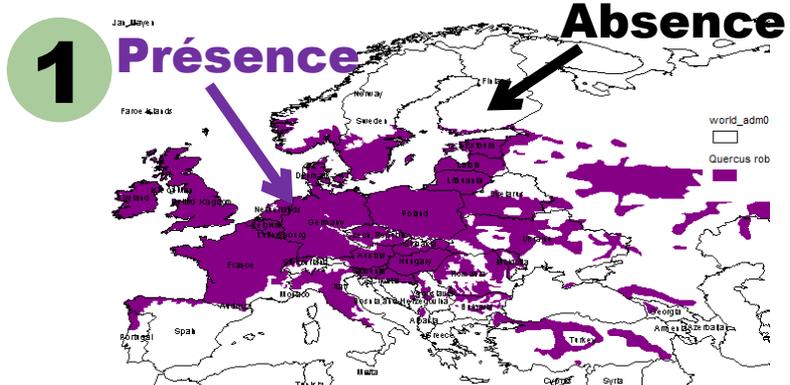


Peuplement B = **facteurs prédisposants** plus limitants = mortalités brutales



Construction des modèles BioClimSol

Modèles de dépérissement



1

Définition de la niche climatique (au seuil de 90%) de l'essence étudiée à l'aide son aire de répartition + Bibliographie

2

Stratification d'échantillonnage
Définition d'un transect climatique (seuils P-ETP ou autres variables selon signal renvoyé par niche climatique + zone d'étude)

3

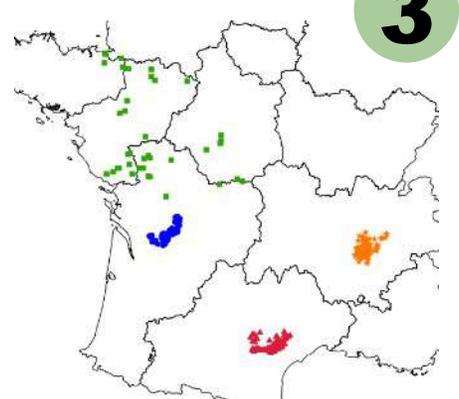
Installation de références de terrain
= diagnostic des peuplements selon gradient de niveau de dépérissement

4

Analyses de données de terrain collectées (sol, dendro, sanitaire)

5

Construction du modèle de dépérissement
(«expliquant» le dépérissement observé)



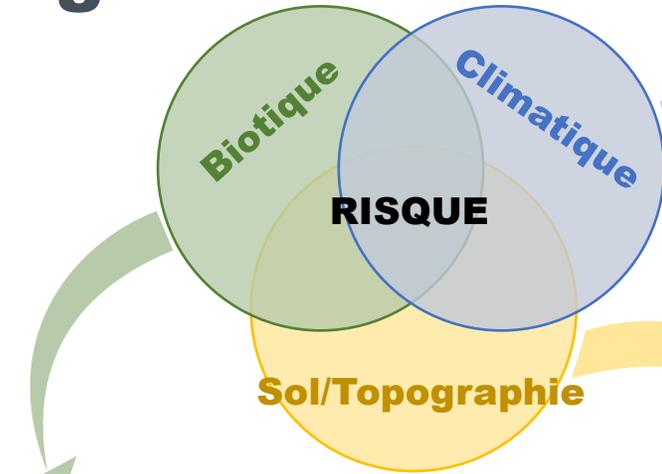
Peuplements « sains »

Peuplements « dégradés »



Indices de vigilance BioClimSol (IBS) : exemple du Pin sylvestre

© Photos - CNPF



Niveau de Risque = $a \cdot \% \text{ gui sur le terrain} + b \cdot \text{nid des chenilles processionnaires sur le terrain} + c \cdot \text{ITE} + d \cdot \text{TPI} + e \cdot \text{PPI} + f \cdot \text{P-ETP} + g \cdot \text{TM07} + h \cdot \text{TM01}$

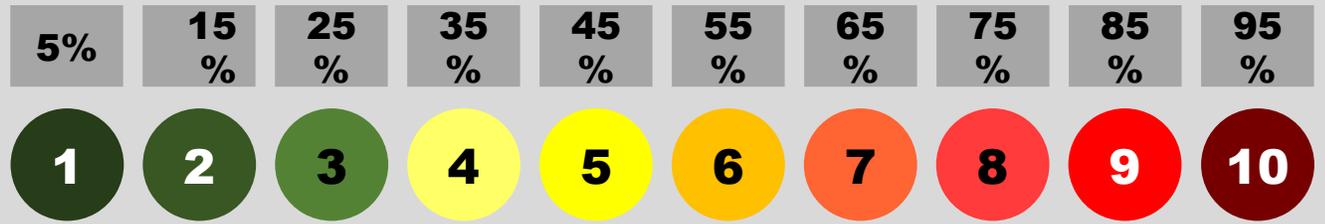


Facteurs d'intérêt négatif



Facteurs d'intérêt positif

= probabilités de rencontrer un dépérissement* = Indice IBS ou « note de vigilance » = classes de vigilance



VIGILANCE MODÉRÉE

VIGILANCE ELEVEE

VIGILANCE MAXIMALE

NB : la note de vigilance est harmonisée pour toutes les essences pour « détecter » un même niveau de dépérissement

Probabilité d'observer **au moins 20 % des tiges dominantes dépérisssantes*** au sein de la placette diagnostiquée en fonction des paramètres biotiques, climatiques, de sol et sylvicoles = **Niveau de risque** (Nageleisen, 2018)



Climat moyen

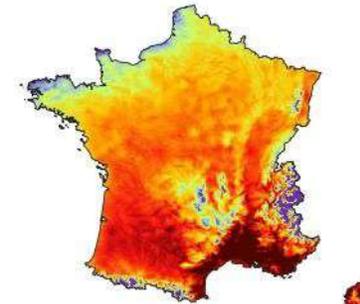
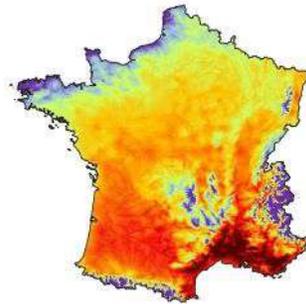
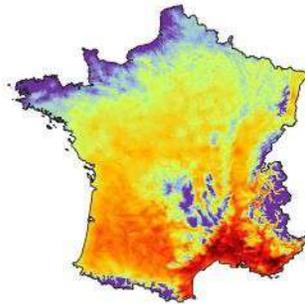
Climats futurs (projetés)

modèles sur 30 années
1981-2010

(+1°C en
moyenne)

(+2°C en
moyenne)

Températures maximales
estivales (°C)



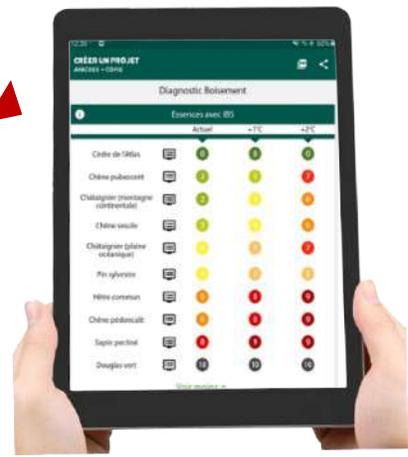
© Source : Météo France

Modélisations mise à jours en 2023 : modèle climat
moyen sur 1990 - 2020 avec des projections +1 à
+3 °C

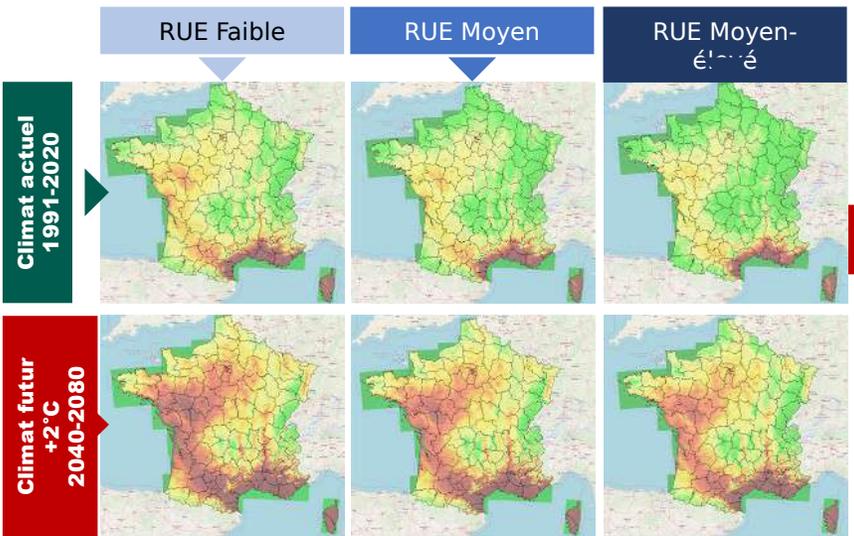


Interfaces et produits d'expertise

Gestionnaires forestiers
Application de terrain
Foreccast®



- **Aide au diagnostic** sur le terrain au niveau de la parcelle, des potentialités, contraintes et effets compensateurs des stations, dans les contextes de climats présent et futurs.
- **Aide à la décision** pour le choix des essences proposant une lecture comparative du niveau de vigilance (selon risque de dépérissement et compatibilité écologique)
- **Outil de prescriptions** pour des itinéraires sylvicoles
- **Outil d'évaluation des risques** de dépérissement et d'incompatibilité des niches écologiques, selon les modèles climatiques les plus à jour.



Décideurs

Cartes
BioClimSol sous



Chercheurs

BioClimSol sous R et Excel

Nombreuses possibilités de connexions et donc de valorisations de recherche!



Carte de vigilance BioClimSol pour le Chêne pédonculé

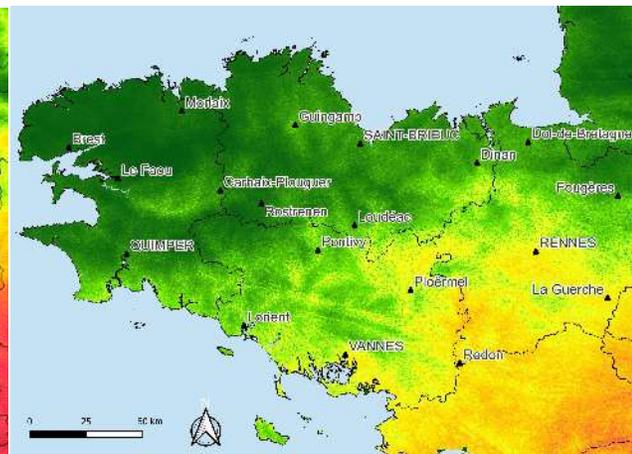
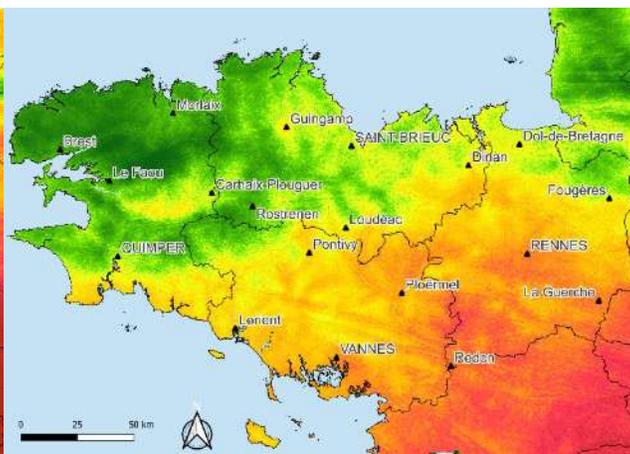
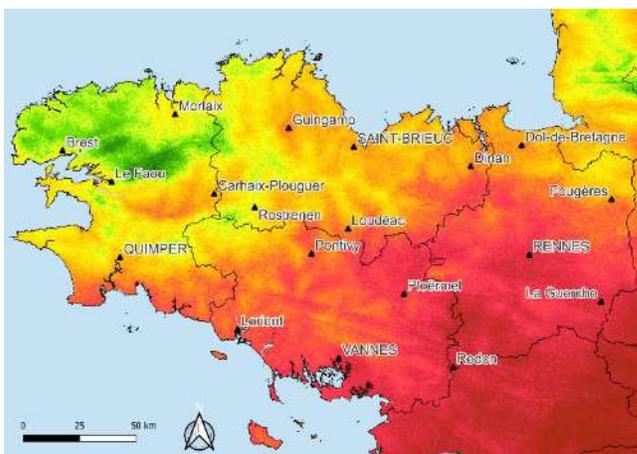
RUE Faible

RUE Moyen

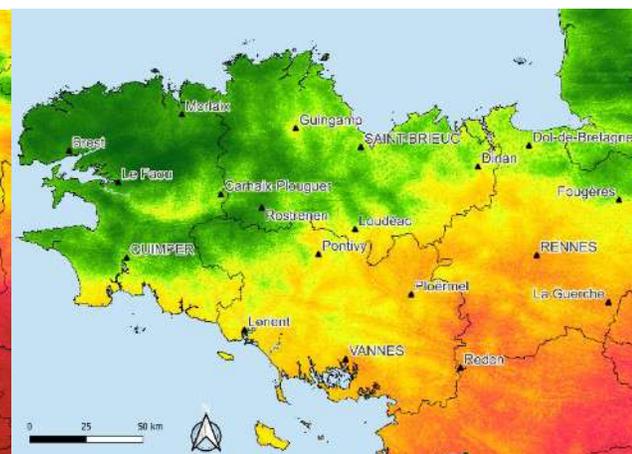
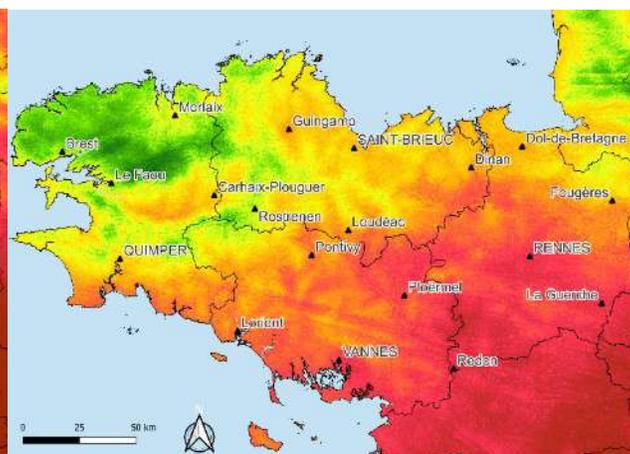
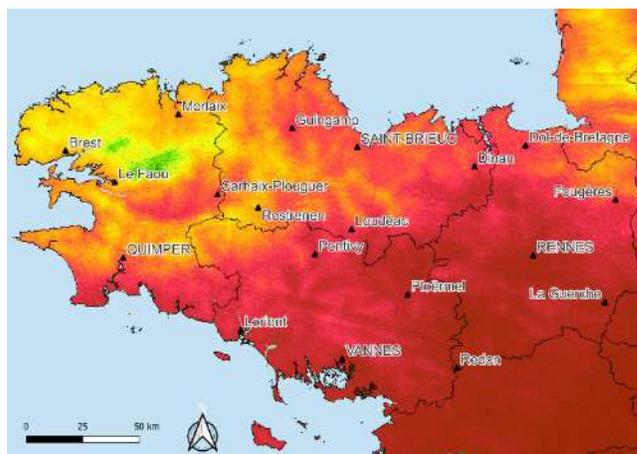
RUE Moyen-élevé

Par rapport aux données climatiques des normales 1981-2010

Climat actuel
+1°C
2015-2045



Climat futur
+2°C
2045-2075



Indice de vigilance



Indices calculés sur la base du modèle climatique NorClis © CNPF

VIGILANCE MODÉRÉE | **VIGILANCE ÉLEVÉE** | **VIGILANCE MAXIMALE**



Rappel ClimEssences



A l'origine de ClimEssences



Mise en ligne en 2020 **du site internet ClimEssences**, visant à mettre à dispositions différents outils d'aide à la décision vis-à-vis du changement climatique, développés dans le cadre du RMT Aforce.



Fiches espèces :
compilation et synthèse des connaissances acquises au fil du temps sur les espèces forestières. Provenant de l'expertise cumulée, d'observations ou d'expérimentations scientifiques.

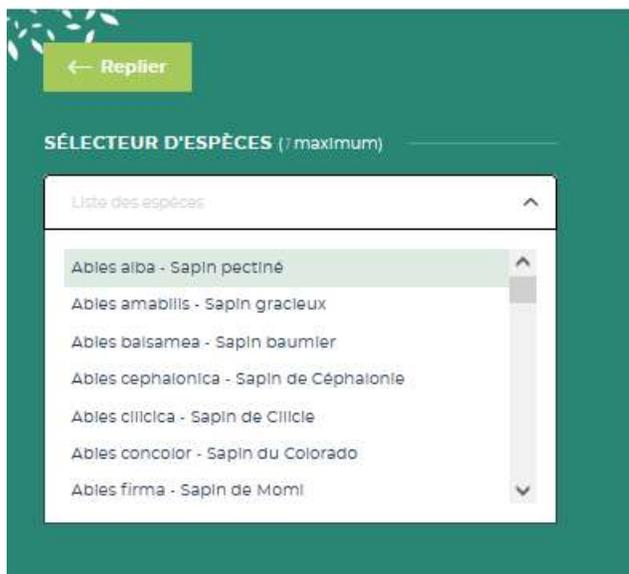


Cartes d'analogie climatiques (où trouver aujourd'hui le climat de demain pour une région forestière donnée) + **cartes de compatibilités climatiques** pour les espèces forestières européennes (Modèle IKS)

Accès en créant un compte internet gratuit. Deux modes de consultation : Standard et Expert (formation nécessaire)



Fiches espèces sur ClimEssences



Fiches espèces Variables climatiques Analogie climatique Compatibilités climatiques

🏠 > Liste des espèces > Picea sitchensis Endl. - Epicéa de Sitka

Résumé

Présentation

1. Facteurs limitants climatiques
2. Facteurs limitants édaphiques
3. Connaissance de la diversité génétique
4. Croissance et production de bois
5. Autres services écosystémiques
6. Mise en œuvre sylvicole
7. Vulnérabilité aux risques biotiques
8. Vulnérabilité aux risques abiotiques

Recommandation
Bibliographie

Picea sitchensis Endl. - Epicéa de Sitka

Résineux
Présentation

Latin		Vernaculaire	
Nom	Picea sitchensis Endl.	Nom	Epicéa de Sitka
Taxonomie de GRIN	Picea sitchensis (Bong.) Carrière	Taxonomie Plant List	Picea sitchensis (Bong.) Carrière
Classification Hillier	Picea sitchensis (Bong.) Carrière	Gymnosperm database	Picea sitchensis (Bongard) Carrière

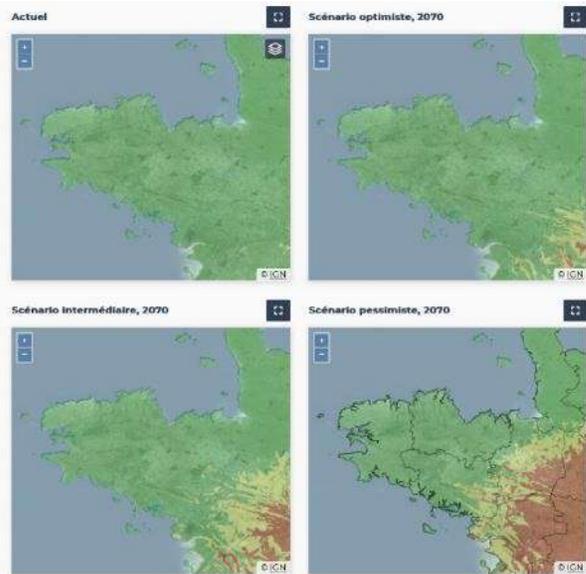
Fiche de l'Epicéa de Sitka



ClimEssences : cartes de compatibilité climatique

Modèle IKS

Représentation du climat par 3 indicateurs considérés comme limitants pour les espèces forestières.



Carte de compatibilité climatique pour une espèce donnée

-Le **Déficit Hydrique annuel**, qui au-dessus d'un **seuil maximal** correspond au facteur limitant **manque d'eau (sécheresse)**,

-La **Température Minimale annuelle**, qui en-dessous d'un **seuil minimal** correspond au facteur limitant **excès de froid**,

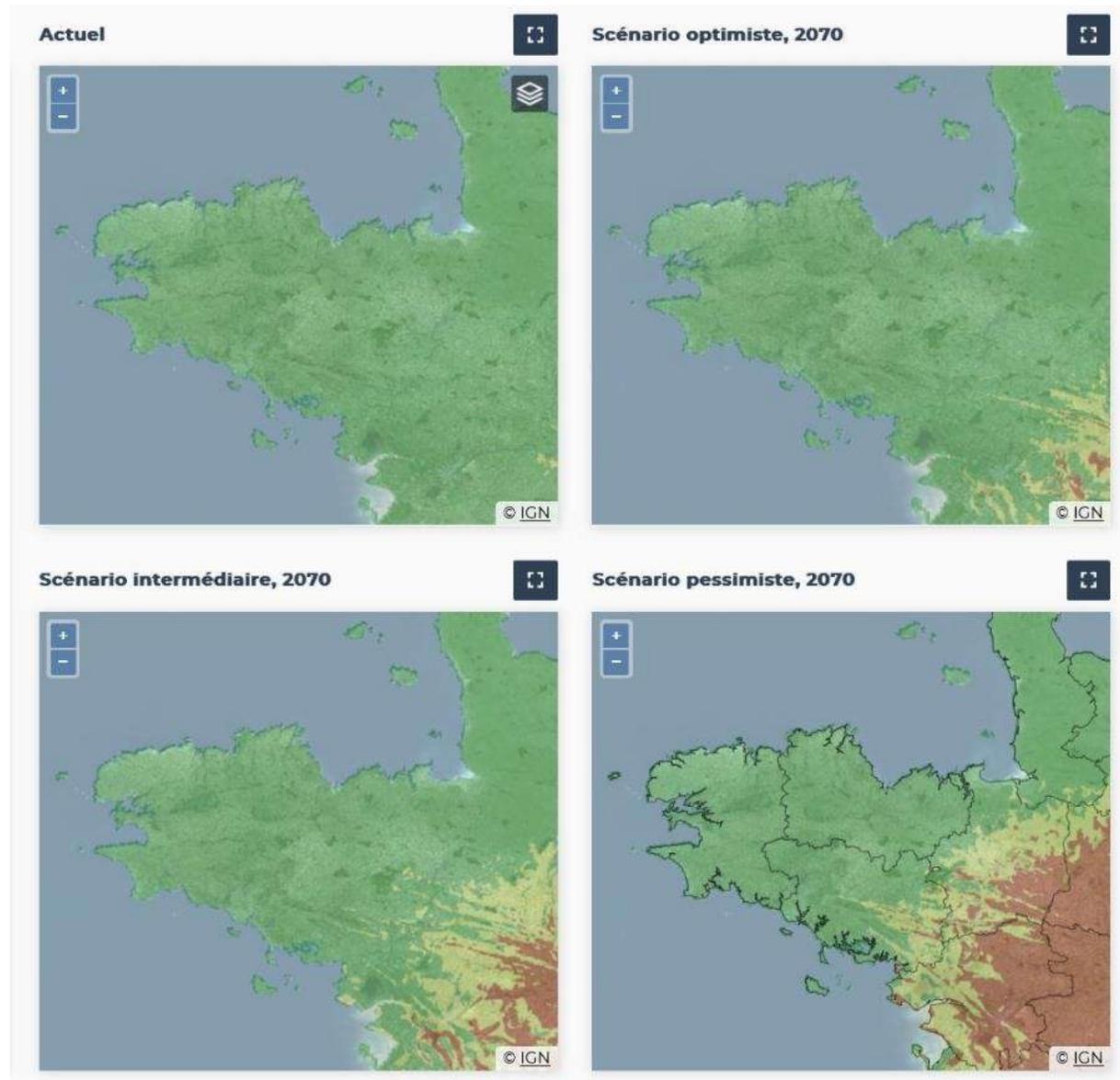
-La **Somme des Degrés Jours annuelle**, qui en-dessous d'un **seuil minimal** correspond au facteur limitant **manque de chaleur**.

Analyse des données de présence d'espèces pour caractériser leur **enveloppe de compatibilité climatique** et en calant les **seuils de façon indépendante pour chaque indicateur**.

+ projections au climat futur



Carte de compatibilité ClimEssences pour le Chêne pédonculé



Zone Compatible



Zone Non compatible à 97,5%



Zone Non compatible à 99%



Pour bien résumer les différences
entre ces deux outils



Pour résumer : les modèles proposés selon les outils



2 types de modèles :

Indice de vigilance face au risque de dépérissement : **Indice BioClimSol (IBS)**

13 essences : Chêne pédonculé, sessile, pubescent, vert, liège, le Châtaignier (montagne continentale et plaine océanique), le Hêtre, le Pin sylvestre, l'Epicéa commun, le Douglas, le Cèdre de l'Atlas, le Sapin pectiné

Indice de compatibilité climatique pour 48 essences forestières pour lesquelles il n'y a pas assez de données terrain sur les dépérissements suffisantes pour créer l'IBS : **Indice de Niche BioClimSol (INB)**

Un modèle de compatibilité climatique pour 50 essences forestières : modèle IKS



Pour résumer :

	BIOCLIMSOL 
Site web	✗
Application mobile	✓
Fiches essences	✗
Modèles de niches	✓
Modèles de dépérissement	✓
Variables climatiques	✓
Variables topo-édaphiques	✓
Résolution fine (à la parcelle)	✓
Cartographies (SIG)	✓
Intégration des risques	✓



Merci de votre attention !

Armel BERNAY

CRPF Bretagne-Pays de la Loire

Pour en savoir plus : [https://
www.reseau-aforce.fr/n/les-outils-sylvoclimatiques
/n:4151](https://www.reseau-aforce.fr/n/les-outils-sylvoclimatiques/n:4151)

Copyrights photos :

Bernard Petit © CNPF,
Sylvain Gaudin © CNPF,
Olivier Martineau © CNPF,
Florent Gallois © CNPF,
Anne Geneix © CNPF

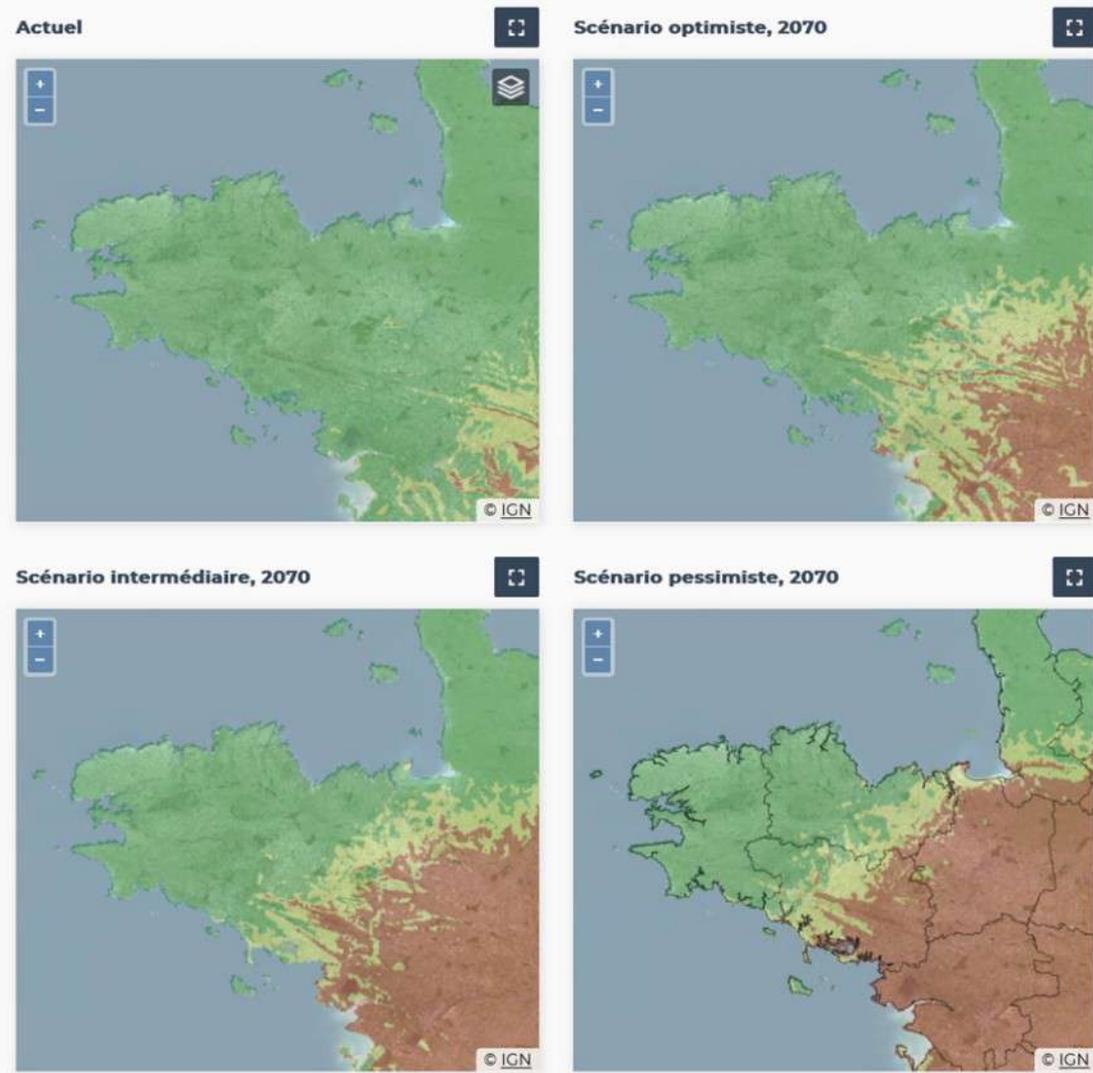
Quelques cartes obtenues pour les principales essences en Bretagne



Résineux



Carte de compatibilité ClimEssences pour le Douglas



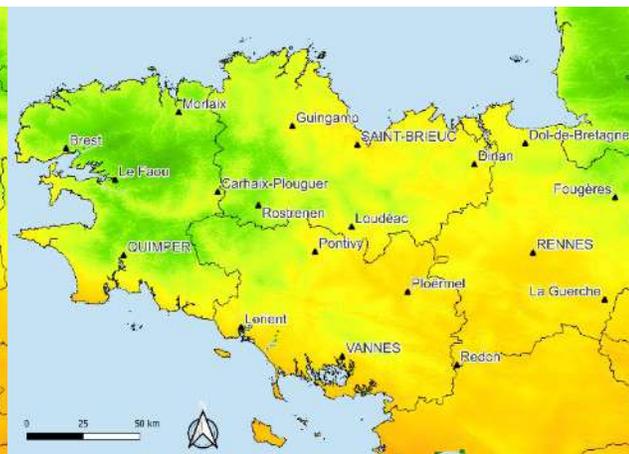
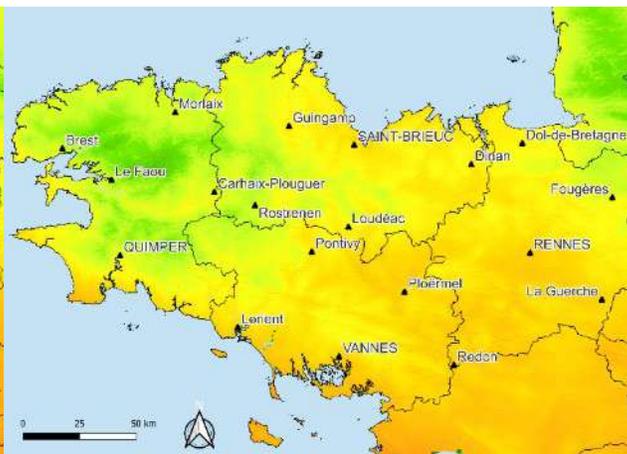
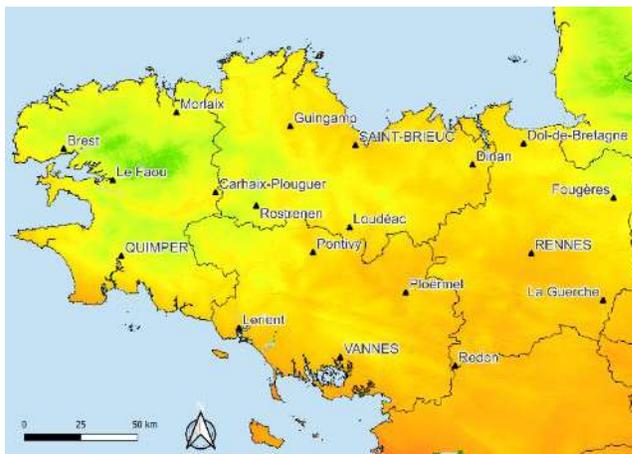
Carte de vigilance BioClimSol pour le Douglas

RUE Faible

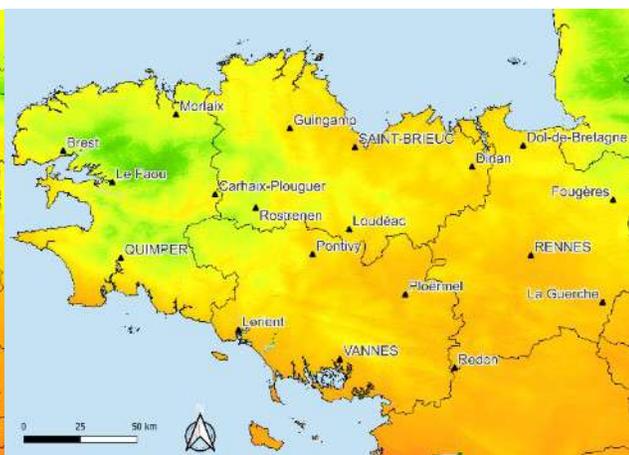
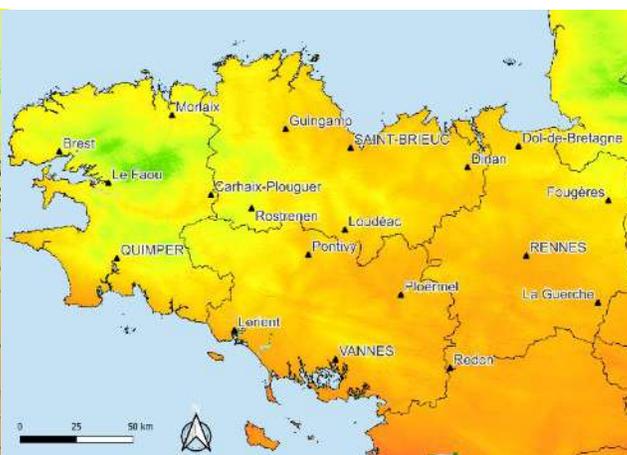
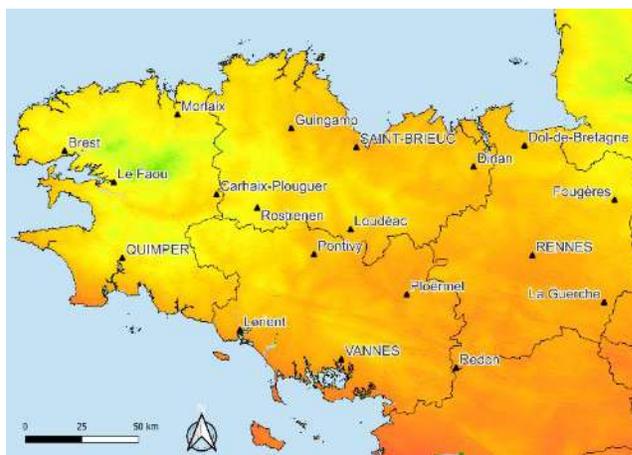
RUE Moyen

RUE Moyen-
élevé

Climat actuel
2015-2045



Climat futur
+2°C
2045-2075



Par rapport aux données climatiques
normales 1981-2010

Indice de
vigilance



VIGILANCE MODÉRÉE | **VIGILANCE ÉLEVÉE** | **VIGILANCE MAXIMALE**

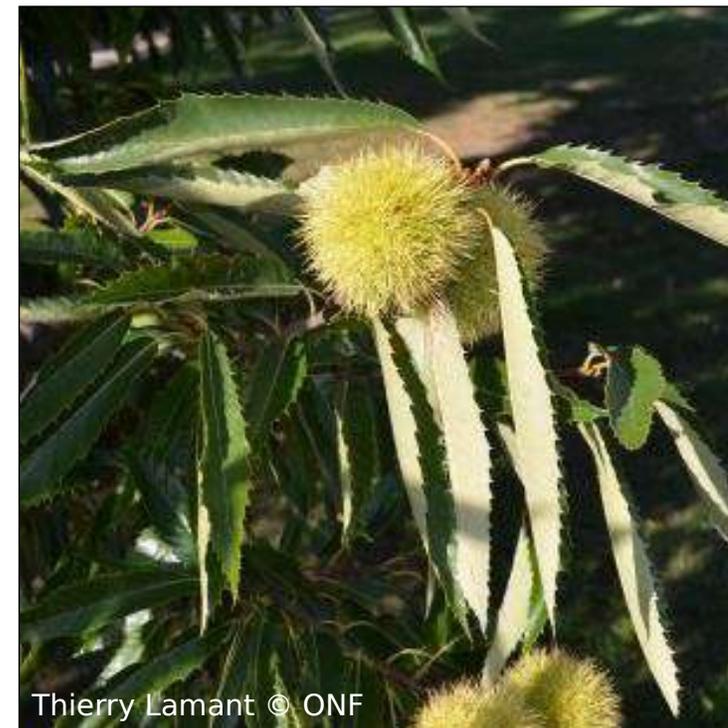
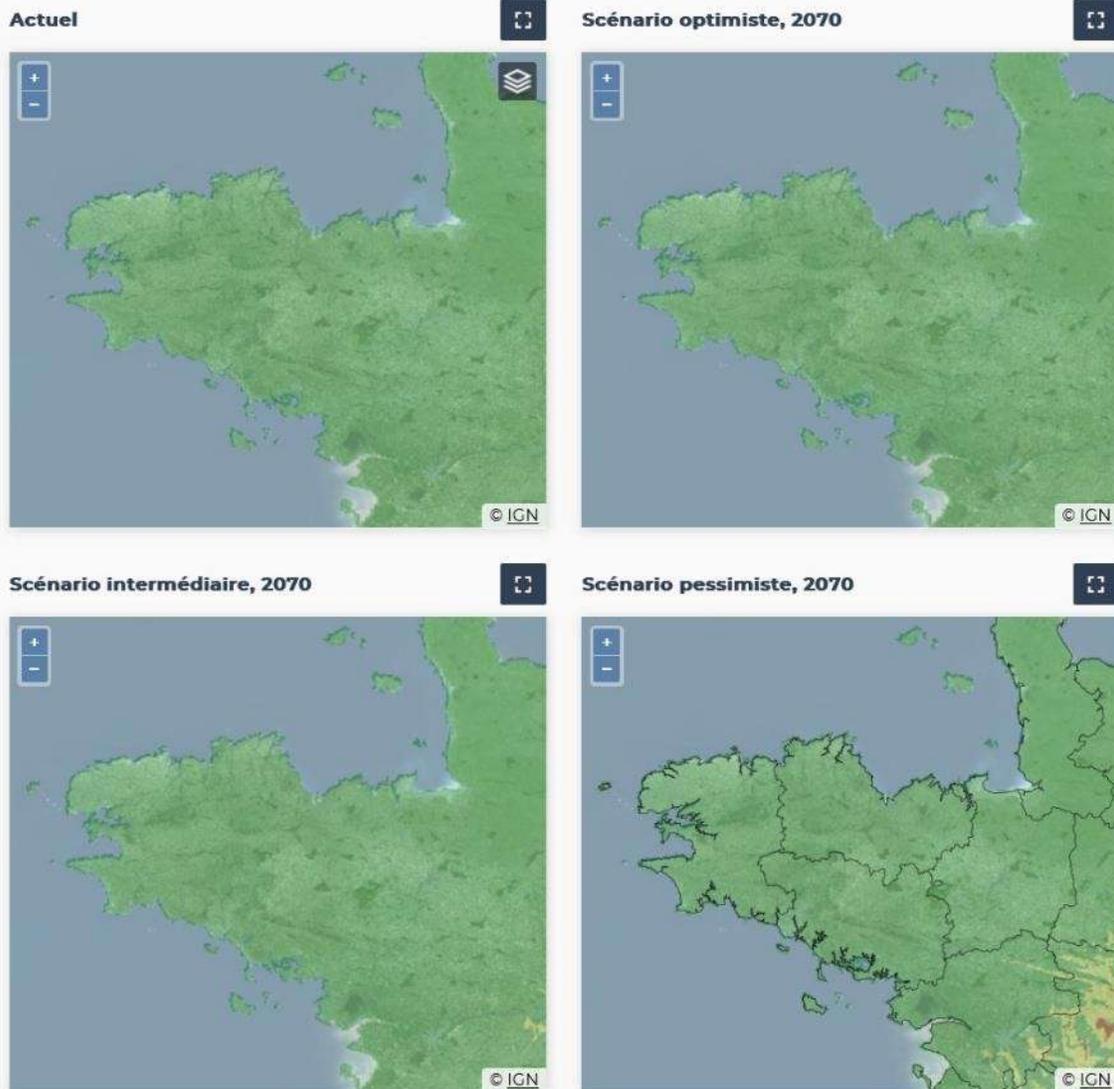
Indices calculés sur la base du modèle climatique NorClis © CNPF



Feuillus



Carte de compatibilité ClimEssences pour le Châtaignier



Carte de vigilance BioClimSol pour le Châtaignier

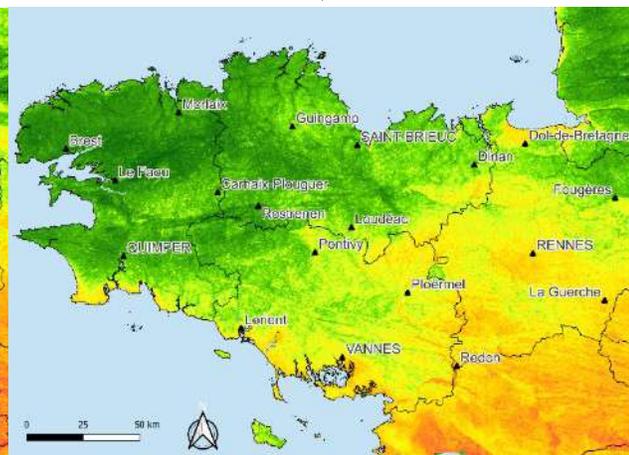
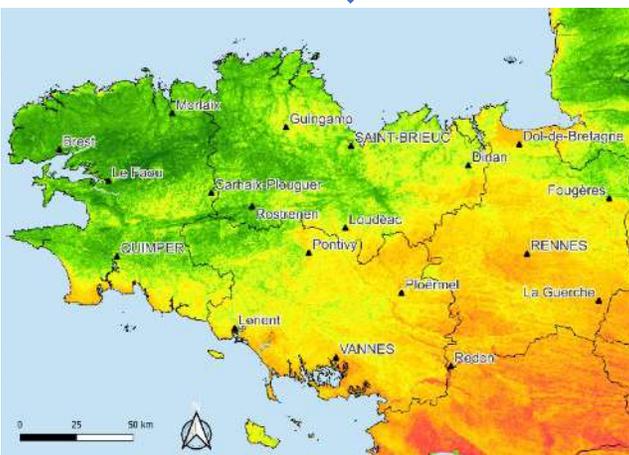
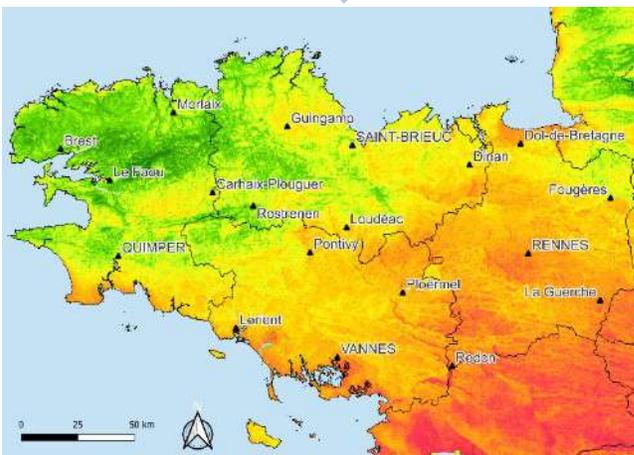
Texture du sol
lourde

Texture du sol
moyenne

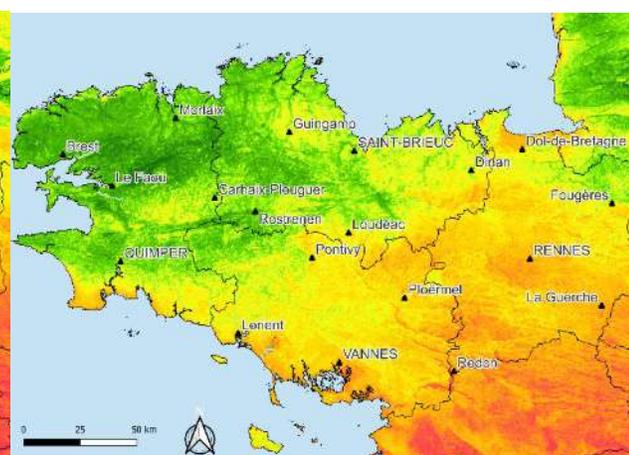
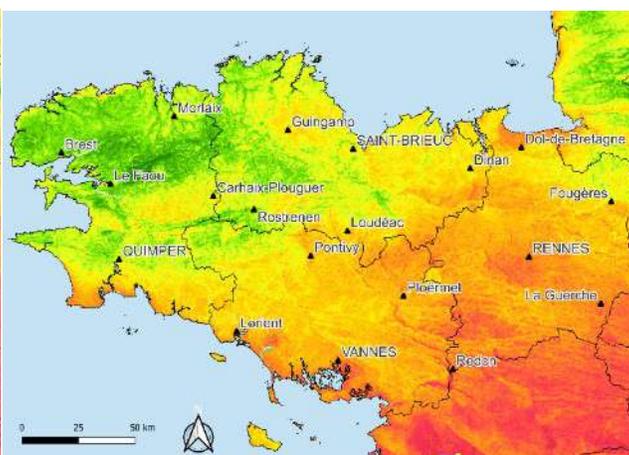
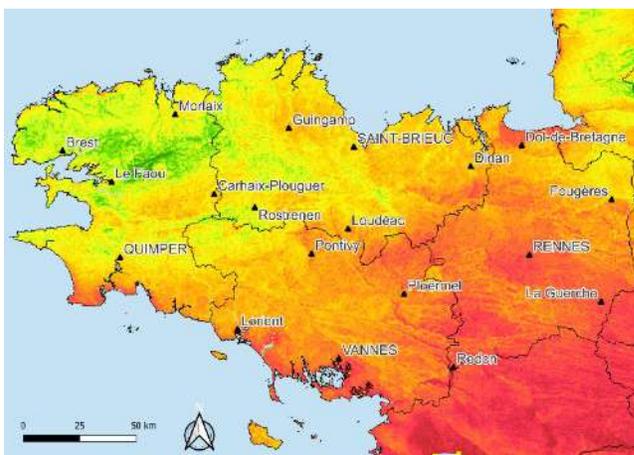
Texture du sol
grossière

Par rapport aux données climatiques normales 1981-2010

Climat actuel
2015-2045



Climat futur
+2°C
2045-2075



Indice de vigilance

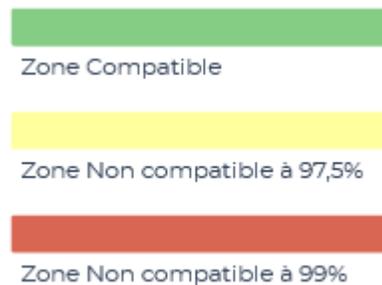
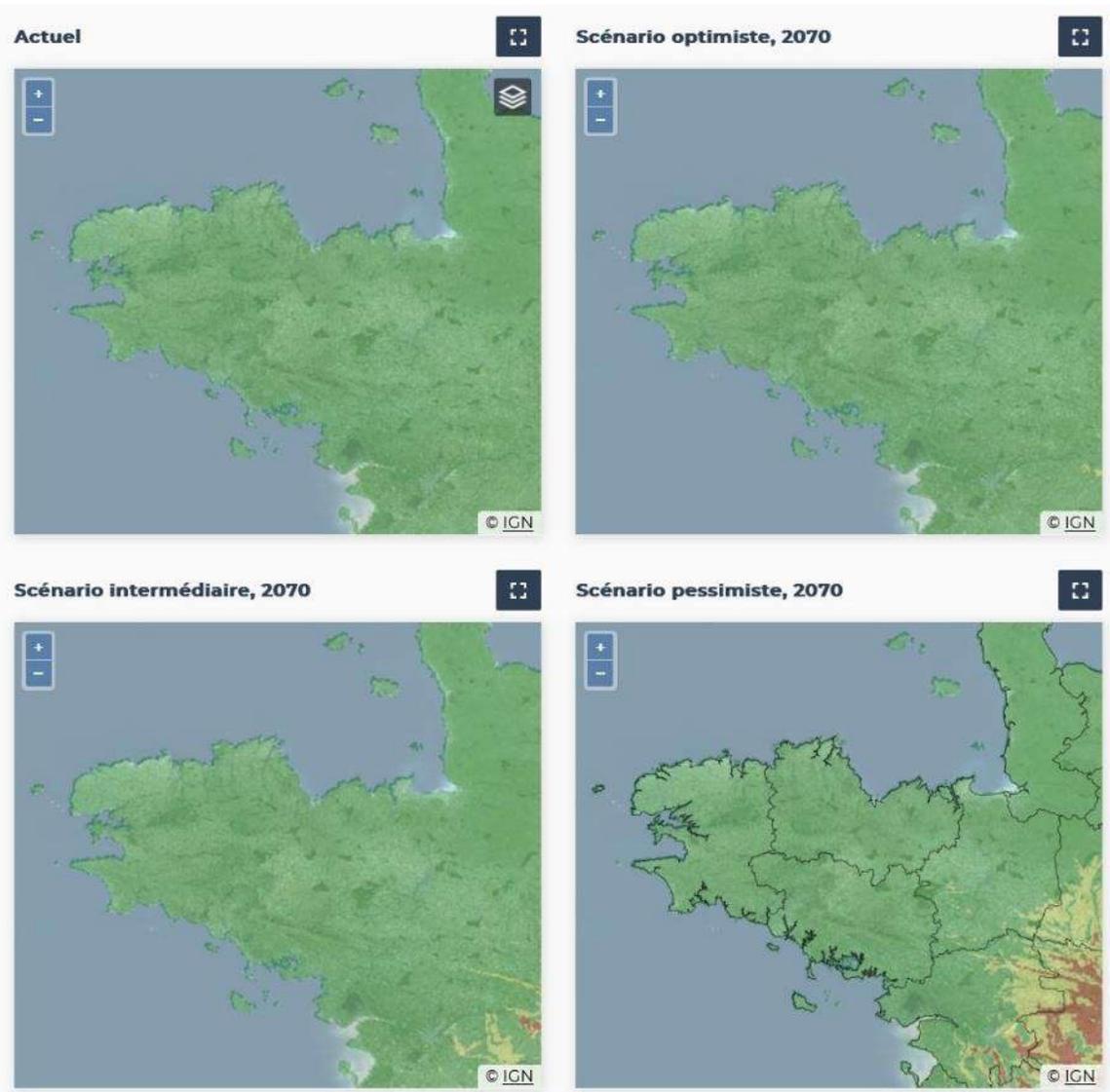


VIGILANCE MODÉRÉE **VIGILANCE ÉLEVÉE** **VIGILANCE MAXIMALE**

Indices calculés sur la base du modèle climatique NorClis © CNPF



Carte de compatibilité ClimEssences pour le Chêne pubescent



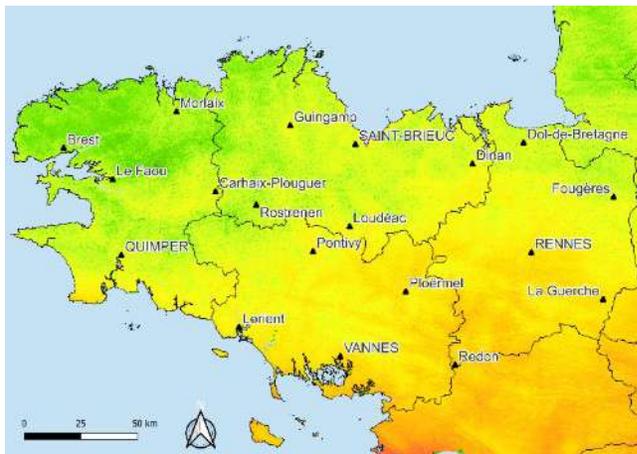
Carte de vigilance BioClimSol pour le Chêne pubescent

RUE Faible

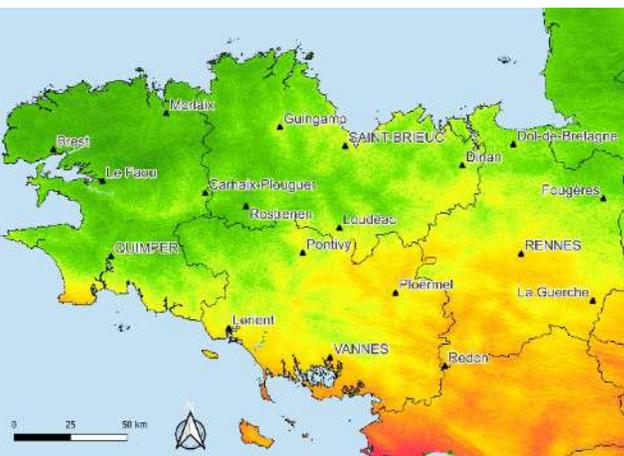
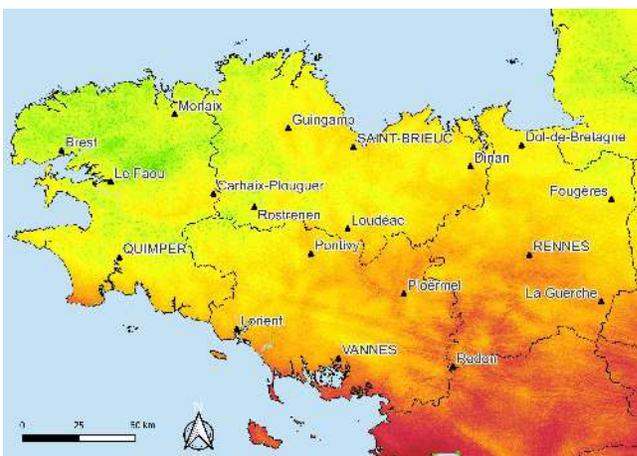
RUE Moyen

RUE Moyen-élevé

Climat actuel
2015-2045



Climat futur
+2°C
2045-2075



Par rapport aux données climatiques normales 1981-2010

Indice de vigilance

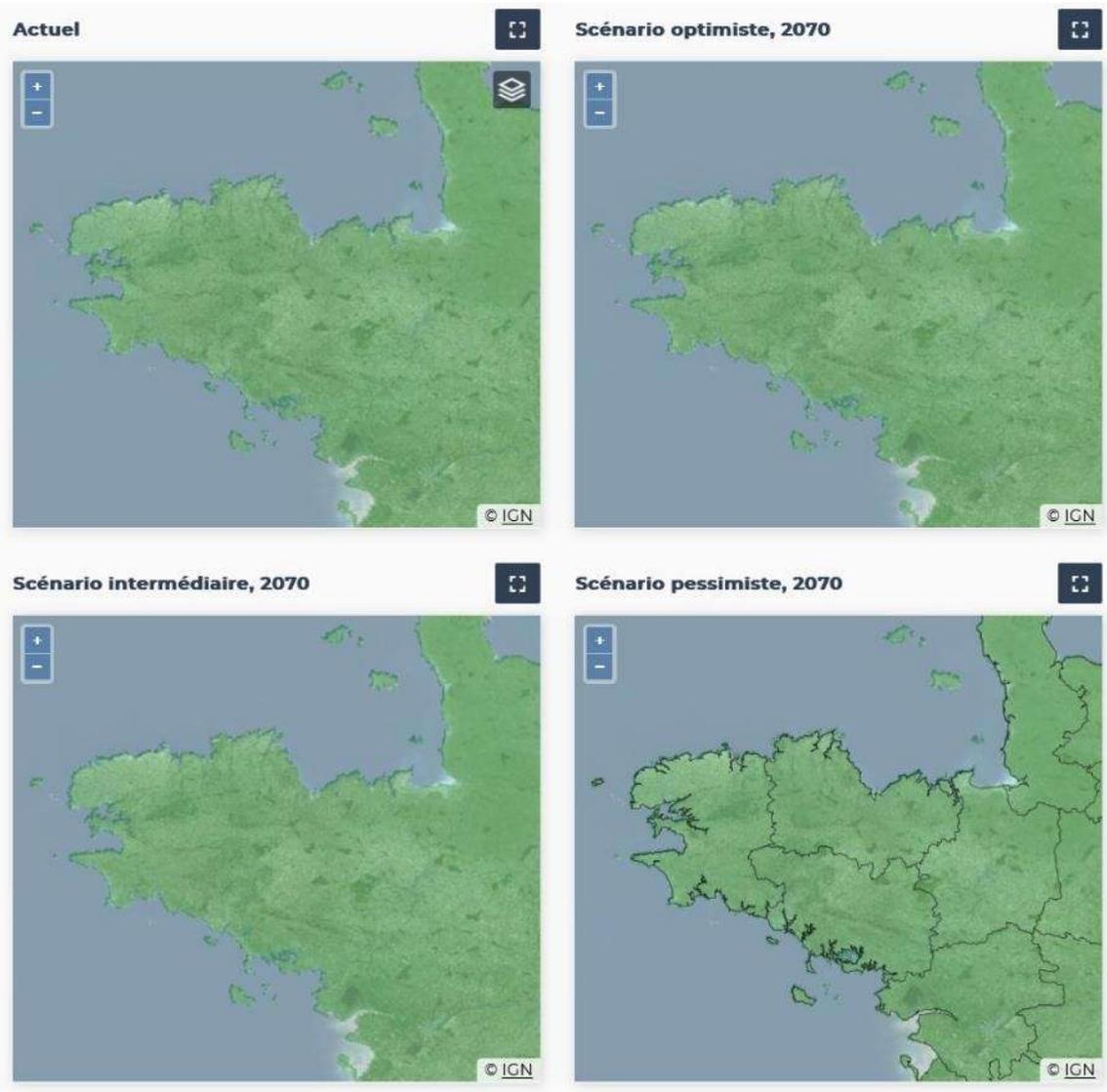


VIGILANCE MODÉRÉE | **VIGILANCE ÉLEVÉE** | **VIGILANCE MAXIMALE**

Indices calculés sur la base du modèle climatique NorClis © CNPF



Carte de compatibilité ClimEssences pour le Chêne vert



Quelques définitions



- **Bilan hydrique climatique P-ETP** : quantité de pluie disponible pour les plantes, une fois les besoins en évaporation et en transpiration satisfaits. Il est calculé par la différence entre les précipitations (P) et l'évapotranspiration potentielle.
- **Dépérissement** : ce terme traduit " une altération durable de l'aspect extérieur des arbres (mortalité d'organes pérennes, réduction de la qualité et de la quantité du feuillage) et une réduction de la vitalité (croissance). La mort d'un certain nombre de sujets est observée mais l'issue n'est pas obligatoirement fatale même si la situation est préoccupante.
- **DEPERIS** : méthode d'estimation simplifiée de l'état des houppiers des arbres.
- **GIEC** : Groupement d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat, il a pour mission d'évaluer et synthétiser les différentes études sur le changement climatique publiées à travers le monde.
- **Niche climatique** : toute espèce possède une aire géographique de répartition naturelle. Dans cette aire règnent des conditions climatiques particulières (températures moyennes et extrêmes, total et répartition des précipitations, etc.). L'ensemble intégré de ces conditions bioclimatiques définit la « niche climatique réalisée » de l'espèce.
- **Réservoir utile en eau (RU)** : c'est la quantité d'eau maximale que le sol peut contenir et restituer aux racines pour la vie végétale. La valeur du RU dépend de plusieurs caractéristiques du sol : la **texture de la terre fine**, la **teneur en éléments grossiers** et la **profondeur du sol**.

