

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*

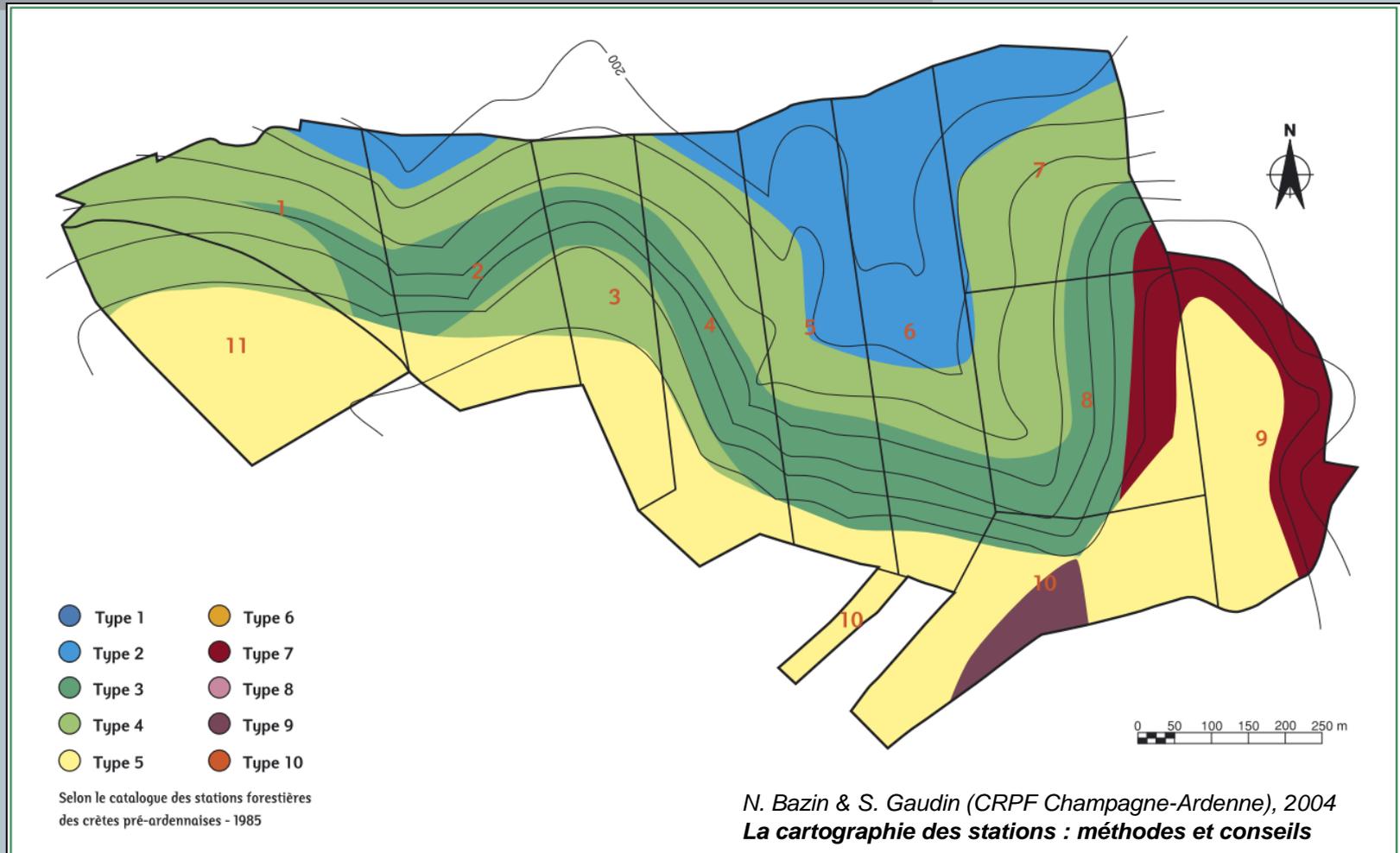
Groupes
d'espèces
floristiques
indicatrices

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-nitro- clines Neuro- nitroclines Neutrophiles | Hygro-nitro- clines Neuro- nitroclines Neutrophiles | Neuro- nitroclines Neutrophiles | Hygro-ni- troclines Calcicoles Neuro- nitroclines Neutrophiles | Hygro-ni- troclines Calcicoles Neuro- nitroclines Neutrophiles | Neuro- 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 mar- morisé | 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-hygro- phile | Méso-neutrophile | | | | Acidocline | | | | Acidiphile |

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



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

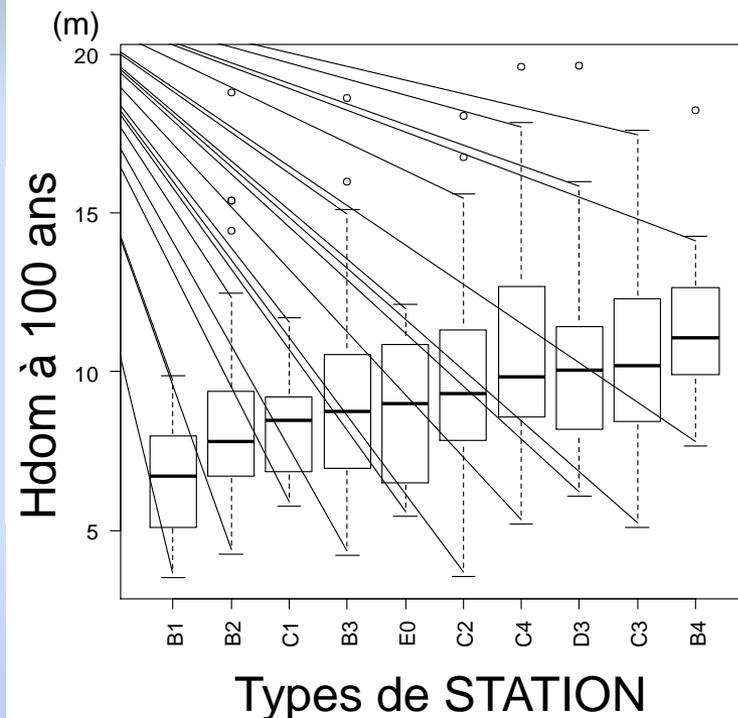
... pas si simple !

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

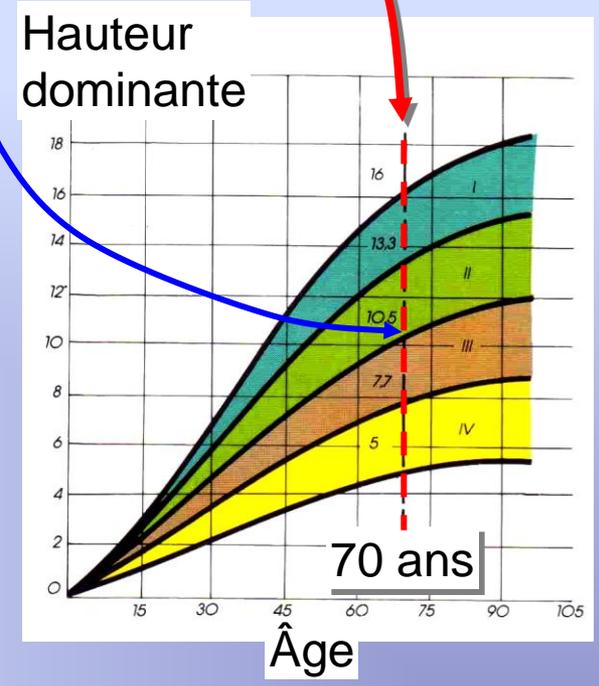
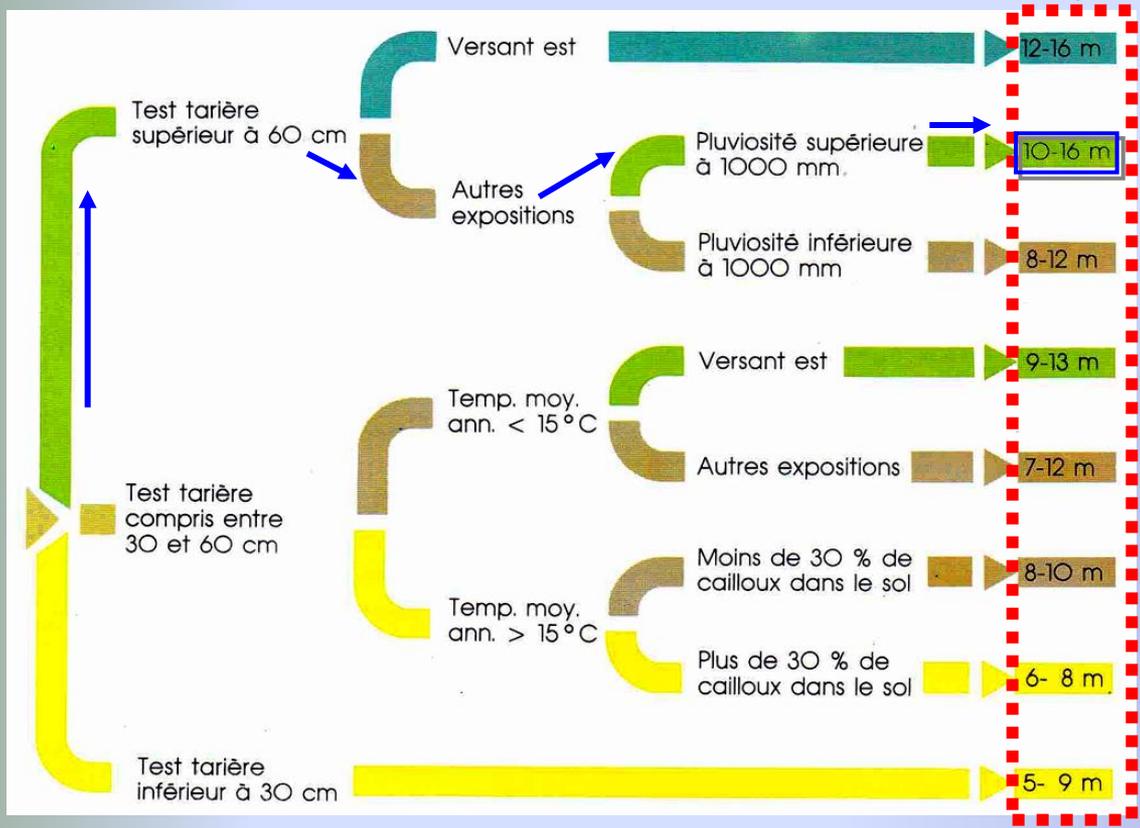
Lien entre Caractéristiques Stationnelles et Hauteur dominante

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 ...

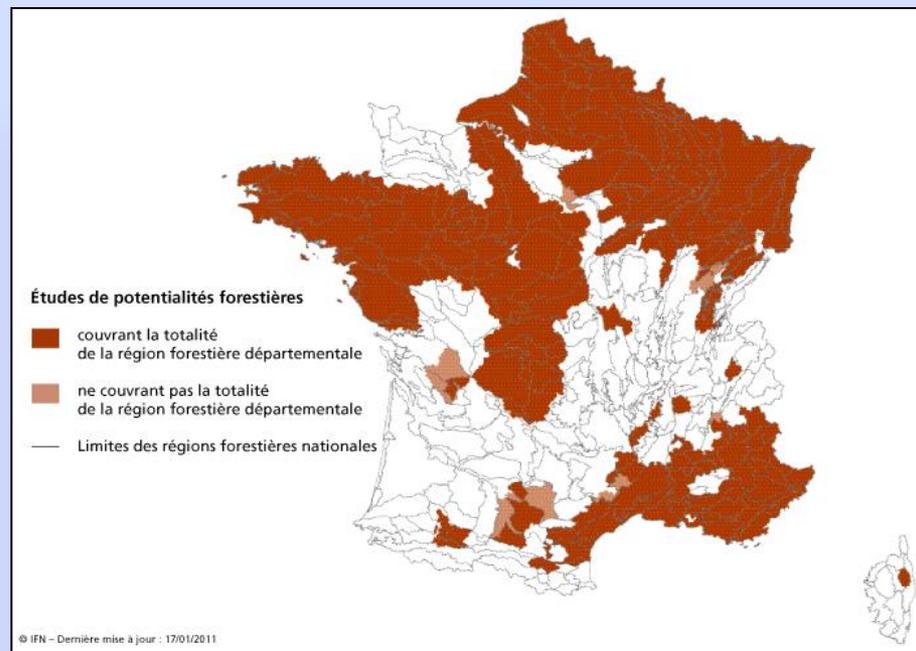
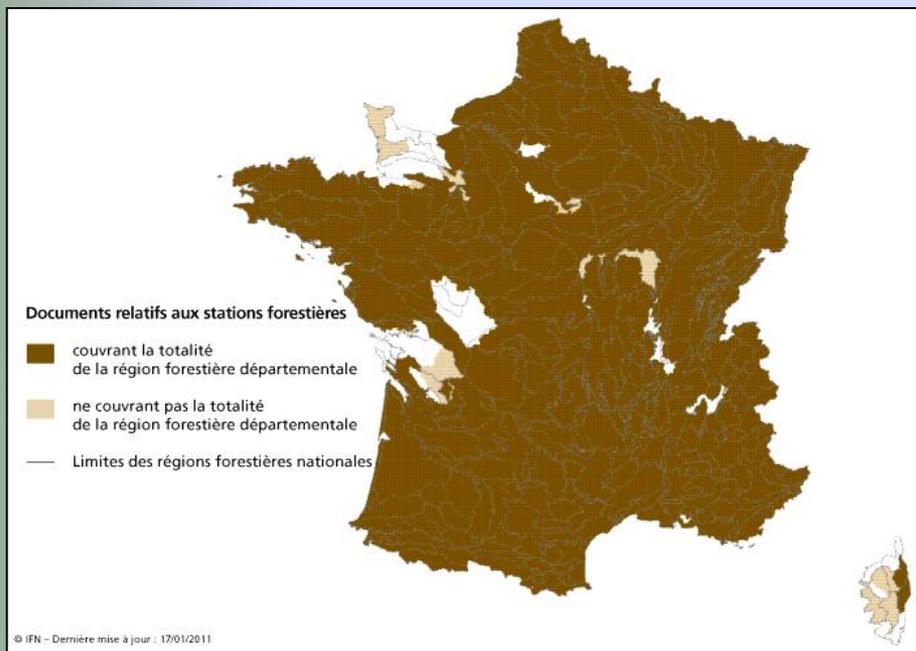
IFN/IGN : RECENSEMENT actualisé et MISE À DISPOSITION gratuite en ligne des principales réalisations en matière de Stations Forestières

= mission de l'Inventaire forestier national

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

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

Études de **Potentialités Forestières** *

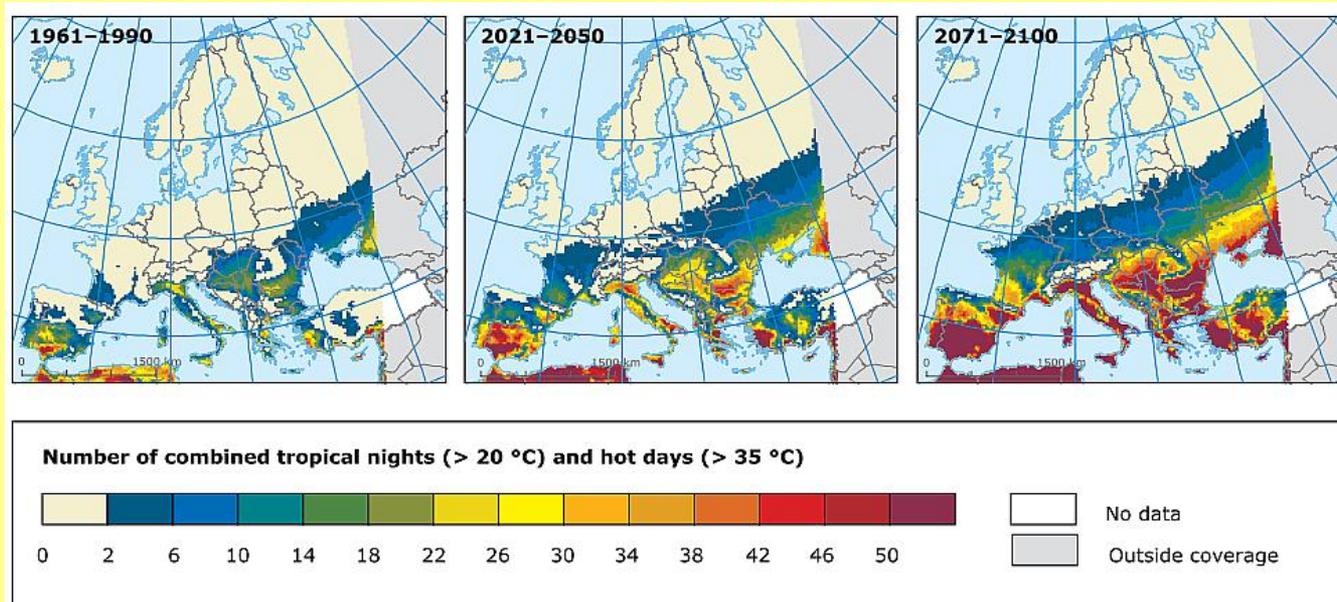


* : production potentielle
ou comportement (survie, pb. sanitaire, gel ...) vis-à-vis de certaines conditions du milieu

... 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 %

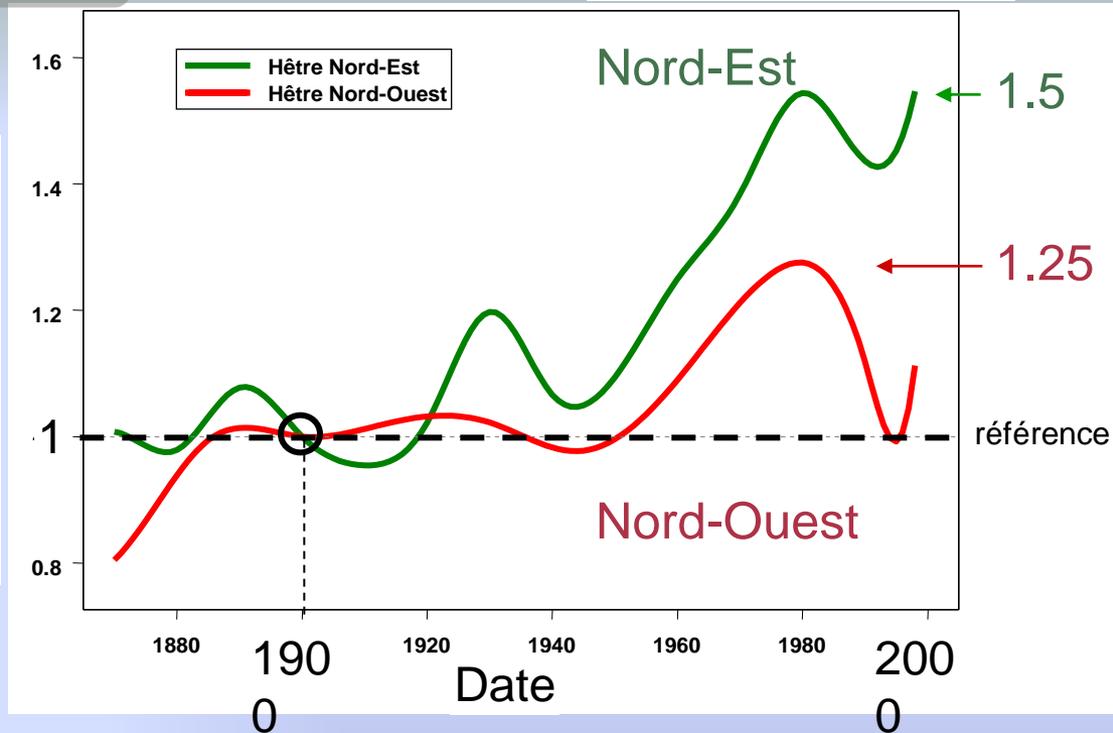
(hors effet de la sylviculture)

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

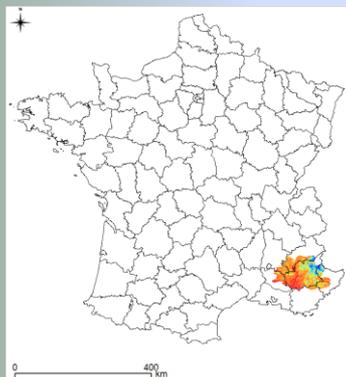
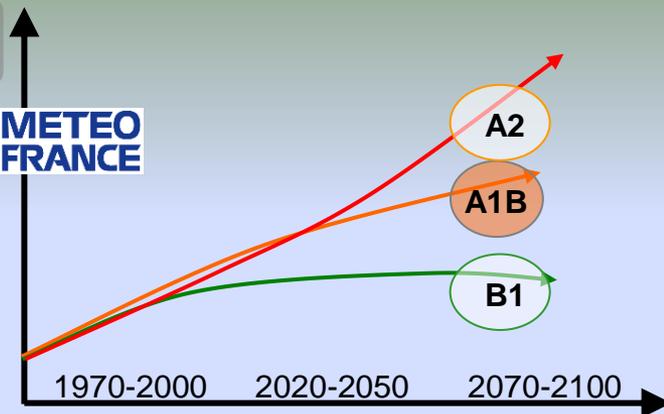
Cartographie autom. du Changement Climatique

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

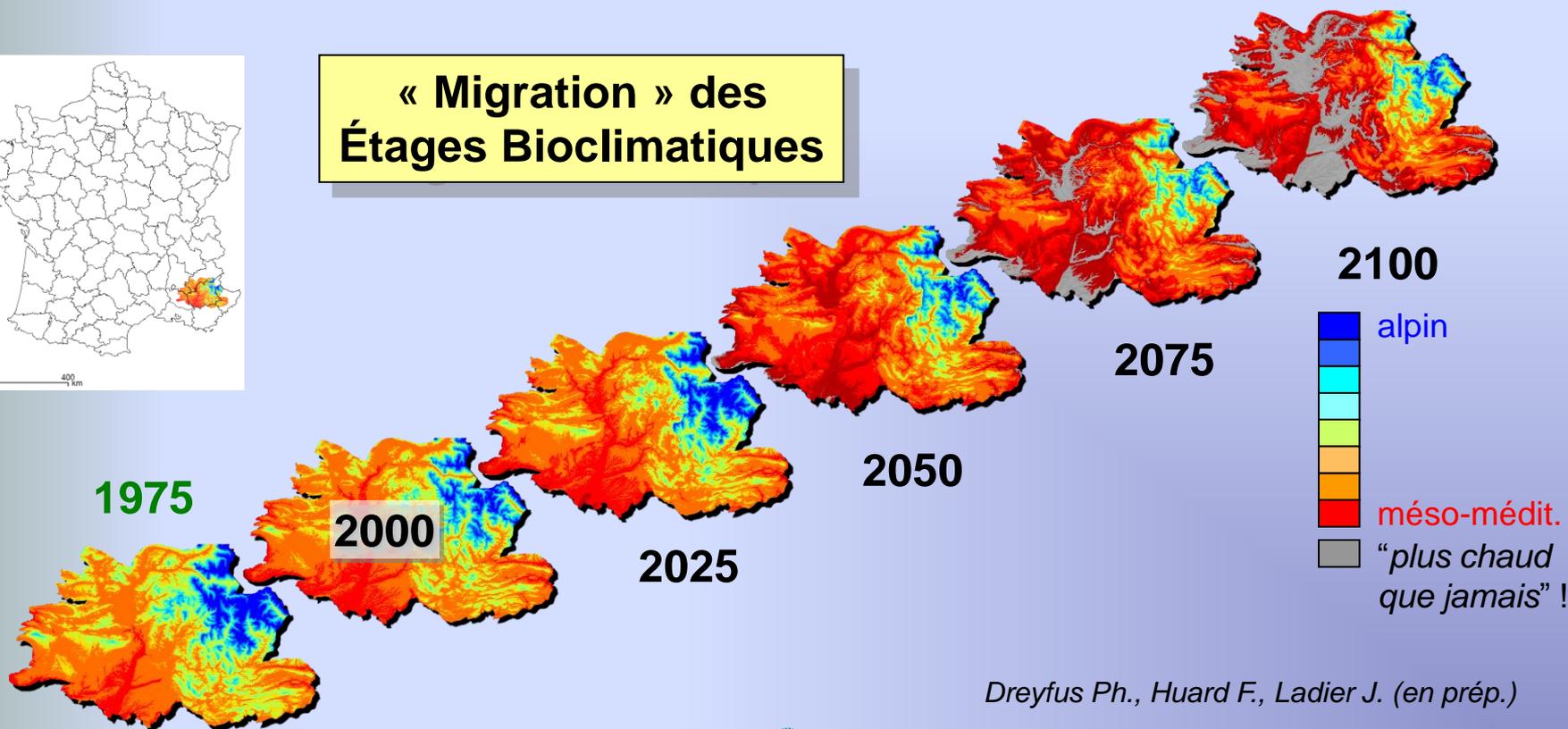


=> « traduction » en **Décalage Altitudinal** :
relation actuelle entre altitude (MNT res. 50 m)
et **température + précipitations**

(valeurs normales: base = AURELHY 1 km )



« Migration » des Étages Bioclimatiques



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

soutien financier : MICCES 



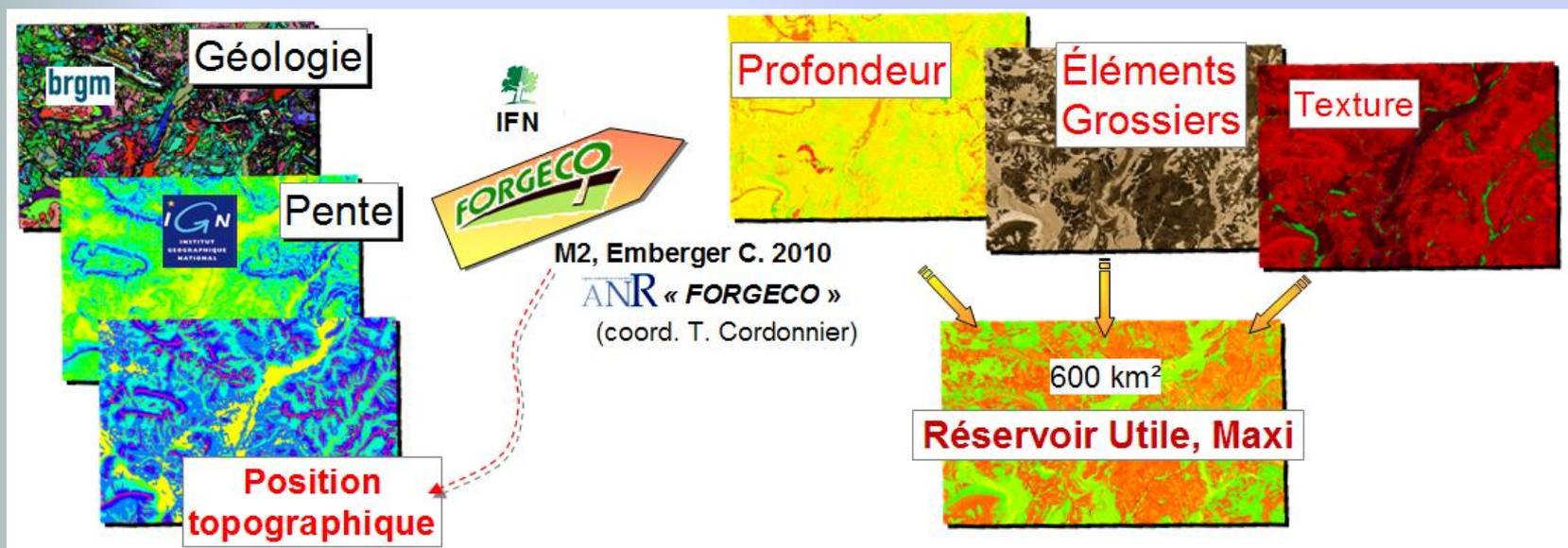
(Pré-)Cartographie automatique de caractéristiques du SOL

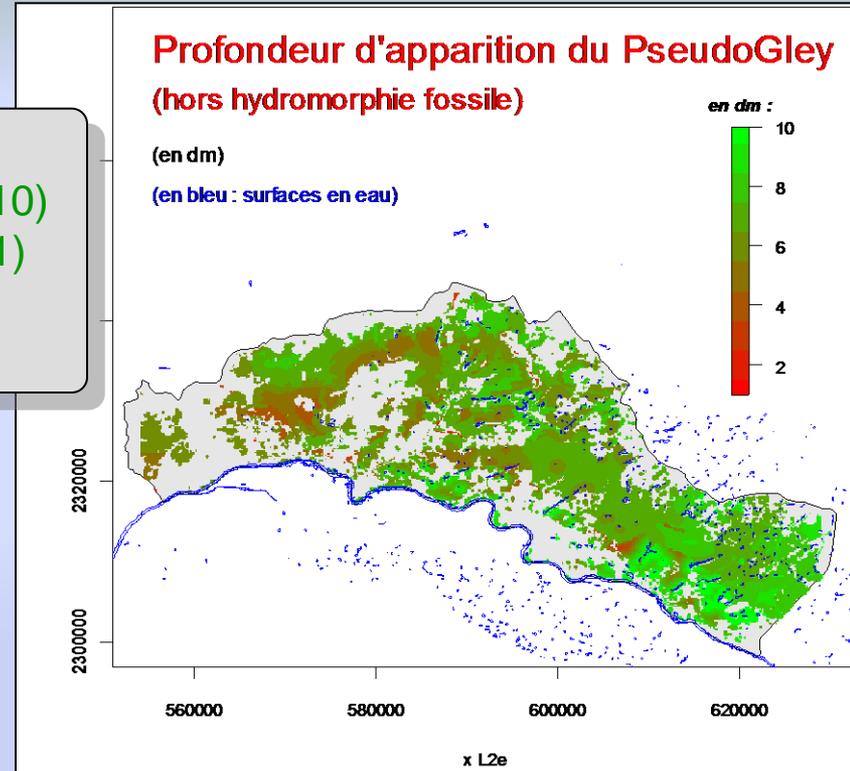
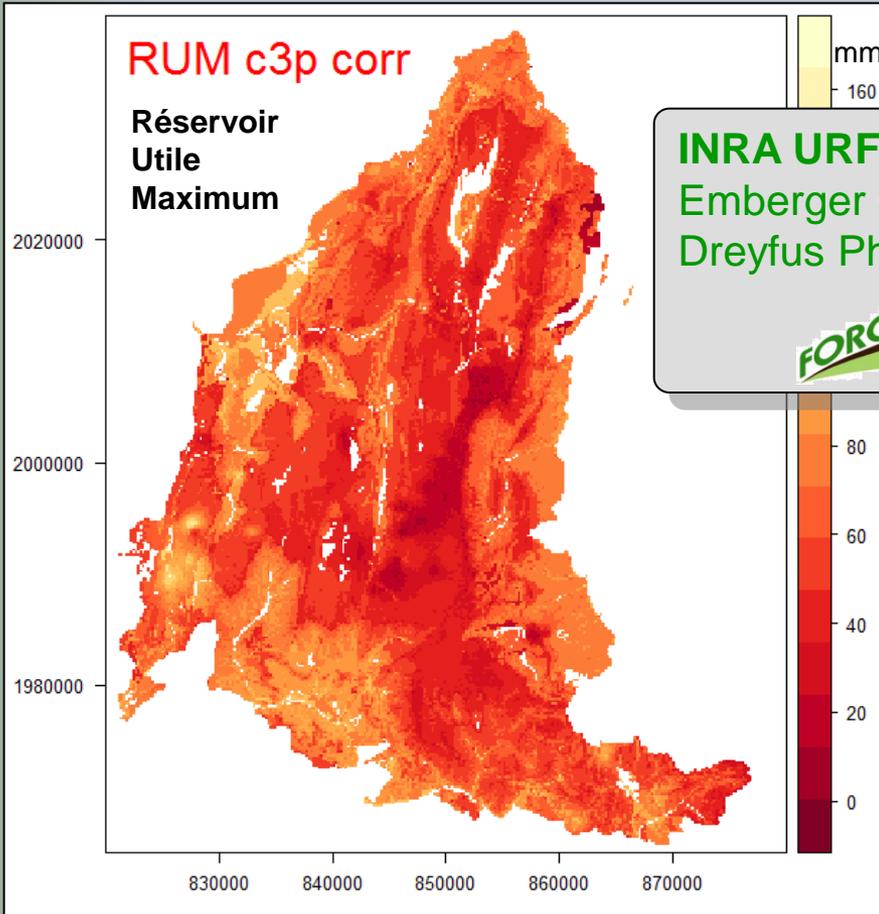
Principe de la méthode :

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 ...)

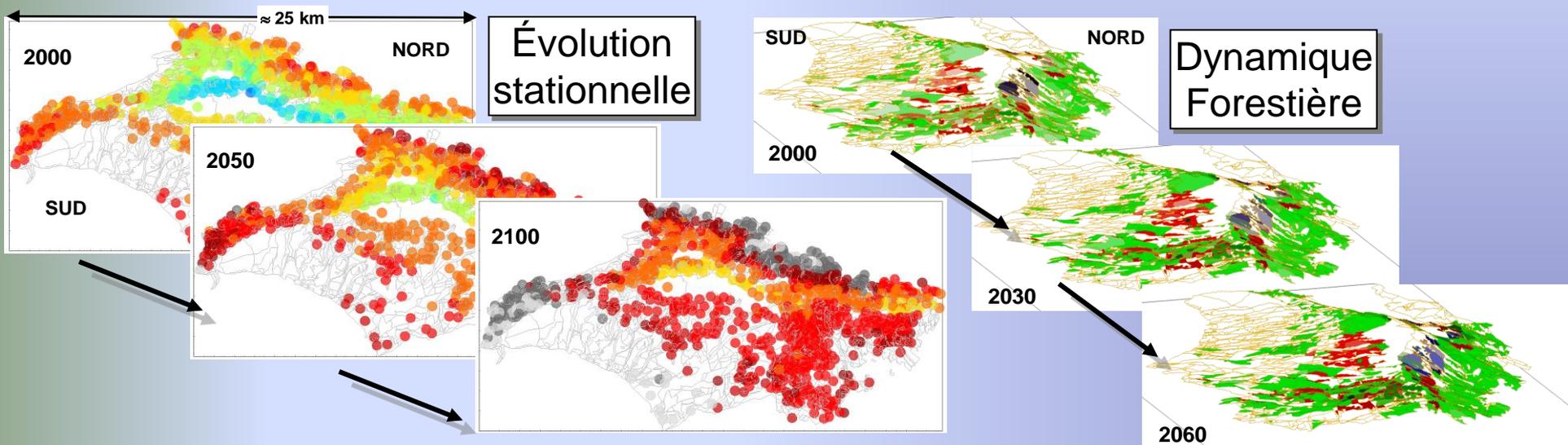
ex. : **LERFoB** Nancy / **IFN** Nancy, Nogent/V, Montpellier :

- 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



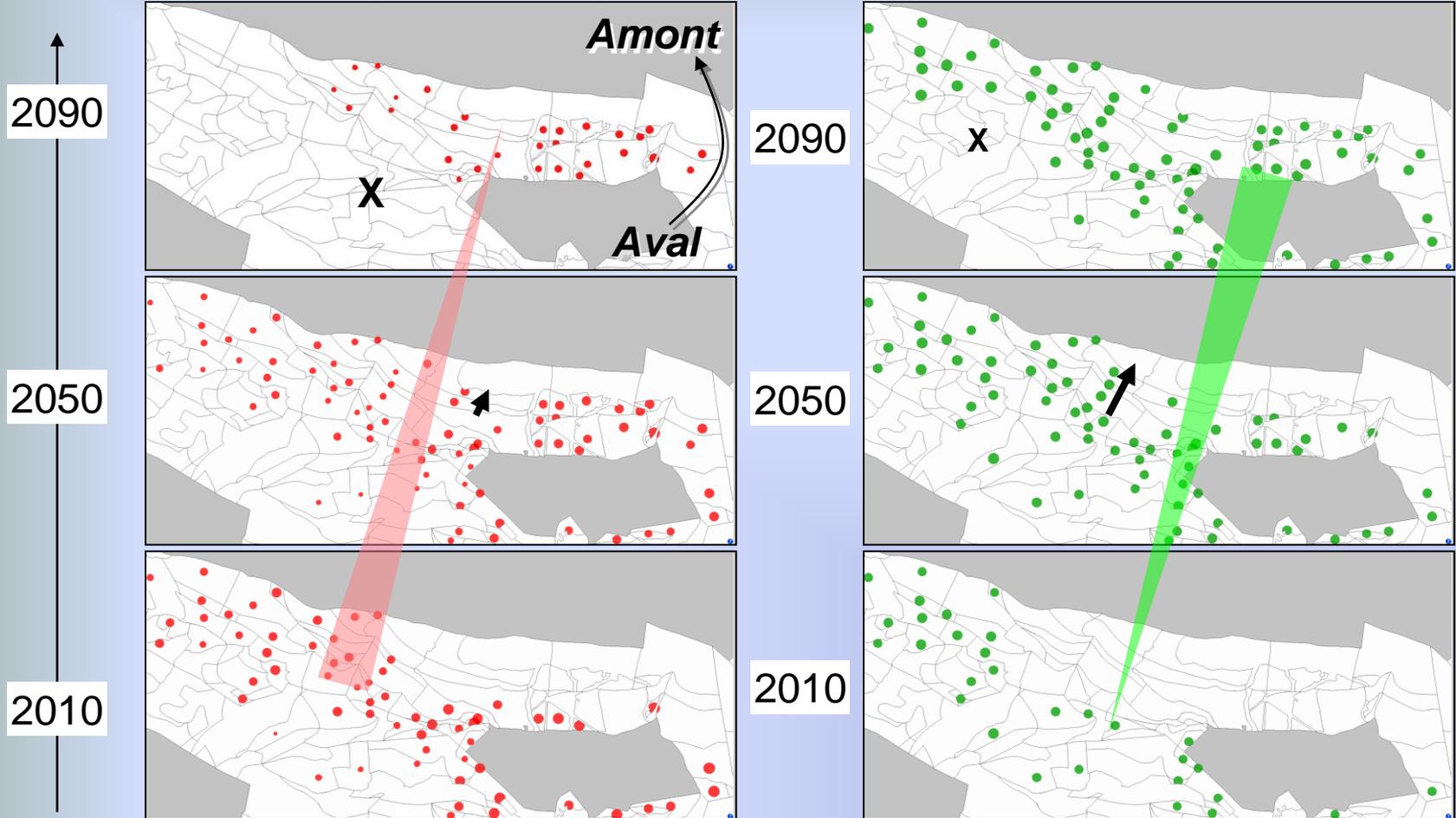
Simulation du Changement climatique, en versant nord du mont Ventoux

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**

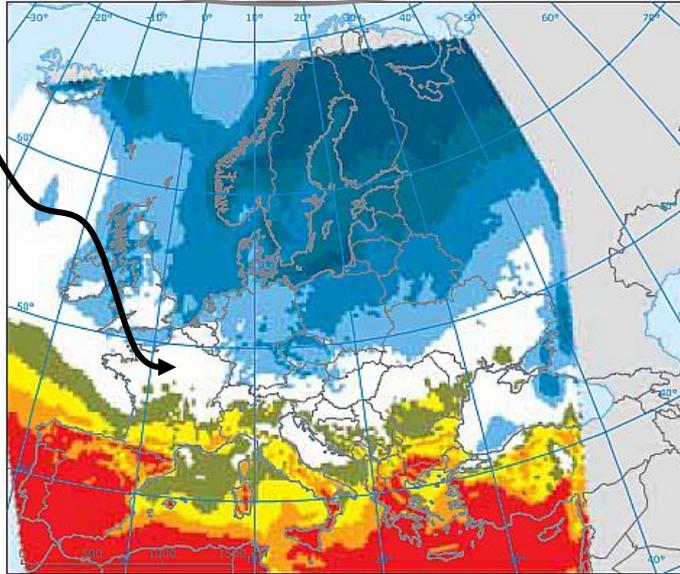
Questions concrètes
/
Pratiques actuelles
... et futures ?

ATTENTION : Nombreuses Incertitudes ... !

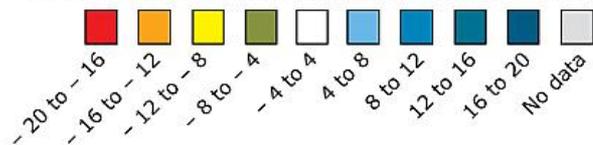
la 1^{ère} : Changements Climatiques

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 ...