

ECOFOR – FORGECO

Mieux produire et préserver : Quelles approches pour les forêts au sein des territoires ?

4 et 5 décembre 2012 – ENS Lyon

Estimer les Potentialités Forestières pour une Production Durable

Philippe Dreyfus

Unité de Recherche Écologie des Forêts Méditerranéennes

URFM - Centre INRA PACA - Avignon



Comment estimer les Potentialités de Production
pour une espèce donnée,
en un lieu donné (parcelle, forêt, région) ?



Lien entre le Milieu & la Production des essences forestières

↙
≈ abiotique

↘
biologique

... une question ancienne ...

pour laquelle les réponses sont restées incomplètes

... qui se complique !

avec l'évolution du climat, de l'atmosphère ou des sols
et l'instabilité dans le temps de certaines caractéristiques du milieu

**... et requiert de nouvelles connaissances et méthodes
& de nouveaux outils**

Rappel :

l'Approche

« traditionnelle »

Typologies et Catalogues de Stations

Concept de « **STATION** », type de milieu forestier homogène décrit de manière synthétique

phytoécologie, pédologie, géo(morpho)logie ...

Exemple : tableau de Types de Stations

*Girault 1985 – Crêtes pré-ardennaises, d'après N. Bazin & S. Gaudin (CRPF Champagne-Ardenne), 2004
La cartographie des stations : méthodes et conseils*

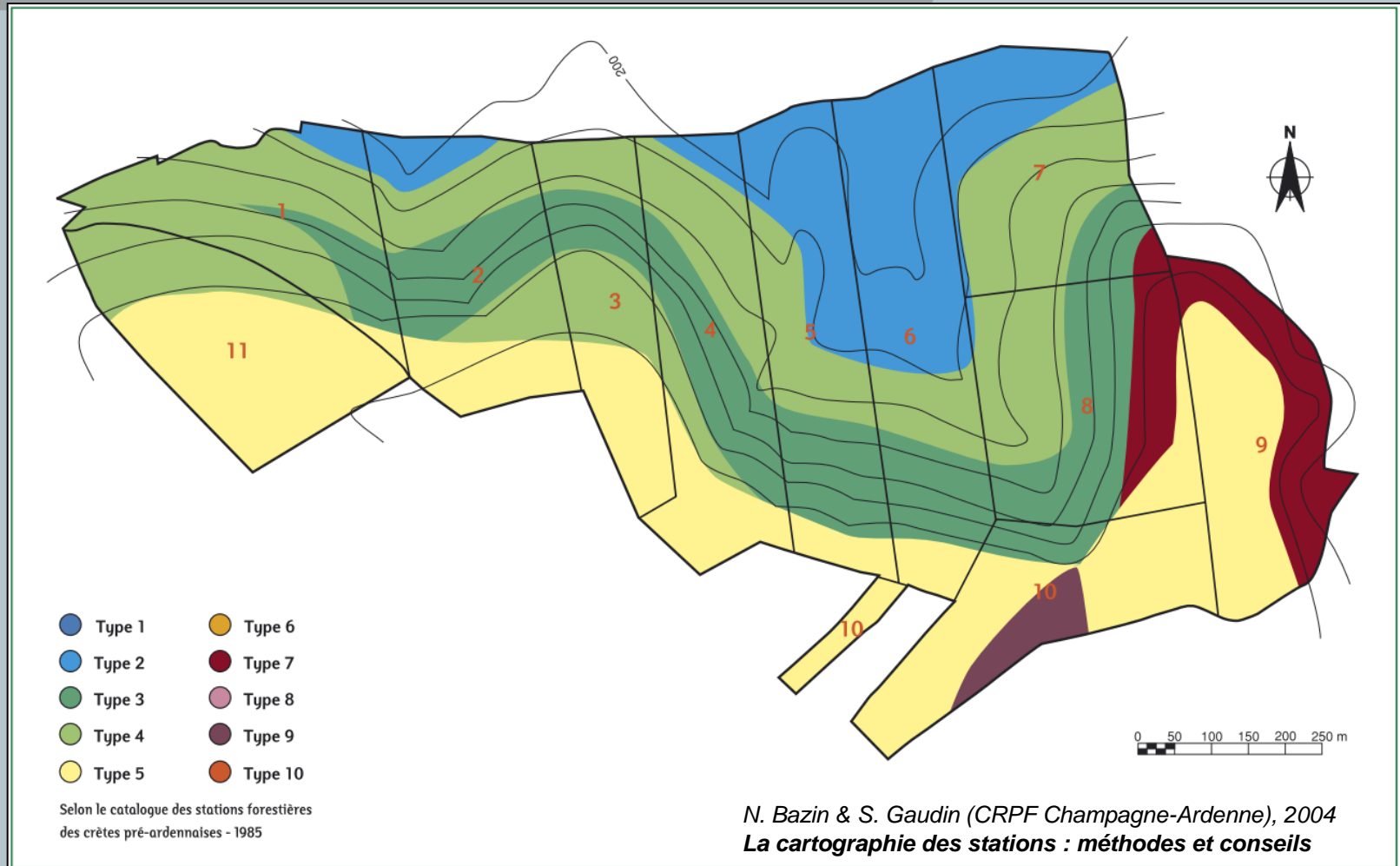
Groupes d'espèces floristiques indicatrices

Sol / géol.

Relief

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Peuplement	Frênaie Aulnaie	Frênaie Hêtraie Charmaie	Hêtraie Frênaie Erablaie	Hêtraie Chênaie Frênaie	Hêtraie Chênaie Frênaie	Hêtraie Chênaie Frênaie	Hêtraie Chênaie	Hêtraie Chênaie	Hêtraie Chênaie	Hêtraie Chênaie	Hêtraie Chênaie
Groupes écologiques principaux	Hygrophiles Hygro-nitroclines Neutro-nitroclines Neutrophiles	Hygro-nitroclines Neutro-nitroclines Neutrophiles	Neutro-nitroclines Neutrophiles	Hygro-nitroclines Calcicoles Neutro-nitroclines Neutrophiles	Hygro-nitroclines Calcicoles Neutro-nitroclines Neutrophiles	Neutro-nitroclines Neutrophiles	Neutrophiles Acidoclines	Neutrophiles Acidoclines	Neutrophiles Acidoclines	Neutrophiles Acidoclines	Neutrophiles Acidoclines Acidiphiles
Type de sol	Gley	Sol colluvial	Sol colluvial	Sol colluvial brunifié	Sol brun lessivé marmorisé	Sol brun lessivé marmorisé	Sol peu évolué de plateau	Sol brun lessivé marmorisé	Sol brun lessivé à sol lessivé	Sol colluvial	Sol colluvial
Forme d'humus	Hydromull	Mull eutrophe à mésotrophe					Mull acide			Mull acide Mull-modér	
Substrat	Alluvions	Colluvions plus ou moins épaisses	Colluvions (éboulis)	Colluvions de gaize et argile	Limon, argile, mame	Limon, argile, calcaire	Gaize	Limon, argile	Limon épais	Colluvions limons et gaize	Colluvions limons et gaize
Topographie	Fond de vallon	Bas de pente	Versant		Plateau					Versant	
Exposition	-	-	Nord (voire Sud-Est ou Ouest)	Nord, Est ou Ouest	-	-	-	-	-	Nord, Est ou Ouest	Sud
Caractéristique écologique dominante	Hygrophile	Méso-hygrophile	Méso-neutrophile				Acidocline				Acidiphile

⇒ Cartographie des **STATIONS** forestières ...



... donc des Potentialités de **PRODUCTION**, par espèce ?

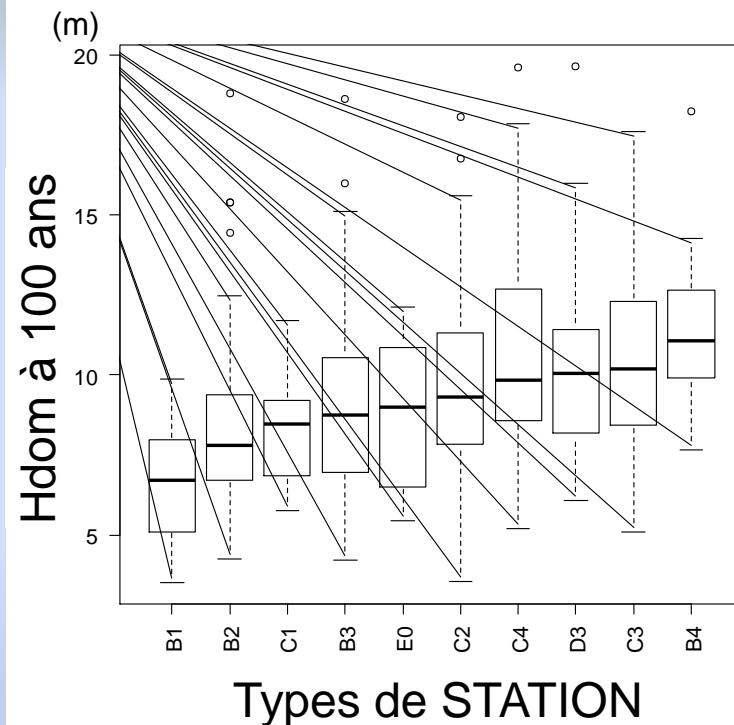
... pas si simple !

Lien entre Types de Stations et Hauteur dominante

! faiblesse du lien entre Types de Stations
et Hauteur dominante de référence

Guide pour l'identification des unités de station
des peuplements de **Chêne vert en Corse**

Philippe Dreyfus, INRA URFM Avignon
Éric Bruno, IFN Montpellier



recours à l'approche « Autécologique »

complémentaire de la typologie de stations

Autécologie = science des réponses (biologiques)
de chaque espèce
aux facteurs abiotiques

Description plus **analytique** du milieu :
sur **chaque paramètre écologique d'intérêt** vis-à-vis de l'espèce ciblée

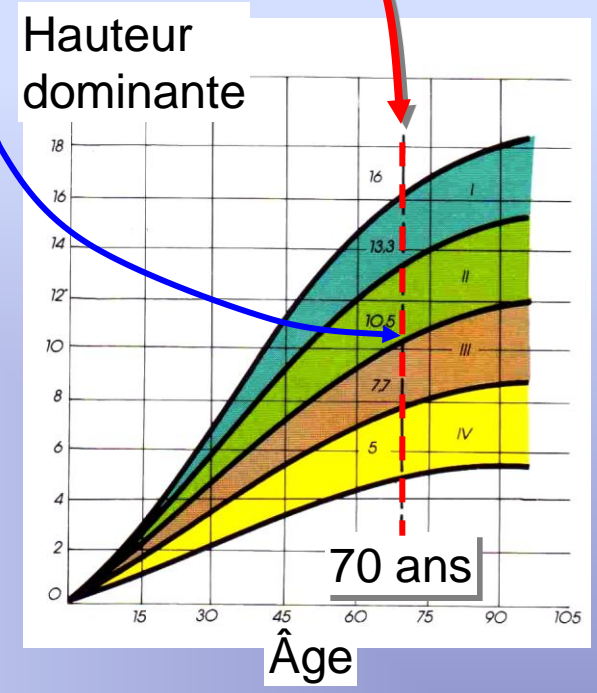
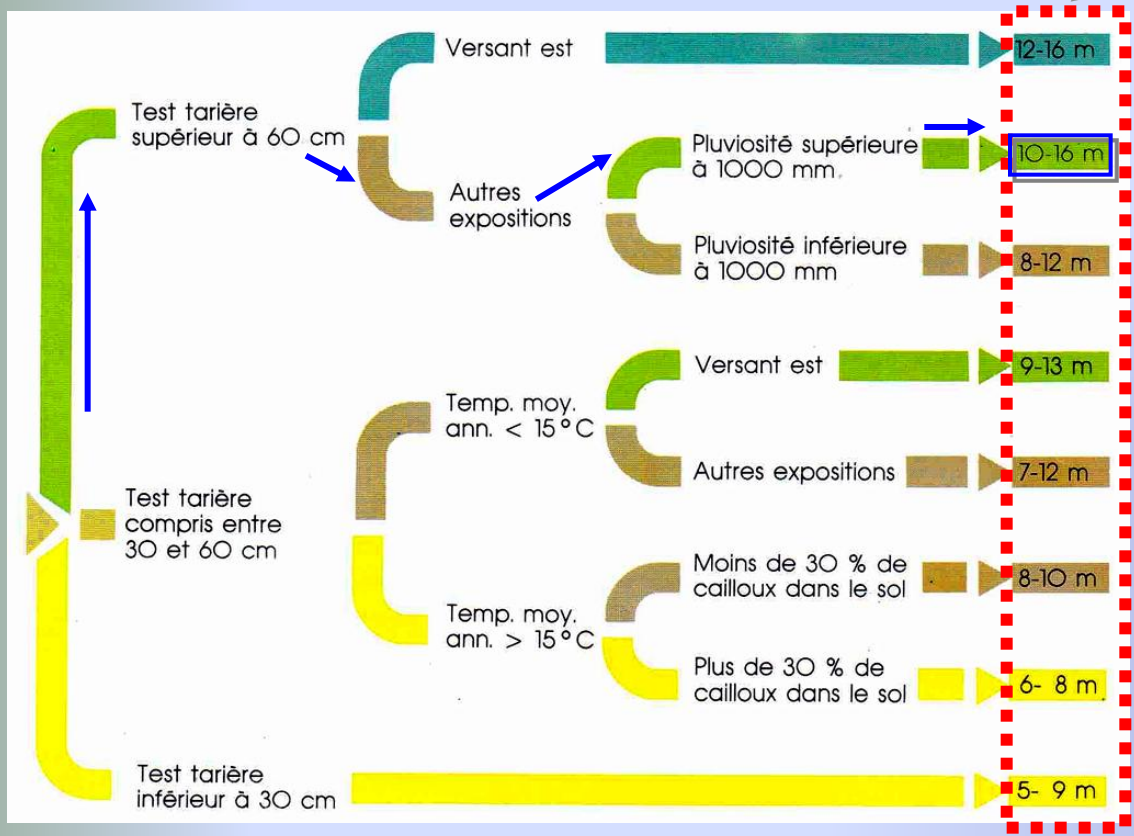
Lien entre Caractéristiques Stationnelles et Hauteur dominante

Études de potentialités : relation Station – « \approx Production »

Chêne-liège (Maures-Estérel-dépression permienne)

Clé stationnelle
"autécologique"

Hauteur dominante à 70 ans



CEMAGREF 1988. Guide technique du forestier méditerranéen français. Chapitre 3 : Essences forestières. Cemagref, Groupement d'Aix-en-Provence

Lien entre Station, Hauteur dominante et Production potentielle

ex. : Pin laricio de Corse dans le secteur ligérien

Clé stationnelle
(autécologique)

Type stationnel

H. dominante
à 30 ans

d'après Gilbert JM,
Chevalier R, Dumas Y, 1996
Autécologie du Pin laricio de Corse
dans le secteur ligérien.
RFF 48(3), 201-216

	Matériau	Profondeur hydromorphie type 2 ou 3	Abondance-dominance flore	Facteurs aggravants	Type de milieu	Nombre de relevés	Hauteur dominante à 30 ans (m)	Niveau de production* (m ³ /ha/an)
LIMONS	Texture de surface à dominante limoneuse	≤ 30 cm	G 9 > 3 ou Molinie > 2		L1	10	13,5	14,3
			G 8 > 3		L2	20	14,5	15,9
			G 8 ≤ 3		L3	14	14,6	16,1
		> 30 cm	G 9 > 3		L4-L5	1	14,6	16,0
			G 8 > 3		L6	55	14,3	15,7
			G 8 ≤ 3	Pluvio > 780 mm ou bas de pente, replat	L7a	14	15,7	18,0
				Autre condition	L7b	29	14,8	16,5
SABLES	Texture de surface à dominante sableuse	≤ 30 cm	G 9 > 3 ou Molinie > 2	Roche ou gravier ou Callune > 2	S1	11	11,8	11,6
				Molinie > 2	S2	9	13,6	14,3
				Autre condition	S3	1	15,6	18,0
			G 8 > 3	Roche ou gravier	S4	1	15,1	17,0
				Autre condition	S5	9	15,0	16,8
		G 8 ≤ 3	Roche ou gravier	S6	1	14,3	16,0	
			Autre condition	S7	8	15,5	17,8	
			> 30 cm	G 9 > 3	Roche ou gravier ou Callune > 2	S8-S10	10	13,3
		Autre condition			S9-S11	29	14,0	15,1
		G 8 > 3		Roche ou gravier	S12	10	13,2	14,0
				Autre condition	S13	45	15,1	17,0
				G 8 ≤ 3	Roche ou gravier	S14	14	13,9
		Autre condition	S15		34	15,5	17,7	

N.B. : G 8, G 9 = groupes floristiques

Accroissement moyen maximum en volume de bois (m³/ha/an)

d'après tables de production (ou modèles de croissance)

production effective = fn (capital sur pied)

+ ARGILES ... + CALCAIRES ...

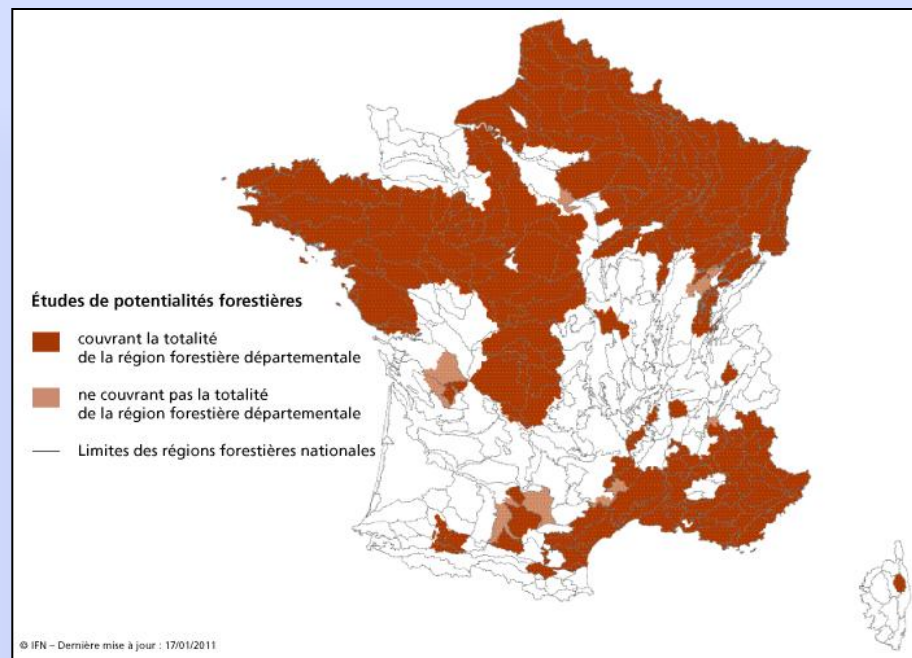
IFN/IGN : RECENSEMENT actualisé et MISE À DISPOSITION gratuite en ligne des principales réalisations en matière de Stations Forestières

= mission de l'Inventaire forestier national

<http://inventaire-forestier.ign.fr/>

Documents (catalogues, etc.) relatifs aux **Stations Forestières**

Études de **Potentialités Forestières** *

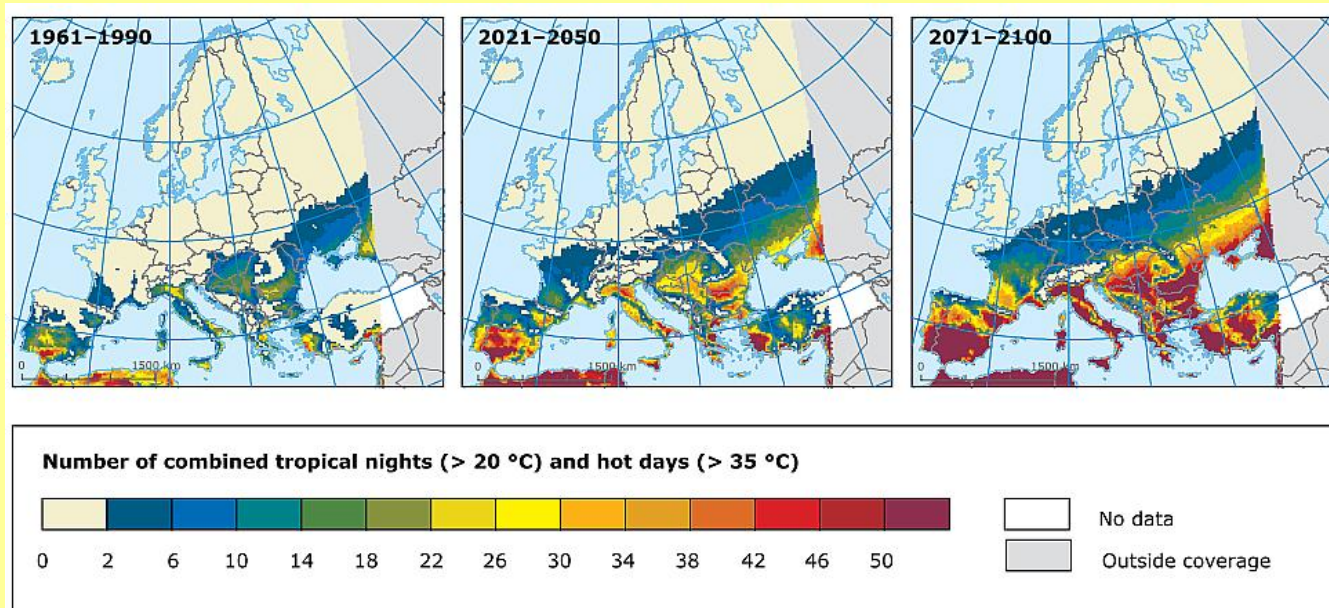


* : production potentielle
ou comportement (survie, pb. sanitaire, gel ...) vis-à-vis de certaines conditions du milieu

... Et ça se complique !

Rapport décembre 2012 de l'Agence Européenne de l'Environnement :
Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012 - An indicator-based report

Nombre de jours chauds (> 35°C) et de nuits "tropicales" (> 20°C)
Scénario GIECC A1B



Constat : la Production a évolué ...

J.D. Bontemps, 2006

Hêtre : croissance + 25 à 50 %

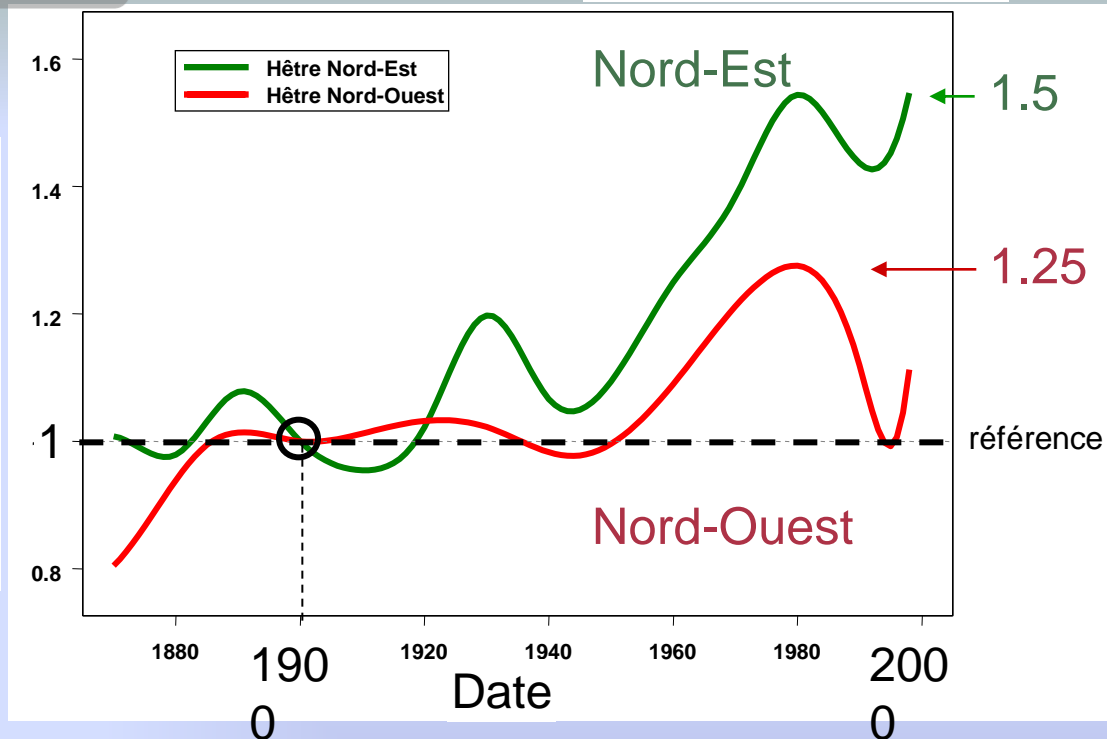
(hors effet de la sylviculture)

LERFoB Nancy
UMR1092 INRA-AgroParisTech

grandes différences
entre régions, espèces

CO₂ ? T°C ? dépôts azotés ?
(l'eau n'est pas limitante)

Croissance en
Hauteur dominante



Augmentation de la productivité des forêts françaises : 20 % sur 1980-2000

Pignard G. 2000. Analyse de l'évolution de la productivité des forêts françaises au cours des 25 dernières années à partir des données de l'**Inventaire Forestier National**.

Pin d'Alep : Hauteur dominante à 70 ans : + 4 m en 1 siècle

Brochiero, F. 1997. Ecologie et croissance du pin d'Alep en Provence calcaire. Cemagref Aix-en-Provence, FIF - ENGREF, 75p.

Perspectives : la Production **ÉVOLUERA ...**

Rapport décembre 2012 de l'Agence Européenne de l'Environnement :

Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012
An indicator-based report

Messages-clés sur la Croissance des Forêts :

- *Biomasse forestière de + en + élevée en Europe ;
le taux de croissance moyen a augmenté de 1990 à 2010.*
- *Dans certaines régions du centre et de l'ouest de l'Europe, la croissance des forêts a été réduite au cours des 10 dernières années en raison des tempêtes, des ravageurs et des maladies.*
- *Le changement climatique futur et l'augmentation des concentrations de CO₂ sont susceptibles de **réduire la qualité des stations, la productivité**, la composition en espèces et la biodiversité, et donc avoir un impact sur les biens et services que les forêts fournissent.*
- *Globalement, **la croissance des forêts devrait :
augmenter dans le nord de l'Europe et diminuer dans le sud de l'Europe.***
- *Forte variabilité selon les régions*

Approches actuelles et Outils futurs ... ?

Amélioration des connaissances de l'Autécologie des essences, des provenances

Cf. par ex. : **TRAITAUT** : Traits de vie et autécologie des espèces forestières

initiative GIP ECOFOR / AFORCE, *Alice Michelot (Ecofor)*

Guy Landmann (Ecofor) ; Myriam Legay (ONF) ; Sophie Gachet (IMBE)

→ Courbes de réponse, modèles de niche, modèles à base de processus ?

Connaissance et Caractérisation du Milieu (... et de son évolution !) :

- méthodes de diagnostic local (bio-indication ...)


- (pré-)cartographie automatique

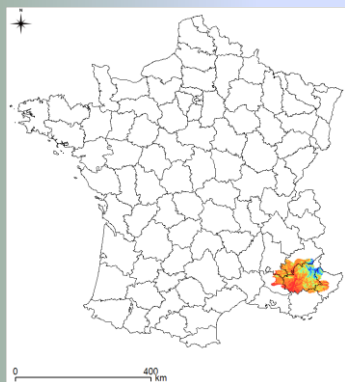
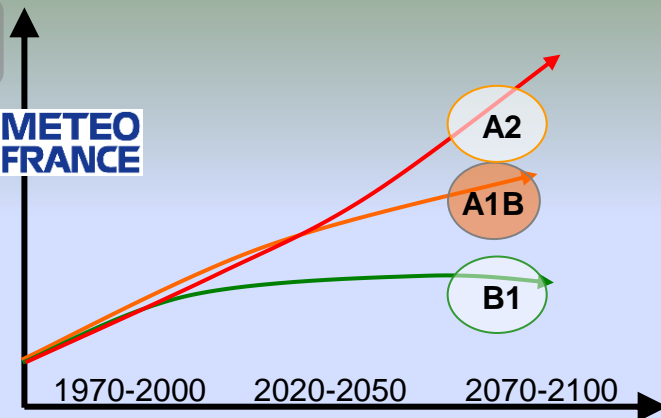
Cartographie autom. du Changement Climatique

Climat : scénario GIECC **A1B**, modèle Arpege

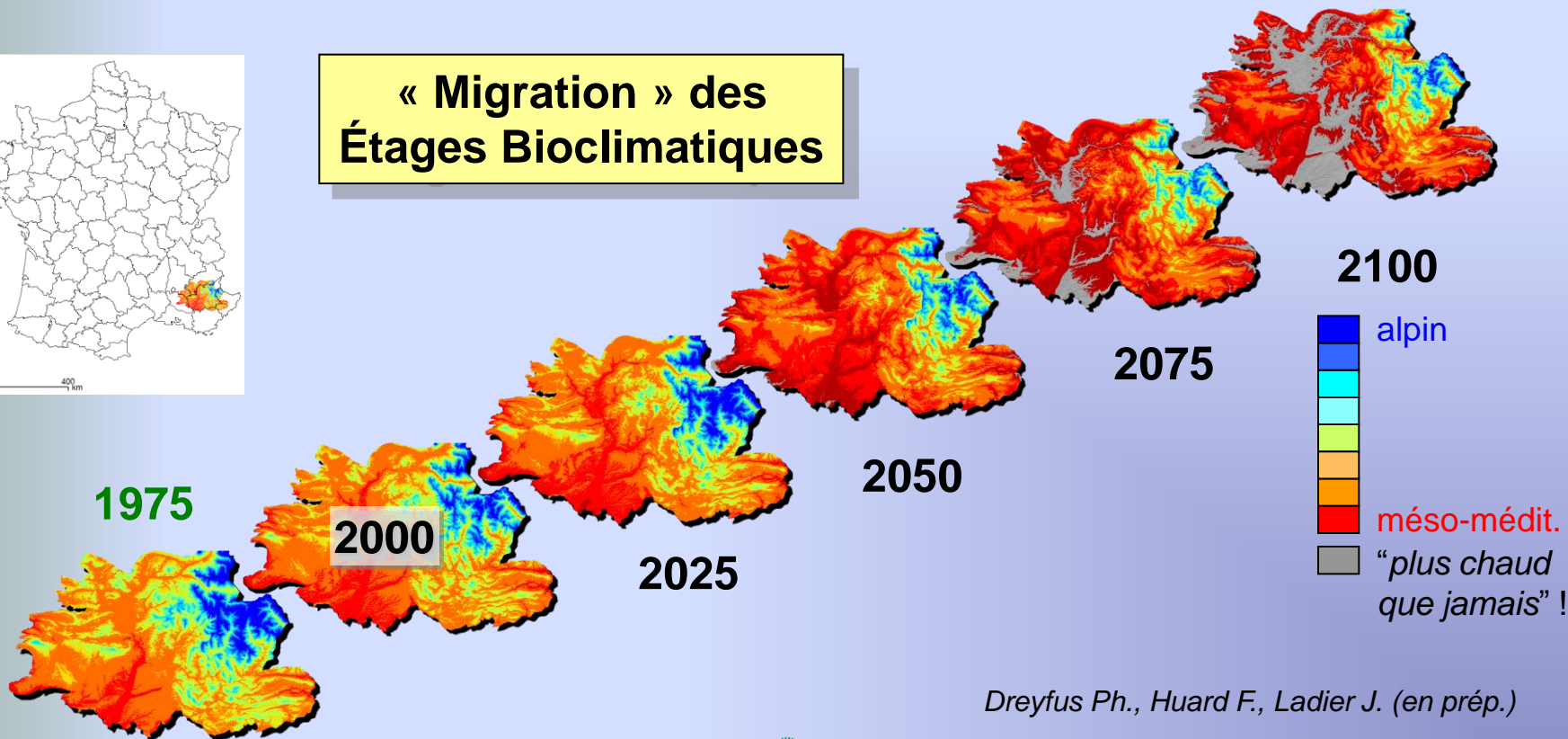


=> « traduction » en **Décalage Altitudinal** :
relation actuelle entre altitude (MNT res. 50 m)
et **température + précipitations**


(valeurs normales: base = AURELHY 1 km )



« Migration » des Étages Bioclimatiques



Dreyfus Ph., Huard F., Ladier J. (en prép.)

soutien financier : MICCES 



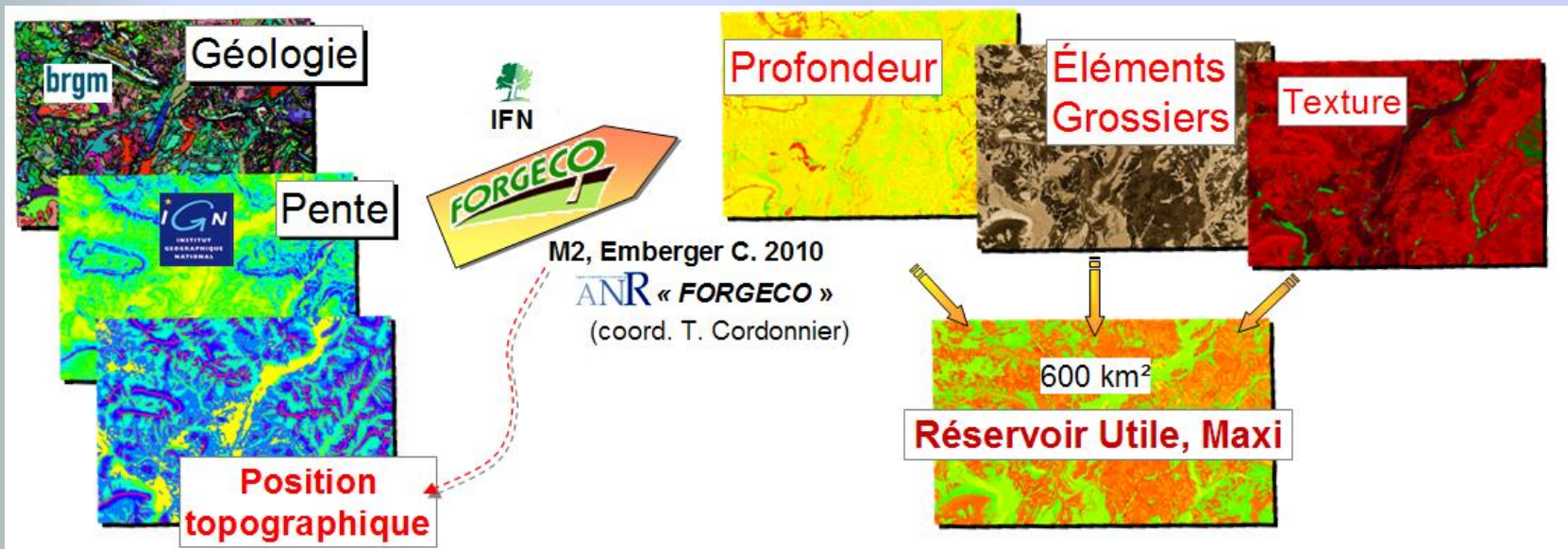
(Pré-)Cartographie automatique de caractéristiques du SOL

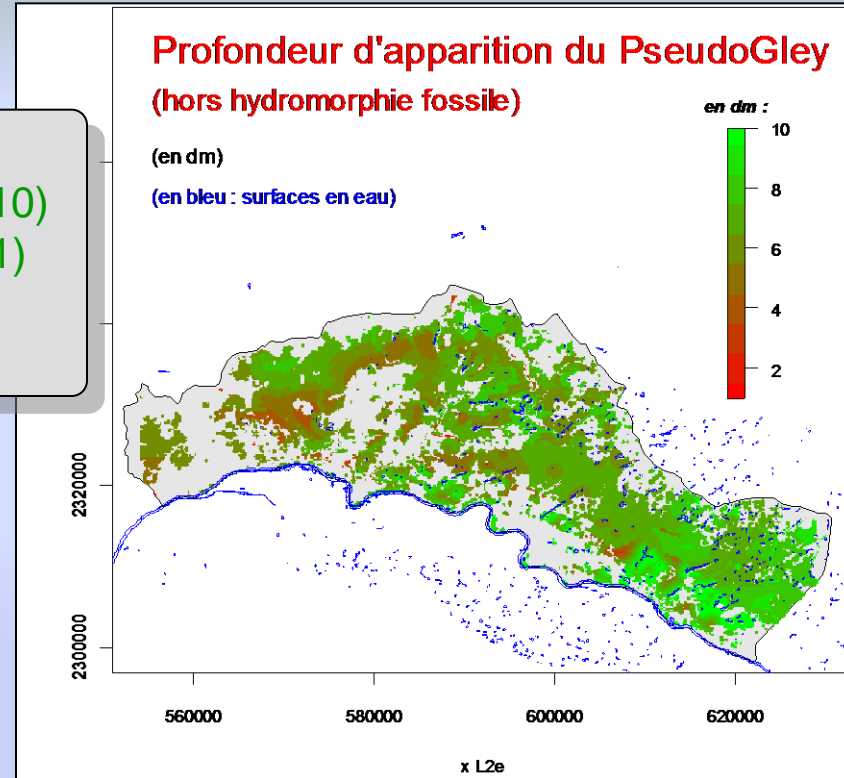
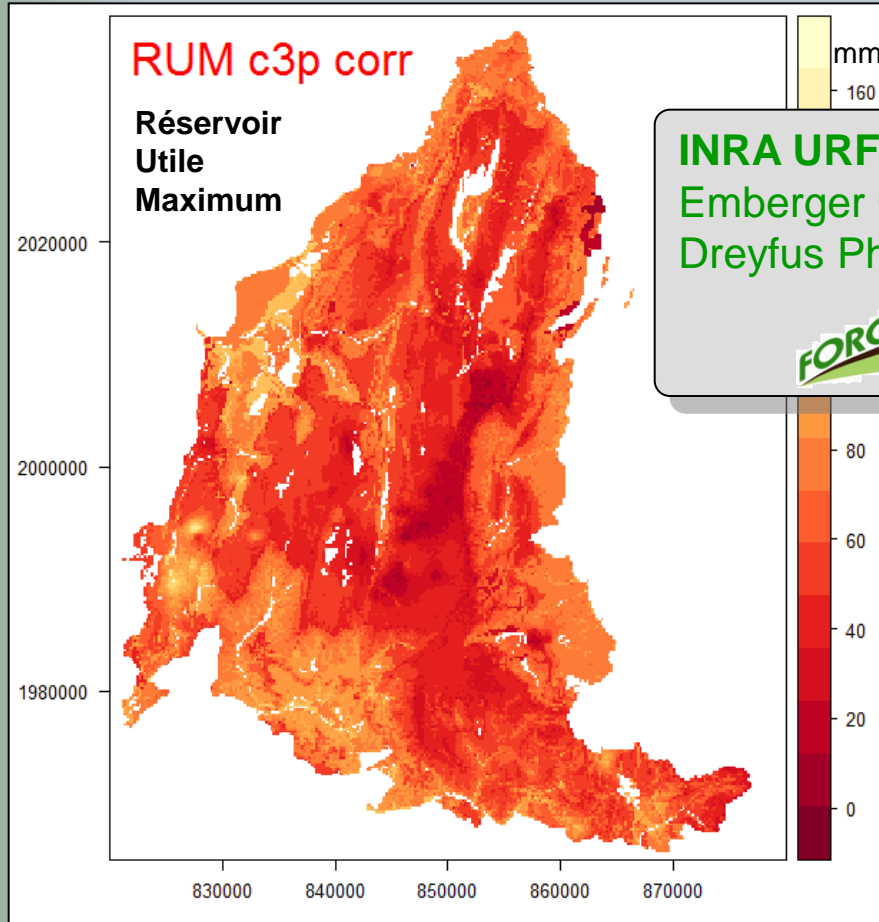
Principe de la méthode :

1°) **relations statistiques** sur **données** écologiques **ponctuelles** (IFN, par ex.)

2°) puis, à partir de **cartes existantes** (en couches continues) des variables explicatives, géologiques (du BRGM), topographiques (variables topographiques calculées à partir du MNT de l'IGN), etc.

⇒ **cartes** de caractéristiques de sol **par procédures automatisées** (SIG, R) .





ATTENTION :

Brêthes (1993, p. 31), « un simple dénivelé de l'ordre du mètre crée une mini-butte relativement bien drainée en surface et des points bas fortement engorgés. »

Travaux similaires au LERFoB Nancy :

- Gégout J-J., Piedallu C., Cornu J-F., Cluzeau C. (2008)
- Piedallu C., Gégout J.C., Bruand A., Seynave I. (2011)
- FIF : T. Villiers (2011), J.-B. Richard (2011)
- Thèse C. Piedallu (2012)

La pré-cartographie du sol
oriente le Diagnostic local ;
elle NE le remplace PAS

(Pré-)Cartographies : Applications ...

Cartes de potentialité à basse résolution et large échelle (nationale, régionale ...)

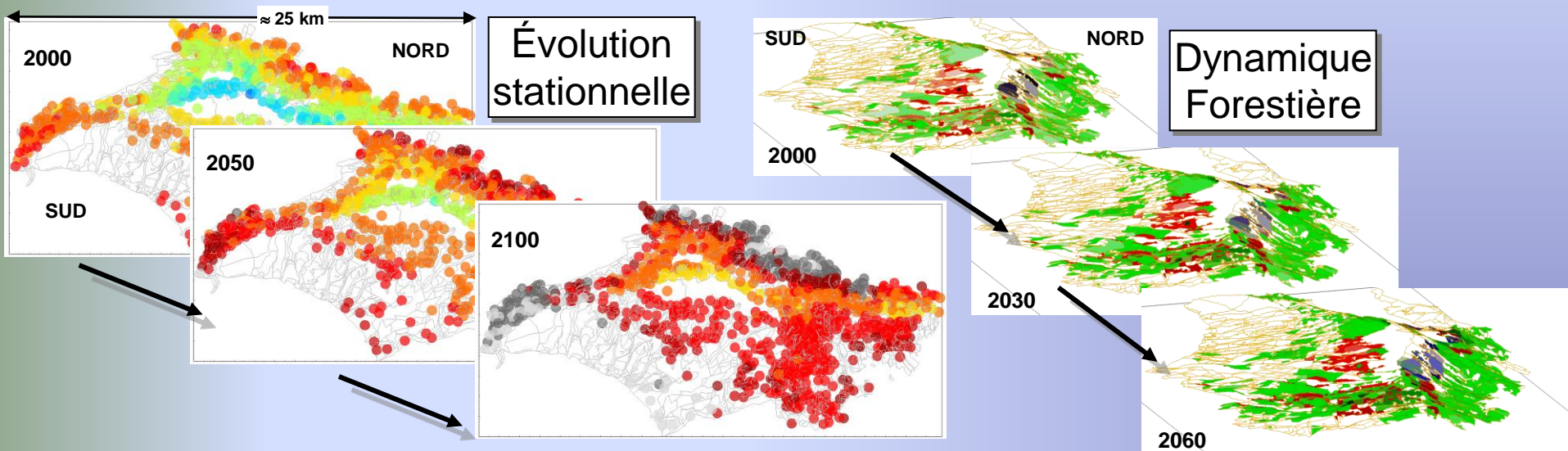
ex. : **LERFoB** Nancy / **IFN** Nancy, Nogent/V, Montpellier :

- Seynave I., Gégout J.-C., Hervé J.-Ch., Dhôte J.-F., Drapier J., Bruno É., Dumé G. (2004). Étude des **potentialités forestières pour l'Épicéa commun dans l'Est de la France** à partir des données de l'IFN. *Rev. For. Fr.* 56(6)
- Seynave I., Gégout J.-C., Hervé J.-Ch., Dhôte J.-F., (2006.) **Facteurs écologiques et production du hêtre en France** *Forêt-entreprise* n°167
- Charru M., Seynave I., Morneau F., Bontemps J.-D. (2010) **Recent changes in forest productivity**: An analysis of national forest inventory data for common beech (*Fagus sylvatica* L.) in **north-eastern France**. *Forest Ecology and Management* 260

Cartes évolutives locales & Couplage avec un modèle de dynamique forestière



- Dreyfus Ph. (2012) Joint simulation of **stand** dynamics and **landscape** evolution using a tree-level model for mixed uneven-aged forests - *Annals of Forest Science* 69:283 – 303



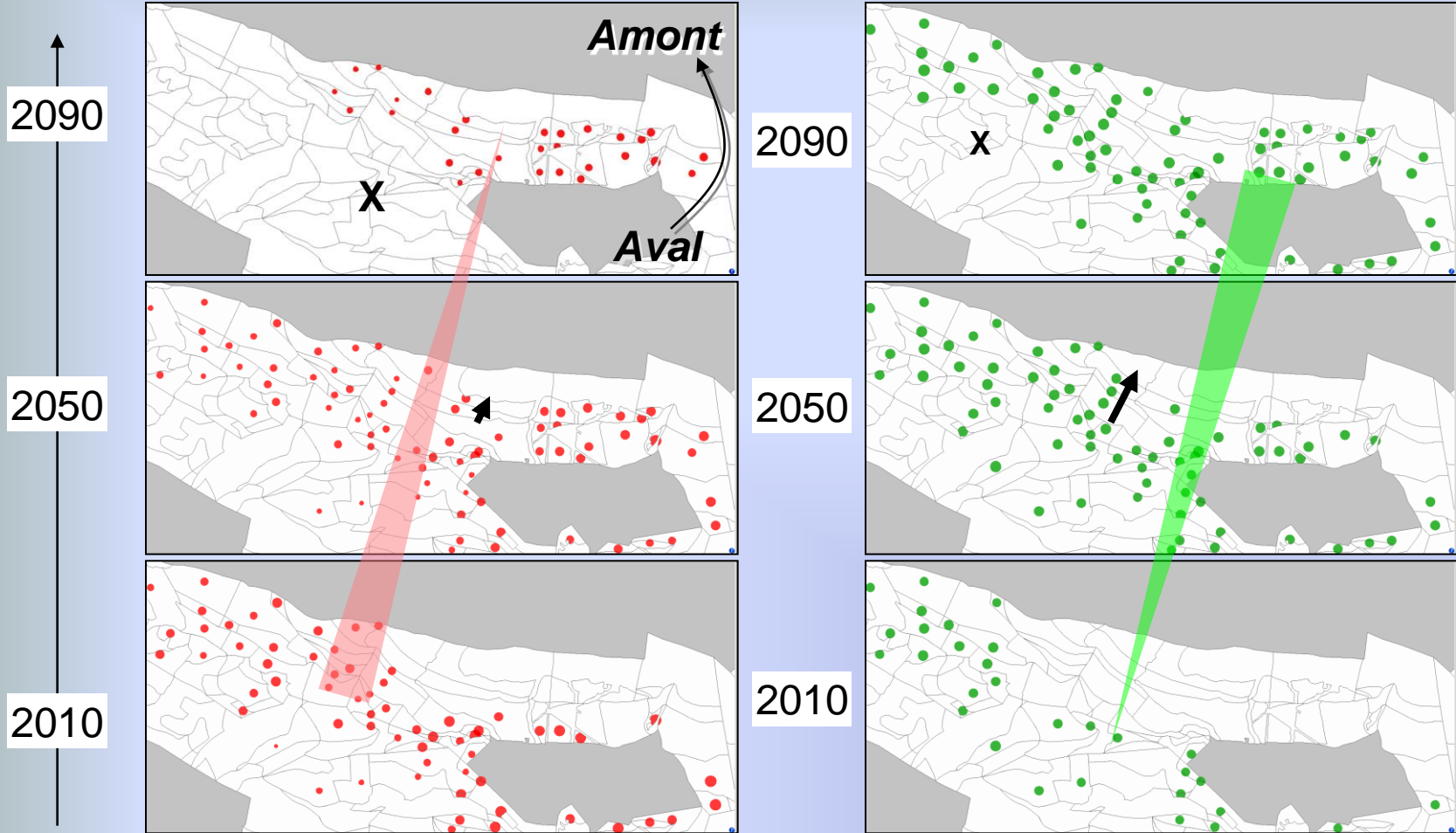
Simulation du Changement climatique, en versant nord du mont Ventoux

RÉCHAUFFEMENT (Arpège Météo-France / GIECC A1B)

(si évolution naturelle)

● = f(Hdom 80 ans Hêtre)

● = f(Hdom 80 ans Pin noir)



Hêtre :

- 2010-2050 : légère progression amont
- **forte régression à l'aval**
- constante **réduction de la productivité**

Pin noir :

- 2010-2050 : **progression amont**
- régression à l'aval
- légère **augmentation de productivité**

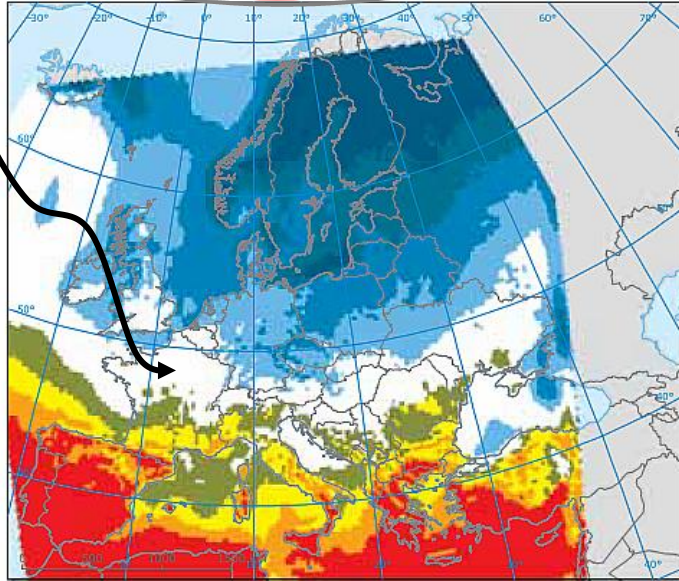
Questions concrètes
/
Pratiques actuelles
... et futures ?

ATTENTION : Nombreuses Incertitudes ... !

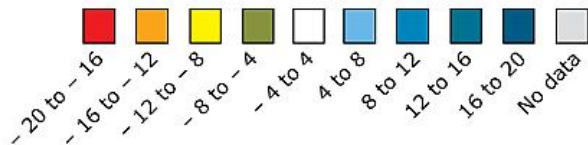
la 1^{ère} : Changements Climatiques

Précipitations annuelles en %
entre [1961-1990] et [2071-2100]

Scénario GIECC **A1B**



Projected changes in in annual precipitation (%)



Rapport décembre 2012
de l'Agence Européenne de l'Environnement :

Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012
An indicator-based report

Recherche : approfondissement
des connaissances de processus complexes

Quelle **Alternative**
à la référence Hdom (âge) ?

Estimation plus Directe de la Productivité ?

Cf. LERFoB / J.D. Bontemps
thèse M. Charru (2012) :

« *La productivité forestière
dans un environnement changeant* »

Quelle marge d'**Adaptation Génétique**
(et/ou de plasticité phénotypique) ?

Ex. : Projet TipTree (2013-2017) :
coord. INRA URFM

- **Dynamique Démographique et Micro-Évolutive**
des populations d'arbres.
- **Ajustement entre Vitesse d'Évolution
et Rapidité du Changement Climatique.**
- Interférences avec actions anthropiques.

1^{ère} Option :

S'appuyer quand même, - en les adaptant -, sur des « **outils traditionnels** » :
Catalogues de Stations, Relations Hdom(Âge)

Ex. : Gaudin S. 2007. *CRPF Champagne-Ardenne*

Prise en compte du changement climatique dans les guides et catalogues de stations : première approche.

2^{ème} Option : nouveaux outils : (pré-)cartographies, modélisation

Quelle que soit l'option :

- surveillance & **réajustements** réguliers ? ... difficiles dans une culture à long terme
- “mesures sans regret”
- éviter les impasses : **choix réversibles ?**, prêter attention aux seuils
- **prioriser** / stations les plus défavorables de toute façon, quelle que soit la vitesse du CC
- “ne pas mettre tous ses oeufs dans le même panier”

Questions ? Réactions ? Idées ?

N.B. : une bonne synthèse de la problématique :

Legay et Ladier 2008. La gestion forestière face aux changements climatiques :
premières orientations d'adaptation en forêt publique.

Forêt Méditerranéenne t. XXIX, n° 2, juin 2008

Merci à tous nos collaborateurs, partenaires, financeurs

Merci pour votre attention ...