

IMPACT de SCÉNARIOS de CHANGEMENT CLIMATIQUE sur la DISTRIBUTION des ESPÈCES à l'échelle de PETITS MASSIFS FORESTIERS

Philippe Dreyfus, ONF, département Recherche, Développement et Innovation
pôle d'Avignon

Contexte :

- des Changements Climatiques nets
- des Connaissances scientifiques de l'Aire « climatique » des espèces, à l'échelle nationale (+/-), ... mais à résolution grossière !

Question posée :

- quelles Essences d'Avenir, **localement**, pour « **ma** » Forêt ?

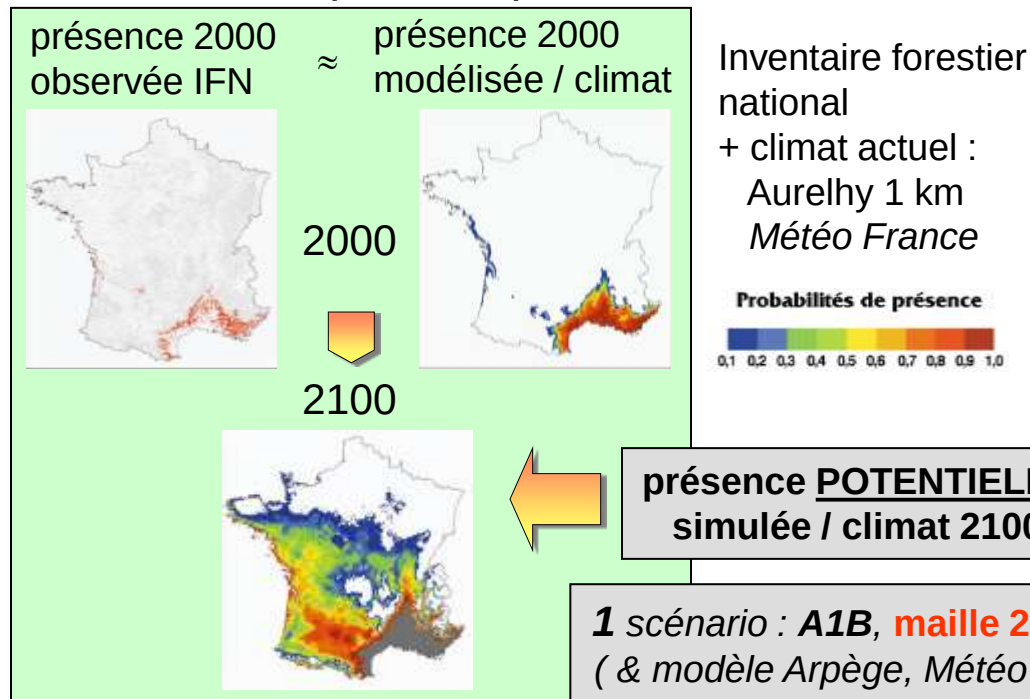


Changements Climatiques : impacts sur la Répartition des espèces à +/- large échelle

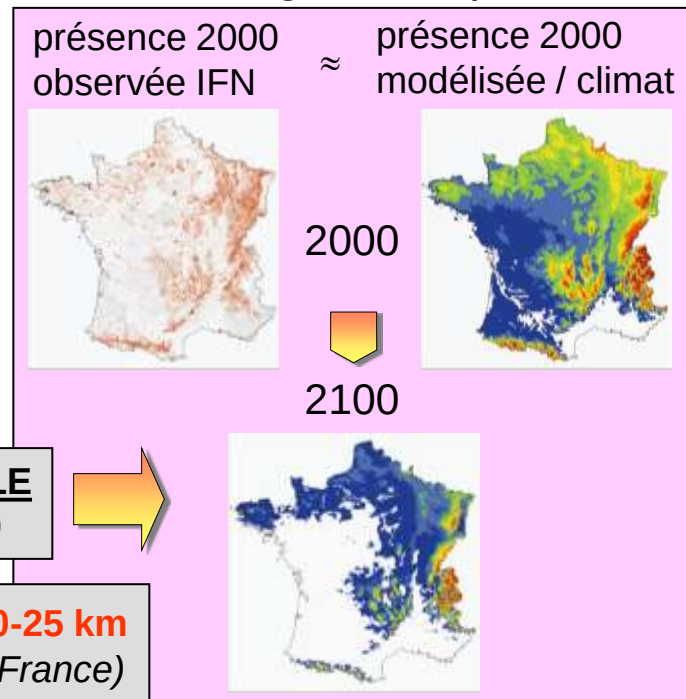
Badeau et coll. 2005. Aires potentielles de répartition des essences forestières d'ici 2100,

Forêt Entreprise, 2005 (2), n° 162, p. 25-29. Projet CARBOFOR 2001-2004

Chêne vert : expansion potentielle



Hêtre : régression probable



Et à l'Échelle Locale, d'une Forêt ou du petit massif ?

... notamment en montagne !

- Modèles climatiques globaux (GCM) :
résolution 250 x 250 km
- « Descente d'échelle », « Régionalisation » :

10 x 10 km

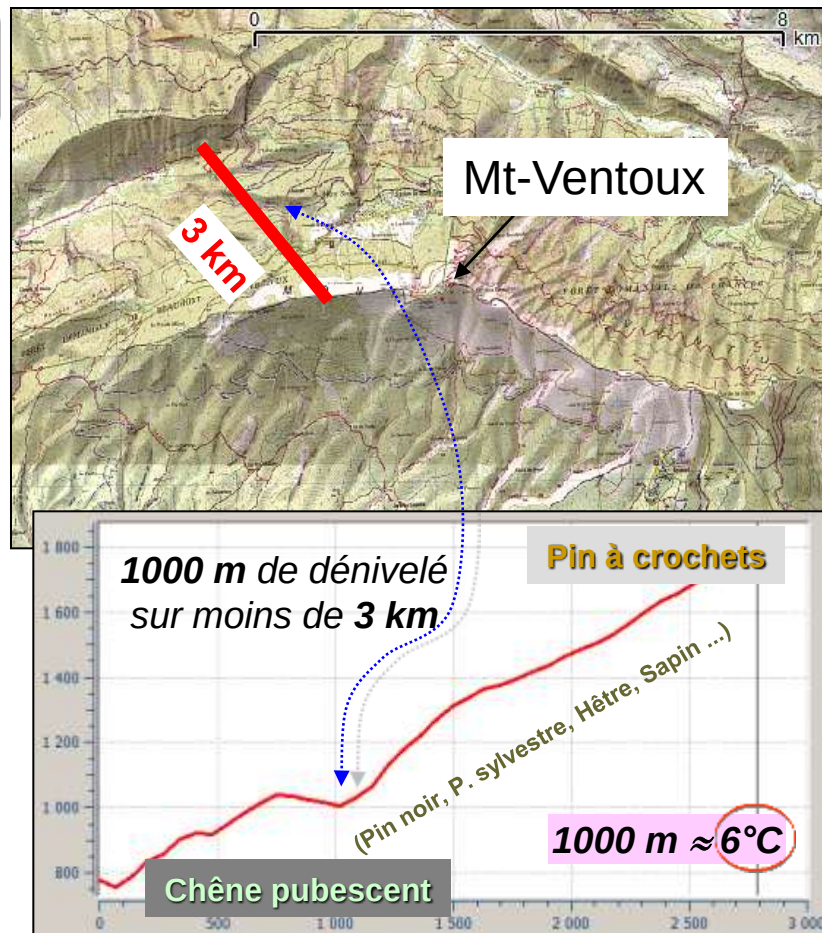
8 x 8 km

?

Comment prendre en compte :

- l'**altitude** et l'**exposition** ?
- le **gradient thermique altitudinal** ?
- les situations de **confinement** ?

... à cette échelle, on est plutôt démuni ...



Tentative de Modélisation :

Hypothèses retenues, et Données et Connaissances utilisées

Hypothèse : gradient thermique altitudinal

(+ 100 m $\approx$ - 0,6°C)

=> **Analogie entre Réchauffement climatique et Décalage altitudinal**

Ladier J., 2004. *Les stations forestières des Préalpes sèches ; définition, répartition, dynamique, fertilité.*

Office National des Forêts, DT Méditerranée, Cellule Régionale d'Appui Technique, 124 p.

Téléchargeable à <http://inventaire-forestier.ign.fr>, Activités thématiques, Typologie des stations forestières

Tranches d'« altitude » par espèce, en 2000, année de référence :

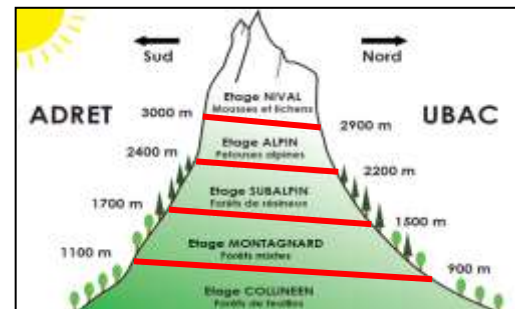
- Pin à crochets : 1100 - 2400 m
- Sapin pectiné : 1000 - 2100 m
- Hêtre : 800 - 1700 m
- Pin sylvestre : 500 - 1800 m
- Pin noir : 500 - 1400 m
- Chêne pubescent : 400 - 1100 m

+ 2 espèces méditerranéennes :

Chêne vert : 0 - 500 m, Pin d'Alep : 0 - 600 m.

Altitude compensée par l'exposition :

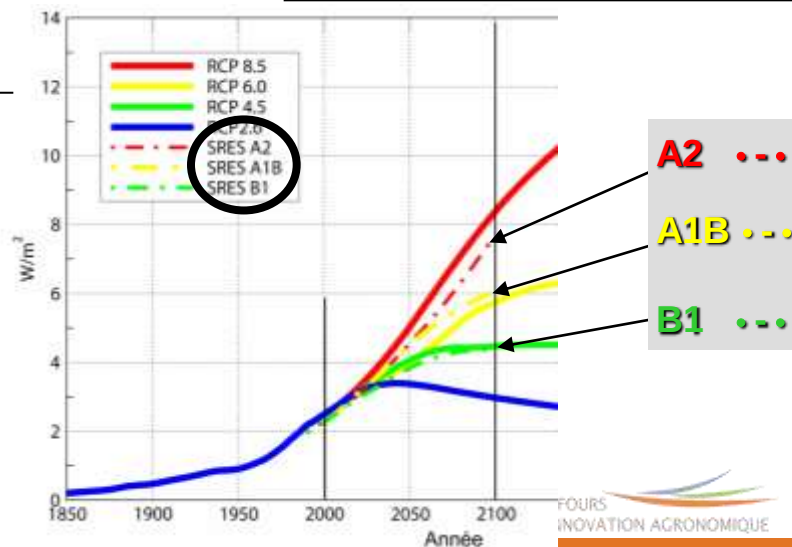
(/ indice de rayonnement de Becker)



Données Climatiques :

cf. site Drias – Les futurs du climat (www.drias-climat.fr)

- période de référence (climat actuel, passé récent)
- 3 scénarios du GIEC : SRES B1, A1B, A2
- modèle ARPEGE-Climat, Météo France



Résultats des Simulations :

- aires potentielles locales
- étages bioclimatiques

Ex. pour scénario **A1B** (& modèle Arpège, Météo France)

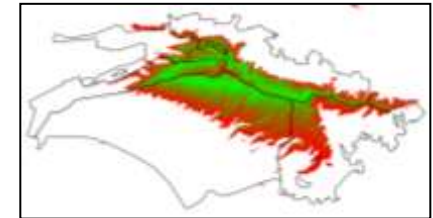
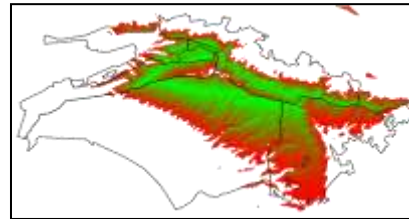
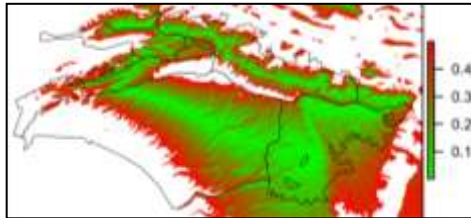
Mont-Ventoux (84)

2000

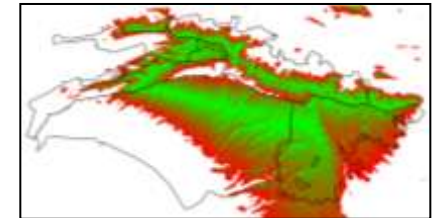
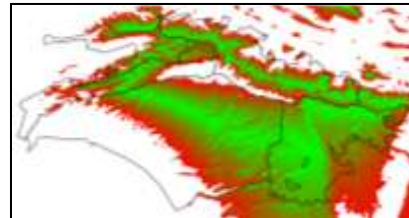
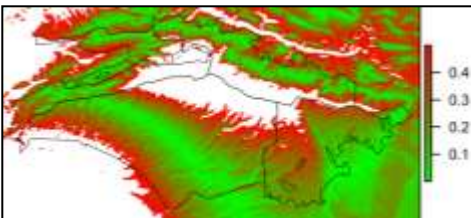
2050

2095

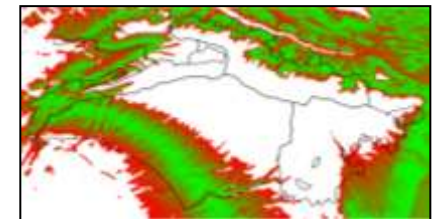
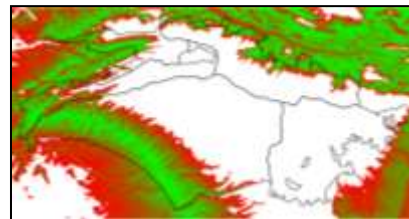
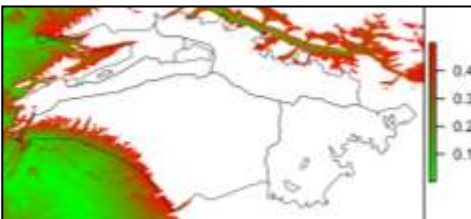
Hêtre



Pin noir



Pin d'Alep



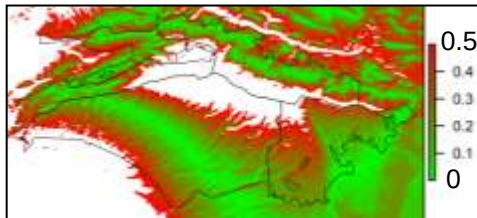
Vers 2000 (référence) :

... tranche altitudinale (en 2000) de l'espèce : [$altINF$, $altSUP$]
« Optimum » de l'espèce : $altMédiane = (altINF + altSUP) / 2$

$$\text{Écart à l'optimum}_{(x,y,2000)} = | \text{AltiComp}_{(x,y,2000)} - altMédiane | / (altSUP - altINF)$$

- entre $altINF$ et $altSUP$: $0 \leq \text{Écart}_{(x,y,2000)} \leq 0,5$

à l'optimum
($\text{AltiComp}_{(x,y,2000)} = altMédiane$)



en limite altitudinale
($\text{AltiComp}_{(x,y,2000)} = altINF$ ou $altSUP$)

- $\text{AltiComp}_{(x,y,2000)} > altSUP$ ou $< altINF$: hors tranche altitudinale ... à la date considérée.

+ Relation empirique établie entre **Altitude** et variables **Climatiques en 2000**

(simple combinaison linéaire de N variables mensuelles de Température (min, max, moy), Précipitations)

Pour 20?? (futur) :

Valeurs **Climatiques** simulées (*site Drias*) $\Rightarrow$ « nouvelle Altitude », compensée, $\text{AltiCompFuture}_{(x,y,20??)}$

Nouvel Écart à l'optimum de l'espèce :

$$\text{ÉcartFutur}_{(x,y,20??)} = | \text{AltiCompFuture}_{(x,y,20??)} - altMédiane | / (altSUP - altINF)$$

Ex. pour scénario **A1B** (& modèle Arpège, Météo France)

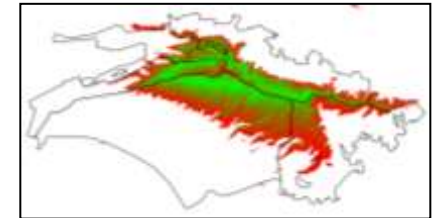
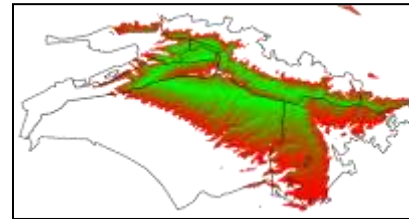
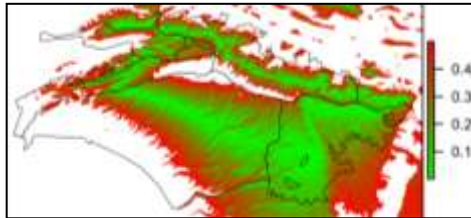
Mont-Ventoux (84)

2000

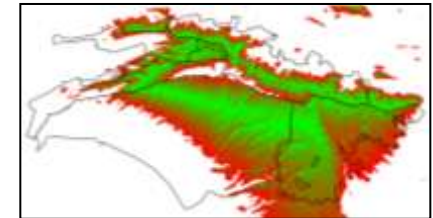
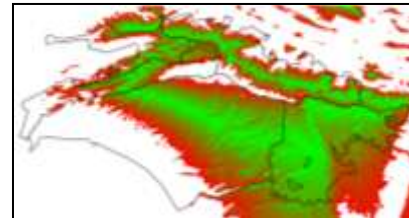
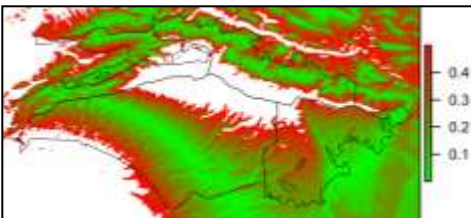
2050

2095

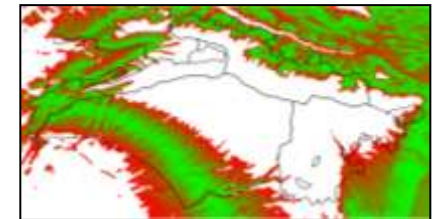
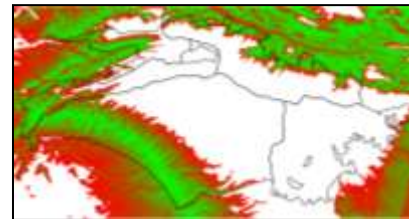
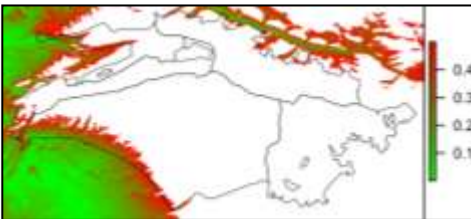
Hêtre



Pin noir

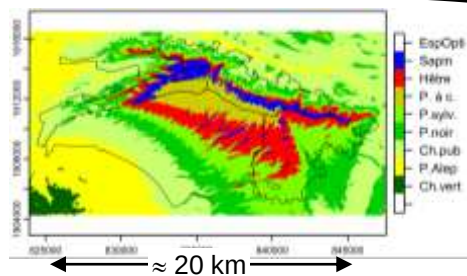


Pin d'Alep

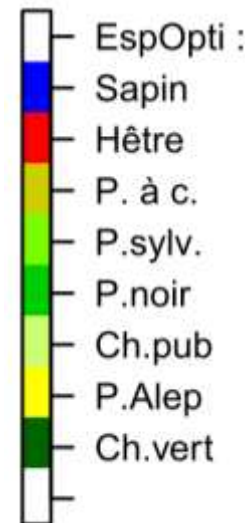


Répartition des espèces, selon la distance relative à leur « optimum » : Mont-Ventoux

Référence 2000 :

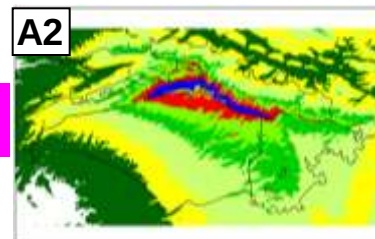
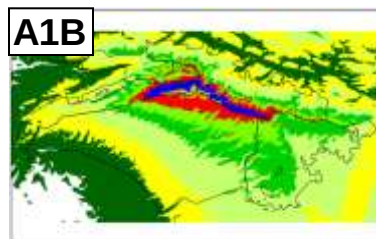
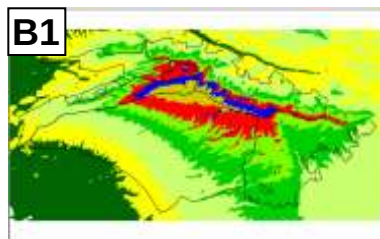


massif du Ventoux (84)



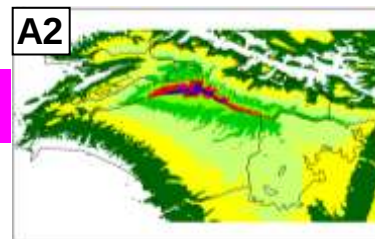
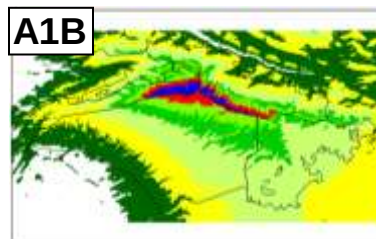
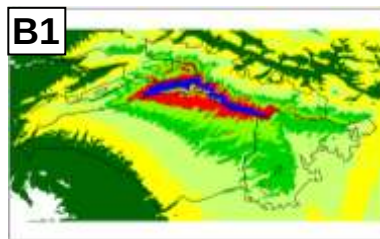
Évolutions possibles de la répartition potentielle :

2050



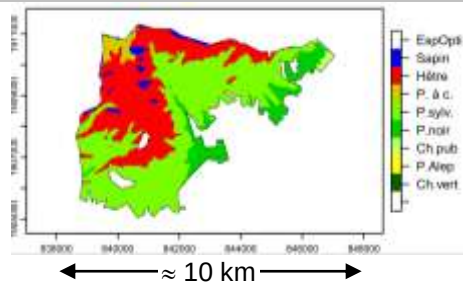
≈

2095

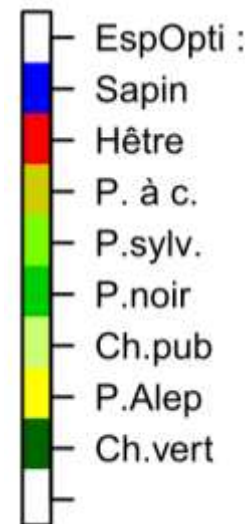


≠

Référence 2000 :



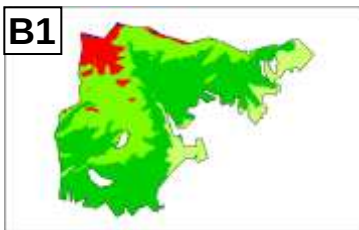
**1 Forêt Domaniale
du Ventouret (84)
2800 ha**



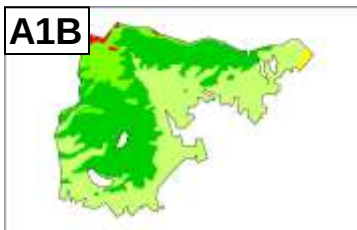
Évolutions possibles de la répartition potentielle :

2050

B1

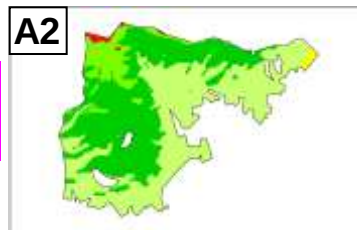


A1B



≈

A2

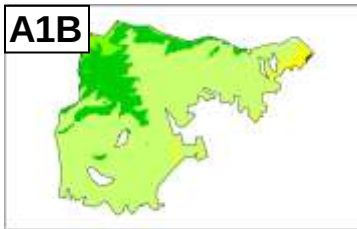


2095

B1

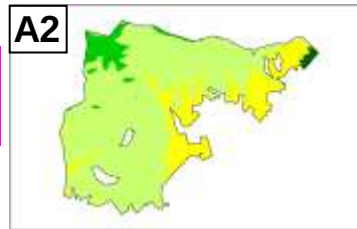


A1B



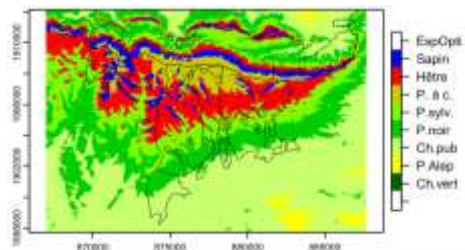
≠

A2



Répartition des espèces, selon la distance relative à leur « optimum » : Montagne de Lure

Référence 2000 :

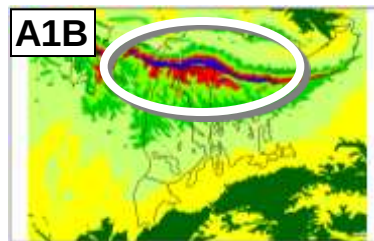
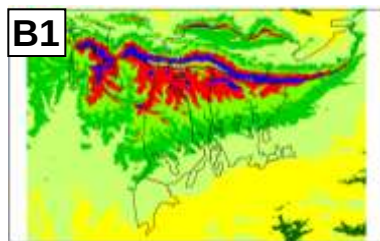


massif de Lure (04)

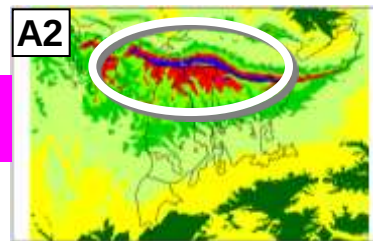
← ≈ 15 km →

Évolutions possibles de la répartition potentielle :

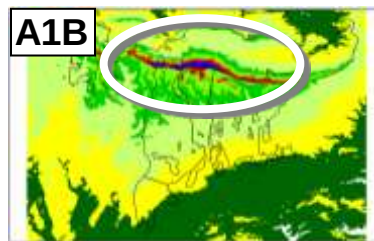
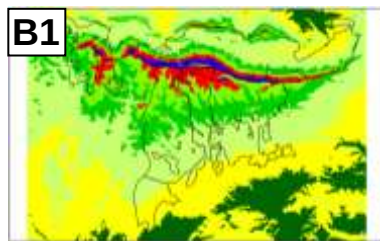
2050



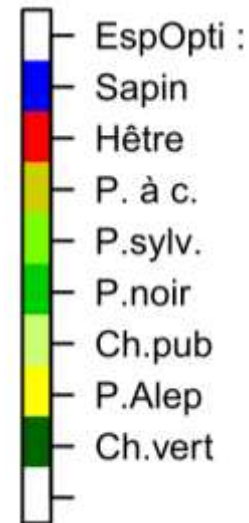
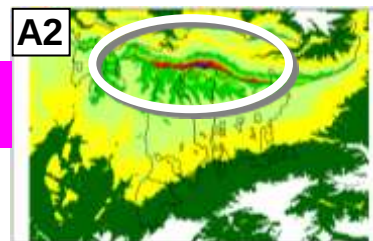
<



2095

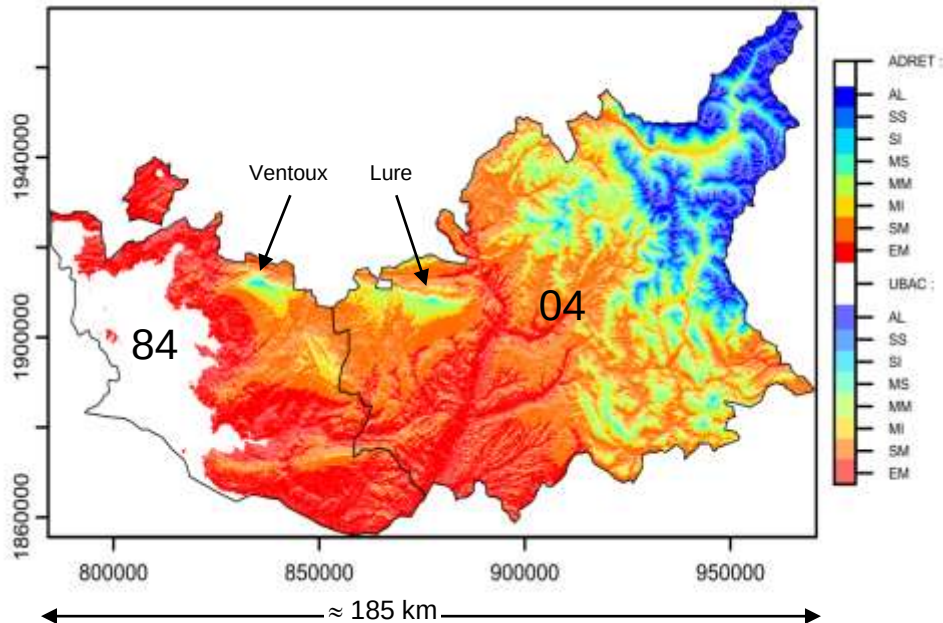


>



Étages bioclimatiques

2000, année de référence



≈ +/- étages de végétation

- établis sur des **indicateurs floristiques** sous peuplements “matures” (*Hêtre, Chêne pubescent*)

- réliés à des limites d'**altitude compensée** par l'exposition

mésoméditerranéen	EM	Rouge
supraméditerranéen	SM	Orange
montagnard inférieur	MI	Jaune-orangé
montagnard moyen	MM	Vert
montagnard supérieur	MS	Turquoise
subalpin inférieur	SI	Bleu Clair
subalpin supérieur	SS	Bleu moyen
alpin	AL	Bleu foncé

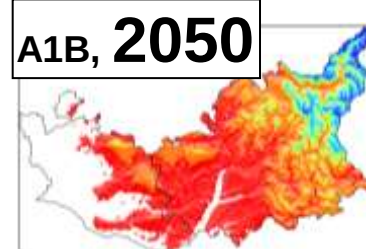
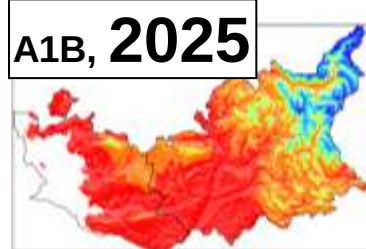
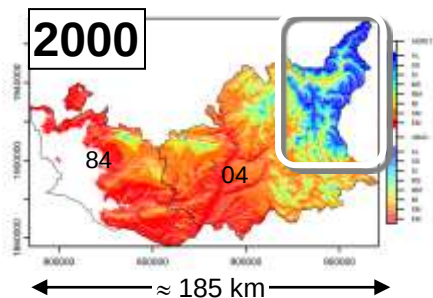
En Blanc : altitude compensée < 0 m

Ladier J., 2004. *Les stations forestières des Préalpes sèches ; définition, répartition, dynamique, fertilité.*

Office National des Forêts, DT Méditerranée, Cellule Régionale d'Appui Technique, 124 p.

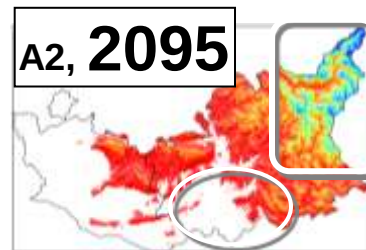
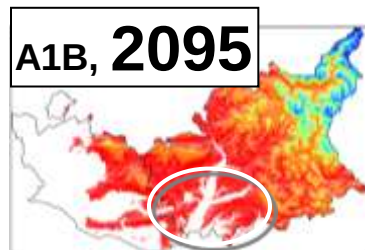
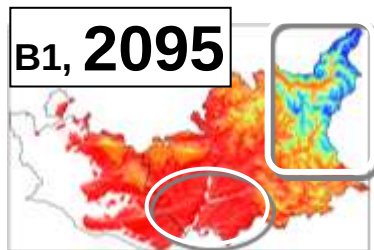
« Migrations » simulées des étages bioclimatiques : Ensemble des 2 Départements

mésoméditerranéen
supraméditerranéen
montagnard inférieur
montagnard moyen
montagnard supérieur
subalpin inférieur
subalpin supérieur
alpin



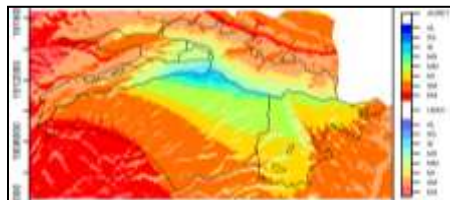
Étages les plus montagnards :
remontée, régression, disparition partielle

Étages les plus « méditerranéens » :
remontée, progression vers la montagne,
remplacement par des conditions encore plus « chaudes »



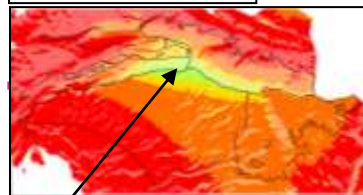
mésoméditerranéen
supraméditerranéen
montagnard inférieur
montagnard moyen
montagnard supérieur
subalpin inférieur

2000

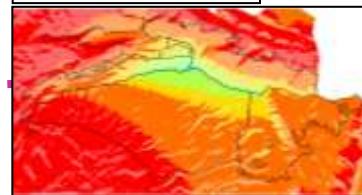


← ≈ 20 km →

A1B, 2025



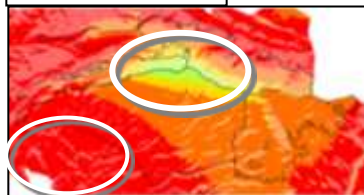
A1B, 2050



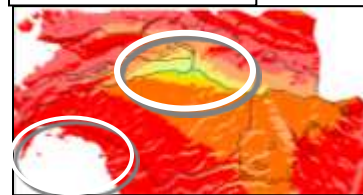
A1B : dès 2025, disparition
du Subalpin et du Montagnard Supérieur ?

2095, pour les 3 scénarios : large prédominance
du Supra-Méditerranéen, et du Méso-Méditerranéen

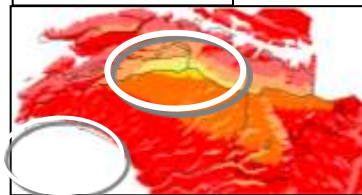
B1, 2095



A1B, 2095



A2, 2095



Conclusions : quelle Stratégie ?

Les **Simulations** montrent :

- des **différences nettes entre scénarios** du GIEC, d'après le modèle climatique utilisée
- des **changements majeurs** des aires potentielles, pour tous les scénarios
- des variantes géographiques **difficiles à interpréter** ...

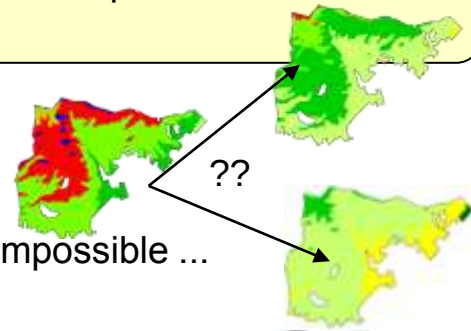
La **Méthode** présentée est **critiquable** ... et les autres aussi !, +/- :

- connaissance imparfaite de l'autécologie « climatique », du déterminisme de l'aire actuelle
- évolution climatique (notamment précipitations) et décalage altitudinal ne sont pas vraiment équivalents ;
et le lien statistique établi est très empirique
- événements extrêmes non pris en compte ici
- au niveau local : structuration spatiale des variables climatiques mal connue ... même pour le climat actuel
- ...

➡ **INCERTITUDES INCOMPATIBLES AVEC UNE VRAIE PRÉVISION**

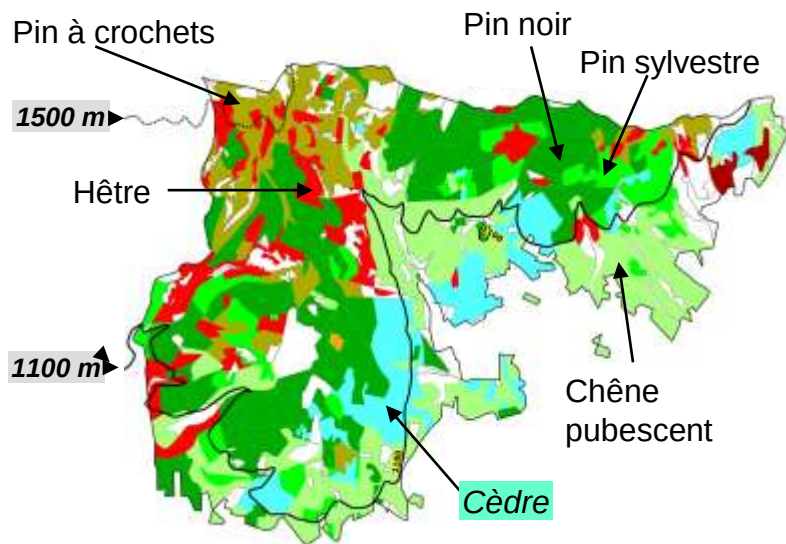
... Une incertitude irréductible : le climat futur !!

➔ même avec des modèles d'impact parfaits, une prévision précise restera impossible ...



De l'Aire POTENTIELLE ... climatique, ... à l'Aire RÉELLE

ex. : F.D. du Ventouret, carte des essences principales en 2000 : une mosaïque



Cèdre de l'Atlas : 400 - 1400 m

<≈> **Pin noir** : 500 - 1400 m

Mais différents / sol :

- *Cèdre* : enracinement pivotant,
⇒ accès ressources profondes
mais gêné par horizon argileux ou induré
- *Pin noir* : enracinement moins profond
⇒ plus « rustique »

➔ Aire potentielle = **composantes écologiques multiples**

Répartition Réelle Actuelle = aires potentielles + plantations + colonisation
+ gestion sylvicole + interactions biotiques

Répartition Réelle Future = aires potentielles futures + migration naturelle ou assistée
+ gestion sylvicole future + interactions biotiques futures

Stratégie proposée : combiner ...

... des tentatives **en vraie grandeur** dans la gestion forestière :

- sylvicultures favorisant la migration vers l'amont
... et l'adaptation génétique
- migration assistée (en plaine, notamment)
- plantations d'espèces/provenances exogènes

liste d'espèces
candidates

... **en appui sur les modèles** provisoires :

- modèles d'aire potentielle, notamment calibrés sur l'aire d'origine des exogènes (ex. : IKS, H. Le Boulter, ONF)
- modèles de dynamique forestière

... et en considérant l'ensemble des scénarios climatiques

+

... une recherche de **Modèles plus performants** : pas tant pour prédire l'avenir ...
... que pour préparer les tentatives suivantes ... en tenant compte des précédentes.

L'Adaptation de la Gestion : un PROCESSUS CONTINU, en lien avec la Recherche, la R&D

Merci de votre attention ...

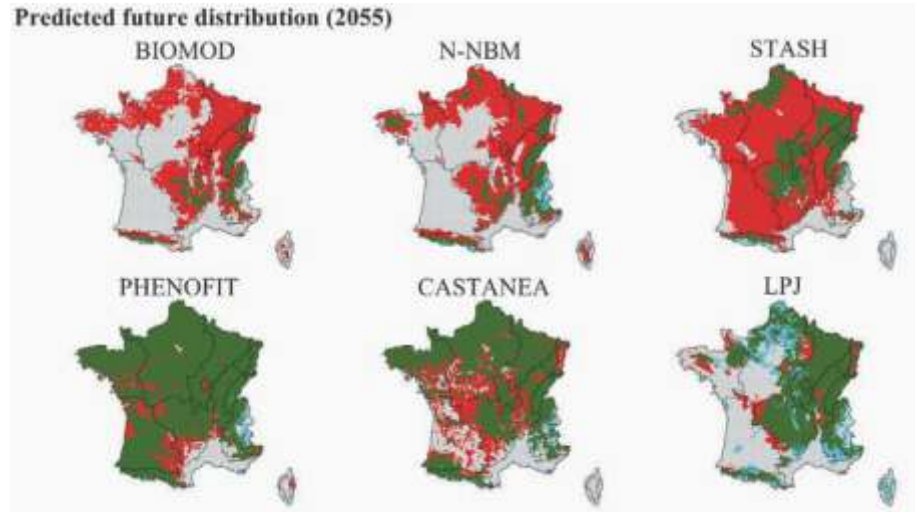
Et merci à Jean Ladier ... !

Nombreux modèles d'aire potentielle, divers types d'approches (corrélatives, mécanistes ...).
Littérature scientifique abondante ...

... Et aires futures simulées ... +/- divergentes ! au moins pour certaines espèces

Projet QDIV – cf. Cheaib *et al.* 2012

Hêtre



avec 1 scénario : **A1B**
(& modèle Arpège, Météo France)

≈ toujours à l'échelle nationale ou régionale,
à résolution « grossière » : 20, 15, 10, 8 km
selon les modèles climatiques
et les techniques de « régionalisation »