

# SESSION 2 - COMMENT LES ARBRES RÉPONDENT-ILS AUX VARIATIONS DU CLIMAT ?

## INTRODUCTION

Office National des Forêts

25 ANS RENECOFOR

**La réponse des arbres au climat : pourquoi et comment l'étudier ?**

Myriam Legay, Chef du Département RDI

Le climat, un déterminant majeur du fonctionnement des écosystèmes forestiers

25 ANS RENECOFOR

A l'échelle du paysage, le climat structure les types de forêts

Ses variations d'une année sur l'autre marquent la vie de la forêt

D'une heure à l'autre, les conditions atmosphériques pilotent la physiologie de l'arbre

Indice moyen de croissance %

1916-25, 1943-51, 1976, 1973

Transpiration, lors d'une journée en été, de 7 hêtres dans un peuplement fermé (FD Hesse, Moselle). D'après site BILJOU, INRA

2

Or le climat change très vite

25 ANS RENECOFOR

Température moyenne annuelle - écart à la référence 1961-1990 France métropolitaine

...entraînant le bouleversement à moyen terme de l'environnement des arbres

Actuel, 2055 A1B x Arpège

Niche climatique du hêtre

Se projeter, Comprendre, Observer

3

### Myriam Legay

ONF, cheffe du département recherche-développement-innovation

Comment les arbres répondent-ils aux variations du climat ? En ouverture de cette session, je vous invite à réfléchir à ce que ça signifie d'étudier la réponse des arbres forestiers au climat.

En guise d'échauffement, commençons par une évidence : le climat est un déterminant majeur du fonctionnement des écosystèmes forestiers. Il structure nos paysages, que ce soit en latitude ou en altitude. On sait aussi que ses variations d'une année à l'autre marquent la vie de la forêt. C'est illustré ici par une étude dendrochronologique produite par Michel Becker sur les sapins au moment des pluies acides dans les Vosges (1987), et qui montre l'effet des différentes sécheresses. Enfin d'une heure à l'autre, les conditions atmosphériques pilotent la vie de l'arbre comme on peut l'observer sur les sites ateliers, avec ici un graphique de suivi de la transpiration en été dans un peuplement de hêtre. On y voit également que le climat que connaissent les hêtres n'est pas le même dans les différentes strates de la canopée.

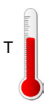
Or ce climat qui marque tant nos écosystèmes forestiers change très vite, témoin ce graphique de Météo France sur l'évolution des températures de 1900 à 2015. Et donc à moyen terme c'est l'environnement de croissance des arbres qui est complètement bouleversé comme on le voit sur la carte obtenue par Paulina Pinto à partir de 3 modèles de niche : elle montre l'évolution de la niche climatique du hêtre entre le climat actuel à gauche et le climat en 2055 suivant le scénario A1b du GIEC\* et le modèle Arpège.

Si on veut se projeter dans ce climat futur, il nous faut comprendre pour modéliser, et pour comprendre et modéliser, il faut avoir de bonnes données d'observation.

### Appréhender les variables du climat

Le climat, oui, mais quel climat ? On sait que connaître le climat à l'échelle d'un massif forestier, ça n'est pas si simple (sans parler du climat à l'échelle des arbres à l'intérieur même du peuplement). RENECOFOR, qui contribue à l'acquisition de données climatiques sur 14 stations situées hors couvert, a permis de montrer que la comparaison de ces données climatiques avec celles de Météo France n'est pas évidente et soulève un certain nombre de questions. Et par ailleurs, quel genre de variables utiliser pour suivre le climat ? Les variables qui intéressent la forêt peuvent être de différents types : il y a celles qui sont directement mesurées, comme la température, et d'autres qui sont plus complexes. C'est le cas du bilan hydrique, une variable majeure pour la vie de la forêt, à travers sa composante évapotranspiration potentielle (ETP), calculée selon des formules compliquées (ici la formule de Penman) à partir de plusieurs variables climatiques qui ne sont pas mesurées sur toutes les stations. Et enfin quel aspect du climat considérer ? S'en tenir au climat moyen et à son évolution en termes de dérive, ou s'intéresser aux événements

## Quel climat ?



versus

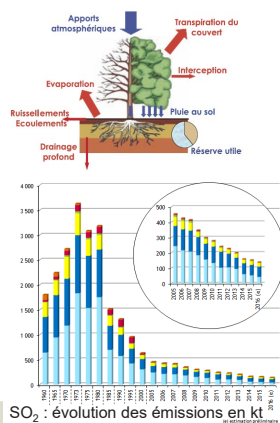
$$ETP = f(T, Rg, H, V)$$

T : température  
Rg : rayonnement global  
H : humidité relative de l'air  
V : vitesse du vent à 10m

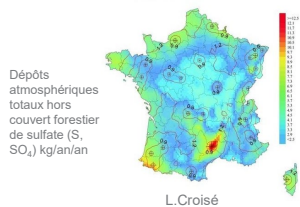
- Connaître le climat à l'échelle du massif ?
  - **Renecofor : 14 stations climatiques en lisière**
  - **Rapport Badeau & Ulrich, 2008**
- Quelles variables climatiques ?
  - **Grandeurs mesurées ou calculées**
  - **Saisonnalité** → cf. exposé de F. Lebourgeois
- Climat moyen (en évolution) ou événements climatiques extrêmes ?



## Interaction avec les autres facteurs



- Interaction avec les caractéristiques du sol :
  - Réserve utile (RU)
  - Caractéristiques chimiques : pH, C/N...elles même en évolution

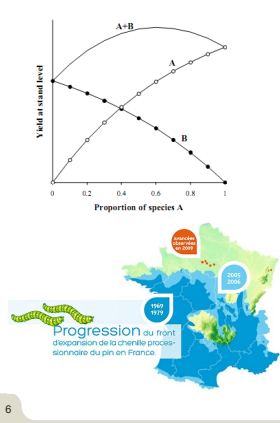


climatiques extrêmes ? Événements dont on sait qu'ils marquent en général les évolutions majeures de la forêt, comme on l'a vu lors de l'épisode des pluies acides : les grandes sécheresses ont en fait agi au moins autant que la pollution atmosphérique dans les dépérissements observés à l'époque.

Souvenons-nous aussi que la réponse des arbres au changement de climat se fait en interaction avec d'autres facteurs. À commencer par les autres facteurs abiotiques : interaction avec les caractéristiques du sol, comme la réserve utile, puisque cette fameuse variable du bilan hydrique est calculée à partir de la réserve utile des sols ; interaction avec les caractéristiques chimiques des sols, comme le pH et le C/N, qui ont le mauvais goût d'être elles-mêmes en évolution puisqu'elles sont liées aux retombées de la pollution atmosphérique. Retombées dont certaines évoluent à la baisse comme le dioxyde de soufre ; attention, le graphique a une échelle un peu particulière, au pas de 5 ans jusqu'en 2005 et annuel ensuite. Cette interaction entre les caractéristiques chimiques et le climat est forte puisque les dépôts atmosphériques sont véhiculés jusqu'en forêt par les pluies : l'importance des retombées dépend donc de l'importance des pluies, comme le montre la carte établie par Luc Croisé.

Il y a aussi des interactions avec les facteurs biotiques, d'abord parce que les arbres interagissent entre eux. On sait par exemple qu'un mélange ne se comporte pas comme la somme de ses composantes. Un certain nombre de mélanges, c'est maintenant bien établi, montrent une surproductivité par rapport à ce qui est attendu en cumulant la productivité des composantes au prorata du mélange. Les mélanges ont-ils aussi des propriétés intéressantes de résistance ou de résilience par rapport au stress climatique ? Xavier Morin va aborder cette question (entre autres). La réponse des arbres au climat se fait enfin en interaction avec bien d'autres phénomènes biotiques. J'en donne ici l'exemple classique de l'évolution de la répartition de la chenille processionnaire du pin. Dans la bande figurée en bleu clair les pins ont non seulement connu un réchauffement sensible entre les années 70 et les années 2000, mais ils ont aussi subi l'arrivée de la processionnaire du pin, qui n'était pas présente auparavant. J'en reste là pour le climat...

## Interaction avec d'autres facteurs



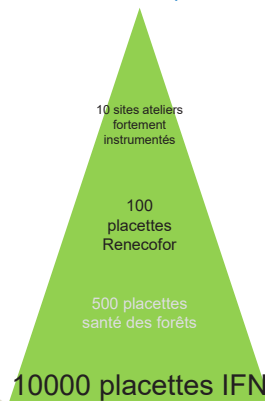
- Interactions entre arbres
  - ⇒ surproductivité de certains mélanges
  - ⇒ résistance et résilience aux stress climatiques ?
  - Exposé de Xavier Morin
- Autres interactions biotiques au sein de l'écosystème

D'après les travaux de C. Robinet et A. Roques  
Illustration : [www.developpement-durable.gouv.fr/Front-d-expansion-de-la-chenille.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Front-d-expansion-de-la-chenille.html)

## Regardons maintenant du côté des variables de réponse...

... et des ressources du système de monitoring français. J'ai figuré par ce triangle vert la « pyramide du monitoring » : au sommet, une dizaine de sites-ateliers très fortement instrumentés sur lesquels on recueille un grand nombre de données ; à la base, plusieurs milliers de placettes relevées annuellement par l'Inventaire forestier national (IFN) ; aux niveaux intermédiaires, le réseau RENECOFOR avec sa centaine de placettes, et le réseau de santé des forêts (plusieurs centaines de placettes). Le réseau de santé des forêts apparaît en gris parce qu'il n'intervient guère dans la première série de variables qui nous intéresse ici. D'abord la présence ou l'absence des espèces, qui permet de définir leur niche climatique : c'est une variable sur laquelle RENECOFOR peut apporter sa contribution, mais c'est surtout la puissance de l'Inventaire forestier qui est intéressante. Ensuite la croissance, variable sur laquelle le réseau RENECOFOR a un apport spécifique puisqu'il fournit, en lien avec la croissance, un grand nombre de données de contexte sur la santé du peuplement, sa phénologie, ainsi que des données de suivi au fil du temps d'arbres échantillons. Données qui ne sont pas disponibles dans l'IFN.

## Variables de réponse



- La présence ou l'absence de l'espèce → niche climatique
- La croissance :
  - (+) Renecofor : nombreuses données de contexte (santé, phénologie...)
  - suivi des arbres-échantillons

**Variables de réponse**

- 10 sites ateliers fortement instrumentés
- 100 placettes Renecofor
- 500 placettes santé des forêts
- 10000 placettes IFN

- Santé des forêts
- (+) Renecofor :
  - Lien avec les données de croissance,
  - Lien avec les données de dépôts atmosphériques et de suivi de la nutrition foliaire et des solutions du sol

8

**Variables de réponse**

- 10 sites ateliers fortement instrumentés
- 100 placettes Renecofor
- 500 placettes santé des forêts
- 10000 placettes IFN
- Télédetection

- Phénologie :
  - (+) Renecofor :
    - Représentativité (espèces, zones climatiques)
    - Durée des séries de relevés
      - Exposé F. Lebourgeois
      - Exposé K. Soudani
- Fructification :
  - (+) Renecofor :
    - Représentativité (espèces, zones climatiques)
    - Durée des séries de relevés
      - Exposé F. Lebourgeois

9

**Variation dans l'espace ou dans le temps ?**

- Selon les approches :
  - Comparaison entre sites
  - Suivi au fil du temps (dendrochronologie, séries chronologiques de relevés...)
- La transposition espace-temps : une approche courante pour aborder les impacts du changement climatique
  - Exposé de F. Lebourgeois
- Attention : cette approche fait des hypothèses

10

**Confronter les visions**

Tout modèle est imparfait : confronter les approches pour toute décision de gestion

Observer pour comprendre, et simuler et tester les effets de différentes modalités de gestion

11

Deuxième série de variables de réponse, c'est celle des variables liées à la santé des forêts ; là j'ai « éteint » l'IFN qui contribue assez peu. Sur cet aspect le réseau le plus extensif est le réseau 16x16 (santé des forêts), et RENECOFOR a là encore un apport spécifique en ce qu'il permet de mettre en lien ces données de santé des forêts avec un grand nombre de données de croissance, d'une part, mais aussi de dépôts atmosphériques ou de nutrition foliaire.

Troisième série de variables, celles qui sont liées au processus de reproduction : la phénologie et la fructification. J'ai « éteint » ici l'IFN et le réseau de santé des forêts car sur ce type de variables RENECOFOR est le réseau le plus représentatif : il fournit des données qui permettent d'avoir une certaine représentation des grandes espèces et des grandes zones climatiques, et ses séries chronologiques de relevés sont les plus longues et les plus cohérentes pour les arbres forestiers en France. Il en sera question notamment dans les exposés de François Lebourgeois et celui de Kamel Soudani (présenté par Eric Dufrene). Particularité ici, la télédétection permet d'étendre l'acquisition de données en lien avec le réseau RENECOFOR, qui apporte des données de calage.

## Réponse aux variations du climat... dans l'espace ou dans le temps

Je vous invite aussi à prendre conscience de ce que, pour analyser la réponse des peuplements, on s'intéresse tantôt aux variations dans l'espace, tantôt aux variations dans le temps, ça dépend des approches. Quand on compare deux sites, on parle de variation dans l'espace, alors que pour la dendrochronologie ou l'analyse de séries chronologiques de relevés, il s'agit d'évolution au fil du temps. En matière de changement climatique, on fait souvent un tour de passe-passe qui consiste à utiliser une différence dans l'espace (par exemple une différence entre deux sites A et B, dont le climat diffère par exemple de 2°C) pour étudier ce qui pourrait se passer au fil du temps si le site A se réchauffait de 2° suivant un scénario climatique. C'est ce qu'on appelle la transposition espace-temps.

Évidemment, cette approche indispensable et très pratique fait des hypothèses fortes et elle a donc ses limites.

Et d'une façon générale, tout modèle est imparfait. Si je vous ai emmenés dans ce jardin plein de sentiers qui bifurquent, c'est parce qu'on a besoin de toutes ces approches pour prendre des décisions de gestion. Il est exclu de se reposer sur un seul modèle. L'ensemble de la démarche à laquelle on est invité, c'est donc d'observer pour comprendre, simuler, tester les effets de scénarios de climat et de scénarios de gestion, pour pouvoir agir au final.

**Merci à nos orateurs** d'apporter leur éclairage sur la question de la réponse des espèces au climat.