

La forêt face au changement de climat

Exposé de M. Yves MARTIN

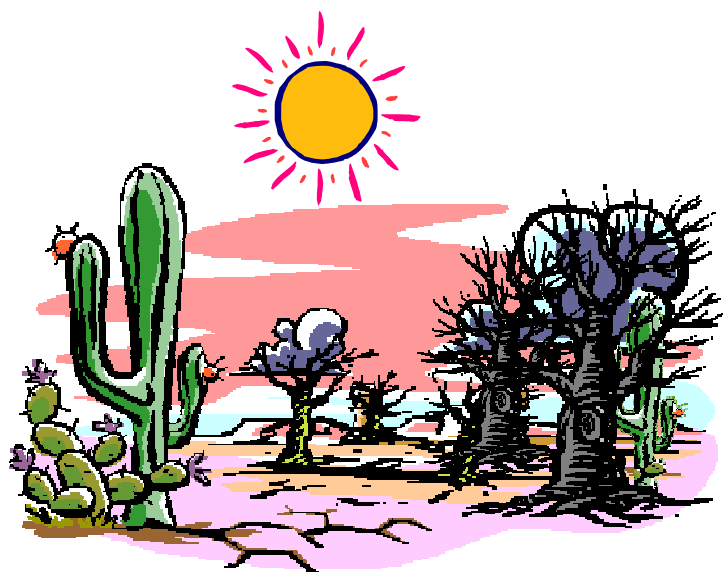
Ingénieur général des mines honoraire

Ancien Président de la Mission interministérielle sur l'effet de serre

à Florac, le 5 août 2005, lors de la réunion d'information sur

« La sylviculture et les changements climatiques »

organisée par le Centre régional de la propriété forestière du Languedoc-Roussillon



Sommaire

1 - Histoire de l'atmosphère	p.2
2 - Qu'est-ce que l'effet de serre ?	p.3
3 - Quelles sont les conséquences de l'effet de serre sur le climat global de la planète?	p.4
4 - Peut-on affirmer que le climat a déjà changé ?	p.4
5 - Peut-on maîtriser les émissions de CO ₂ pour limiter le changement de climat prévisible ?	p.9
6 - Quel impact le changement de climat peut-il avoir sur notre écosystème forestier ? Comment adapter la sylviculture ?	p.11
7 - Quel impact sur l'économie de la forêt ?	p.24
8 - Conclusion	p.25

1 - Histoire de l'atmosphère

Il y a 4,5 milliards d'années, l'atmosphère était composée de vapeur d'eau et de gaz carbonique (CO_2). Sa température était de 800°C . Elle était, à priori, impropre à la vie. Un premier refroidissement a permis la condensation de la vapeur d'eau et la création des océans.

Il y a environ 3,8 milliards d'années, la vie est apparue dans les océans sous forme de bactéries qui se sont nourries du CO_2 de l'atmosphère et y ont rejeté un déchet, l'oxygène. Le rayonnement du soleil a partiellement transformé celui-ci en ozone qui a la propriété d'arrêter, dans l'atmosphère, les rayons ultra violet (UV) durs dont l'intensité interdisait toute vie hors des océans. L'eau des océans, comme l'ozone de l'atmosphère, arrête aussi les UV.

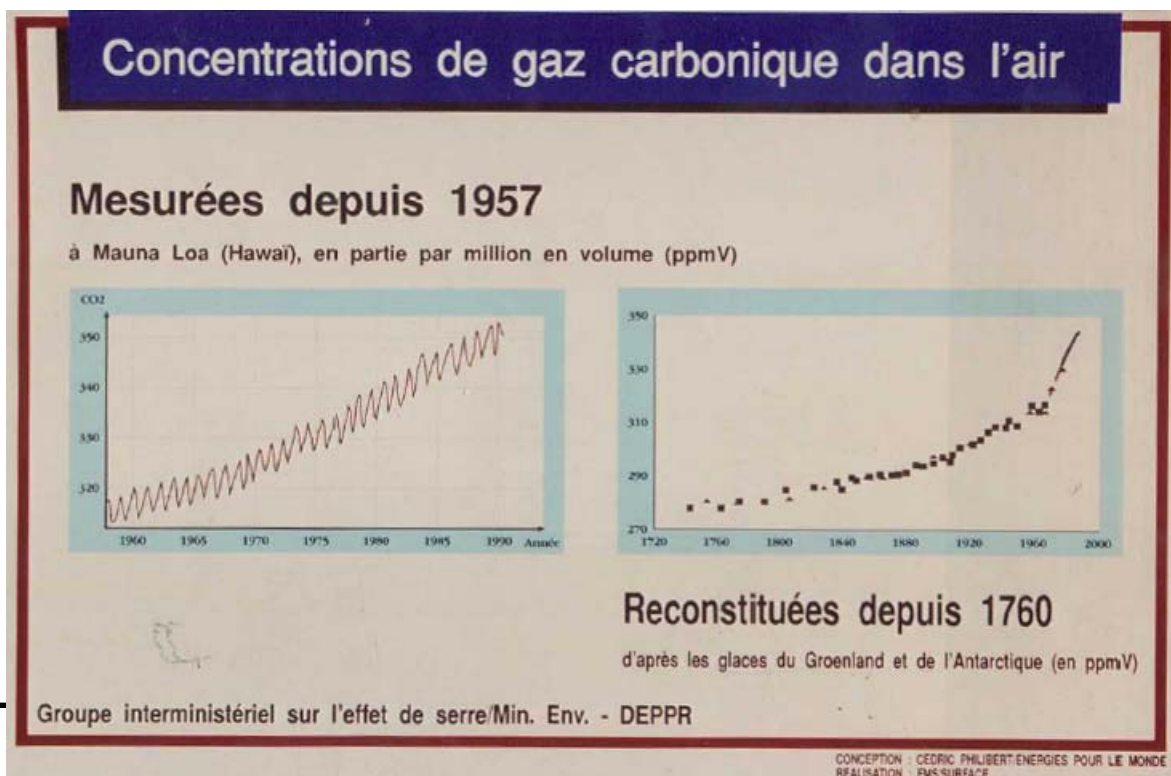
Lorsque la concentration en ozone (O_3) a été suffisamment forte, il y a 500 millions d'années, la vie a pu sortir de l'abri des océans et conquérir les continents.

La vie a ainsi éliminé la quasi-totalité du CO_2 de l'atmosphère pour le stocker sous forme de calcaire (CO_3Ca) et de « futurs » combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz). La vie n'est donc pas apparue parce que l'atmosphère lui était favorable ; c'est au contraire la vie qui a façonné l'atmosphère.

Faisons un grand bon à travers les âges : à la fin du 18^e siècle, la concentration en CO_2 de l'atmosphère était tombée à seulement 280 parties par million (ppm), soit 0,028 %.

Mais, avec la découverte des combustibles fossiles, à l'origine de l'ère industrielle, nous avons entrepris, depuis 2 siècles, le déstockage de ce carbone fossile et, de ce fait, la concentration en CO_2 dans l'atmosphère augmente de façon accélérée.

Figure ci-dessous : A gauche sont reportées les mesures directes de CO_2 que l'on effectue depuis 1950 ; les oscillations annuelles, autour de la tendance à une croissance accélérée, sont dues au cycle annuel de la végétation dans les zones tempérées de l'hémisphère Nord : la concentration en CO_2 passe par un minimum en été. A droite sont présentés les résultats des dosages du CO_2 dans les bulles d'air emprisonnées dans les glaces du pôle Sud et du Groenland au cours des trois derniers siècles ; ces bulles d'air ont conservé la teneur en CO_2 qu'elles avaient, lors de leur piégeage.

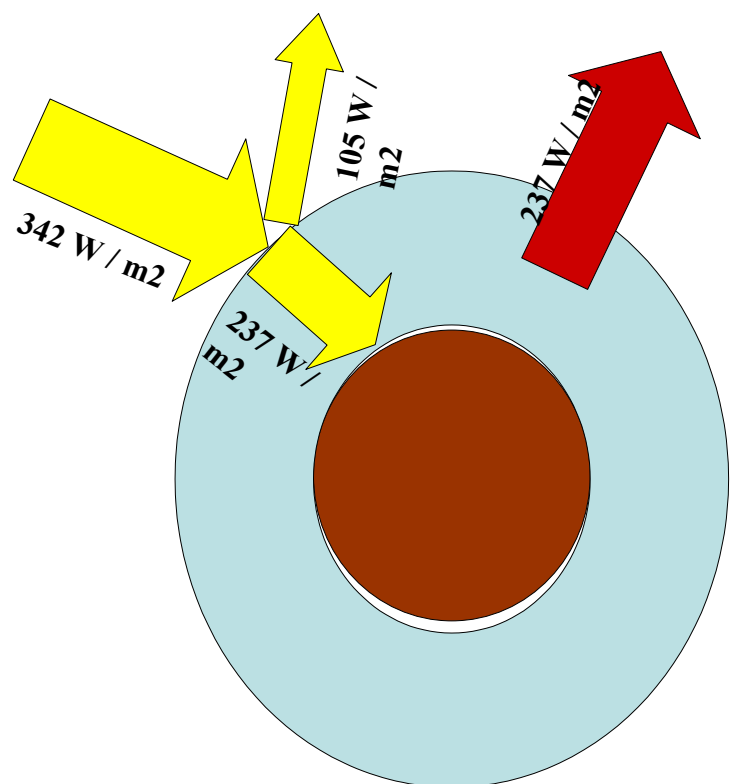


Tout corps émet un rayonnement dont la longueur d'onde est fonction de la température de sa surface. La surface du soleil étant à 6.000°C , il nous envoie un rayonnement composé de la lumière visible et d'ultra violet. Le rayonnement solaire chauffe la terre grâce à un apport de $237 \text{ watts par m}^2$. Ainsi chauffée, la terre se refroidit en émettant vers l'espace un rayonnement qui, compte tenu de sa température, est un rayonnement infrarouge invisible. Sa puissance est égale à celle du rayonnement reçu du soleil. Quatre gaz, dont le principal est le CO_2 , qui ne représentent que $0,05\%$ de l'atmosphère, jouent un rôle crucial dans son équilibre thermique, car ils ont la propriété de retenir, dans l'atmosphère, une fraction du rayonnement infrarouge.

Ces gaz, dits gaz à effet de serre, jouent un rôle positif car, sans eux, la température moyenne sur notre globe serait de -18°C alors que, grâce à eux, nous bénéficions de $+15^{\circ}\text{C}$. A -18°C , aucune vie ne serait possible sur terre. Notre écosystème a donc eu la sagesse de conserver ce petit matelas de CO_2 .

Mais, en retenant aujourd'hui dans l'atmosphère $2,5 \text{ watts supplémentaires par m}^2$, les gaz additionnels rejetés par l'homme vont modifier le climat.

On pourrait peut être penser que ces $2,5 \text{ watts par m}^2$ sont négligeables en comparaison des 237 watt par m^2 que le soleil nous envoie. Et ce d'autant que le climat varie constamment, à l'échelle du mois et de l'année, et connaît même des variations cycliques naturelles de très grande ampleur que sont les glaciations dont la dernière était encore là il y a 15.000 ans .



Les glaciations résultent des fluctuations de la position de la terre dans le système solaire. Ces fluctuations, dont la périodicité est de l'ordre de 100.000 ans , induisent des variations très faibles de l'apport d'énergie solaire à la terre.

En une dizaine de milliers d'années, un surcroît moyen d'énergie de $0,7 \text{ watt par m}^2$ seulement (soit le tiers de l'effet de serre additionnel d'aujourd'hui) nous a fait sortir de la dernière glaciation en augmentant de 5°C la température moyenne de la terre. Cette élévation de température a été seulement de $+2^{\circ}\text{C}$ à l'équateur (dont la très grande stabilité climatique permet une diversité végétale exceptionnelle), mais de $+15^{\circ}\text{C}$ à la latitude de la France.

3 - Quelles sont les conséquences de l'effet de serre sur le climat global de la planète ?

Des modifications, même très faibles, de l'équilibre radiatif de l'atmosphère peuvent donc avoir un impact considérable sur le climat.

Pour comprendre la dynamique de tels changements, il faut avoir conscience de deux faits.

Le premier - L'atmosphère a une inertie thermique faible. Elle est efficacement brassée par les vents et réagit vite à la chaleur retenue par les gaz à effet de serre.

Il n'en va pas de même pour les océans dont l'inertie thermique est énorme. Leur masse est 150.000 fois supérieure à celle de l'atmosphère et les courants marins, qui homogénéisent leur température, n'accomplissent leur boucle autour de la terre qu'en un millénaire. L'impact du Gulf Stream sur le climat de la France montre que la température des océans a un rôle très important sur le climat. La température moyenne de l'océan n'augmente que très lentement sous l'impact de notre effet de serre additionnel : dans l'immédiat, les océans ralentissent donc le réchauffement de l'atmosphère et masquent temporairement les conséquences du brûleur que nous avons allumé.

Le second - Nous déstockons aujourd'hui 7 milliards de tonnes (Gt) de carbone par an : 6 par l'usage d'énergie fossile et 1 par la déforestation tropicale.

L'océan absorbe la moitié de ces 7 Gt, l'autre moitié s'accumule dans l'atmosphère et y restera pendant des siècles.

Pour stabiliser la teneur de l'atmosphère en CO₂, il ne suffit pas de stabiliser les émissions, il faut les diviser par 2 et le niveau de la stabilisation dépendra du temps que nous mettrons pour obtenir cette division par 2.

Quand nous déversons une pollution dans un cours d'eau, la concentration en pollution de son eau est proportionnelle à notre émission de polluant. Si nous divisons par deux notre déversement, la pollution du cours d'eau est instantanément divisée par deux.

Il n'en va pas de même avec la pollution que nous rejetons dans l'atmosphère qui est cumulative et non en transit.

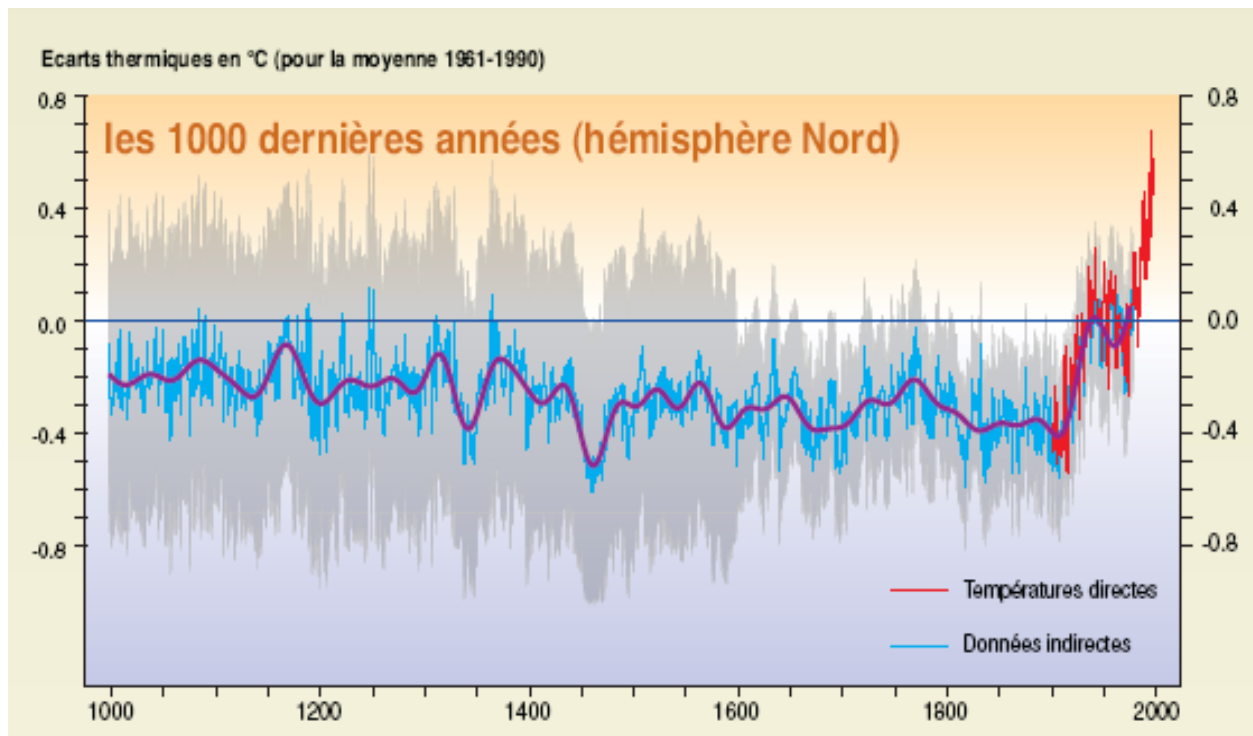
4 - Peut-on affirmer que le climat a déjà changé ?

Il est difficile de mettre en évidence une évolution lente d'un phénomène aussi variable à chaque instant que le climat. Néanmoins, la quasi-totalité des scientifiques du monde entier, spécialistes du climat, réunis dans une instance de coopération permanente, le Groupe Intergouvernemental d'Etude du Climat (GIEC), considèrent que l'effet de serre additionnel que nous provoquons est bien la cause d'une évolution du climat, statistiquement significative, que nous constatons depuis un siècle et demi.

Cette évolution se traduit par :

1°) L'accroissement de la température moyenne sur terre. Celle-ci a déjà augmenté de 0,6°C depuis 1900 et de l'ordre de 1°C depuis 1800 (*Cf. figure page suivante*). Cette élévation n'est pas uniforme. Elle croît de l'équateur au pôle : depuis 1900, elle est de 1°C en France et voisine de 2°C au Groenland.

Comme le montre ce graphique, publié par le GIEC, l'augmentation de température enregistrée au cours du dernier siècle n'a pas de précédent sur le dernier millénaire.



2°) L'élévation du niveau des mers de 10 à 20 cm.

3°) La fonte des glaces de mer. Celles-ci, dans l'Atlantique Nord, surveillées par les satellites, voient leur surface s'amenuiser de 37.000 km² par an (soit la surface de la France tous les 15 ans) et leur épaisseur, moins aisément observable, a probablement diminué de 40 % .

4°) Le recul des glaciers de nos montagnes de plusieurs centaines de mètres en un siècle.

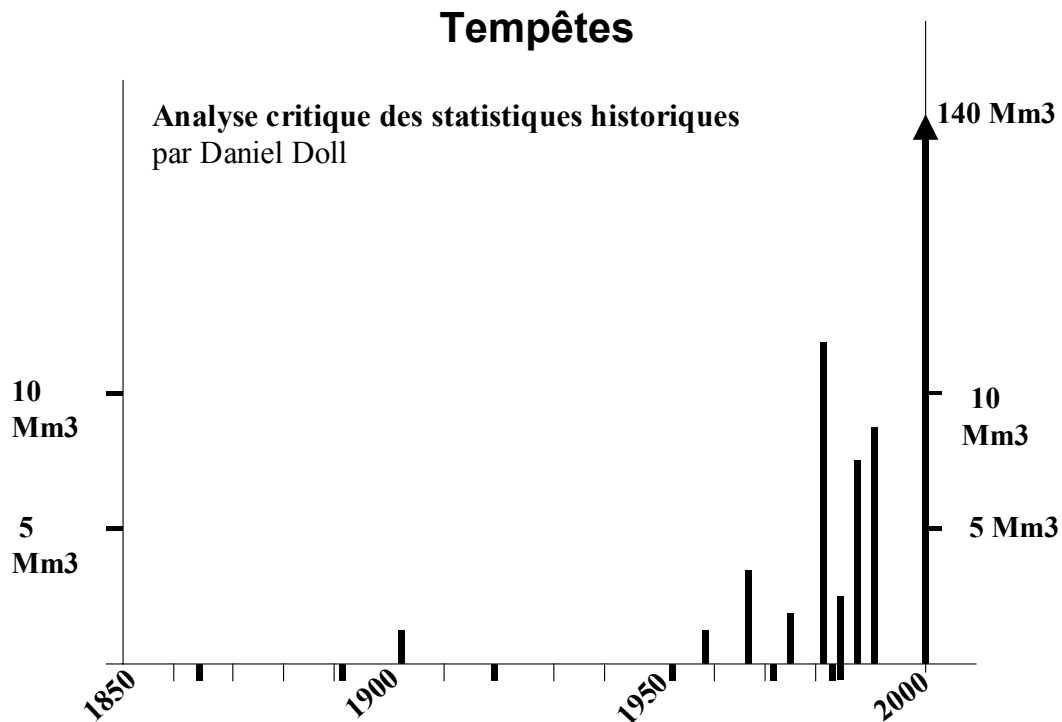
5°) L'augmentation de la pluviométrie annuelle de 5 à 10% aux moyennes et hautes latitudes de l'hémisphère Nord.

Concernant **les phénomènes extrêmes** (inondations, tempêtes, sécheresses, canicules), il est plus difficile d'affirmer qu'ils ont vu leur fréquence et leur intensité augmenter car ces phénomènes extrêmes étant, par définition, peu fréquents, les observations passées, que l'on a pu en faire, n'ont pas été quantifiées et ne permettent donc pas d'estimer leur intensité et leur fréquence historique normale.

Cette difficulté existe surtout pour les épisodes brefs et locaux comme les tempêtes ; elle est moindre pour les sécheresses et les canicules dont la durée se chiffre en mois et qui affectent des surfaces plus importantes. Les scientifiques estiment aujourd'hui, par exemple, que la probabilité de canicules comme celle de 2003 a au moins doublé.

Quant à la tempête exceptionnelle de fin 1999, on ne sait pas scientifiquement l'attribuer au changement de climat, mais le graphique ci-dessous montre une évolution

impressionnante des destructions de peuplements forestiers par le vent en France depuis 1850¹.



Sur ce graphique, au-dessous de l'axe des abscisses, les petits tirés (tous de même taille) correspondent à des volumes de bois abattus par des tempêtes compris entre 500.000 et un million de m³. Au-dessus de cet axe, les traits sont proportionnels au volume de bois abattu, sauf pour 1999 et ses 140 millions de m³ qui sortent des limites du graphique.

On voit que dans notre pays, de 1850 à 1960, les dégâts sont minimes puis les événements graves se multiplient.

Il faut aussi savoir que la Suède vient de connaître, en janvier dernier, une tempête record pour ce pays, qui a mis par terre 75 millions de m³ de bois.

L'accroissement de la fréquence et de l'ampleur des dégâts des tempêtes, au cours des dernières décennies, est peut être dû à une plus grande vulnérabilité de nos forêts, autant qu'au changement de climat, mais l'évolution est inquiétante.

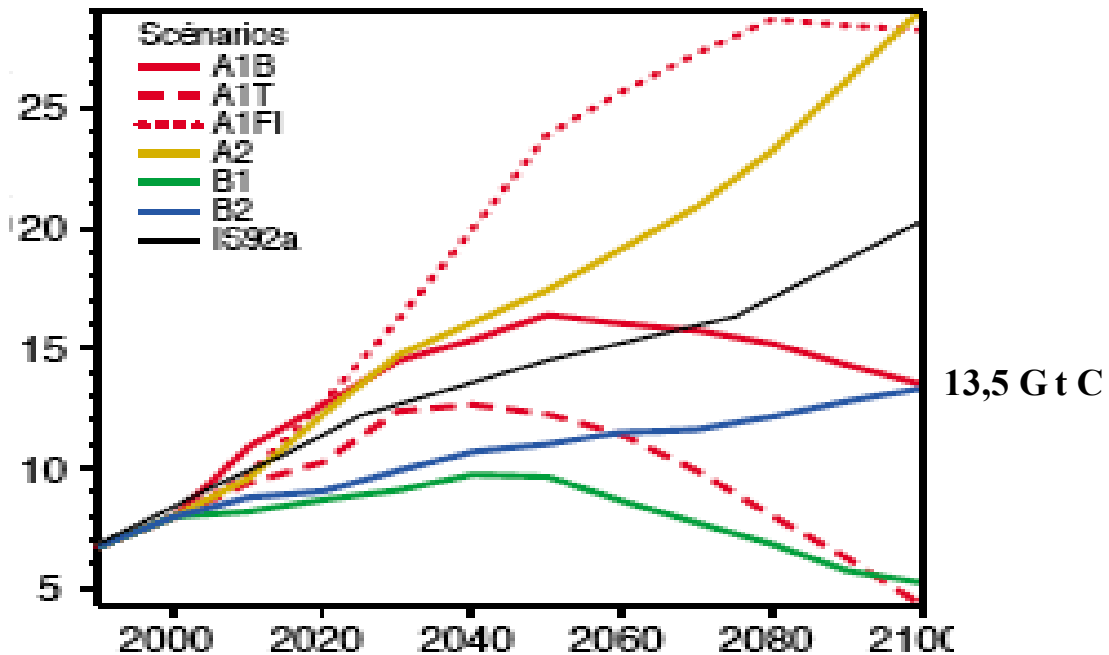
Au-delà de ce que nous constatons déjà, divers modèles de plus en plus sophistiqués, élaborés dans le cadre d'une étroite coopération internationale, s'attachent à simuler l'évolution future du climat en tenant compte de l'interaction entre l'océan et l'atmosphère.

¹ Expertise collective sur les tempêtes, la sensibilité des forêts et sur leur reconstitution coordonnée par Olivier LAROISSINE et Sébastien DROUINEAU du GIP ECOFOR

Ces modèles ont conduit à faire des **hypothèses sur l'évolution future des émissions de CO₂**, car l'augmentation de ces émissions restera durablement forte malgré la mobilisation internationale engagée, en 1992, par la convention de Rio.

Le tableau de la page 9 montre que les émissions ont continué à augmenter de 16% entre 1990 et 2002 malgré un début de mobilisation. Le graphique ci-dessous présente les scénarios envisagés d'ici à 2100 dans diverses hypothèses :

Scénarios d'émission de CO₂ du GIEC (milliards de tonne de C/an)



- les scénarios A1F1 ou A2 supposent l'échec de la mobilisation internationale et la poursuite de la croissance non maîtrisée des émissions ;

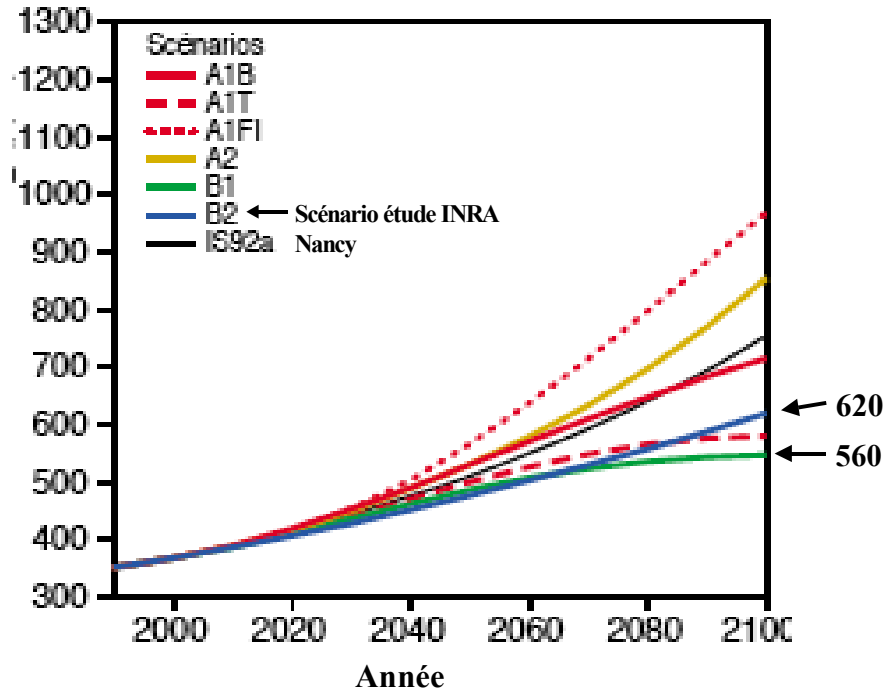
- le scénario B2 est fondé sur la perspective d'une division par deux du rythme de cette croissance (ce scénario est celui retenu par les recherches françaises sur l'impact du changement de climat sur la forêt française) ;

- B1 enfin est le scénario vertueux de la division par deux des émissions qui est nécessaire à la stabilisation des concentrations, stabilisation qui n'aurait lieu que plusieurs siècles après 2100 ;

- les autres scénarios (A1B, A1T et IS92a) sont des variantes des scénarios précédents qui sensiblement arrivent aux mêmes résultats. Pour ne pas alourdir notre exposé, nous ne les expliciterons pas plus ici que dans les graphiques suivants.

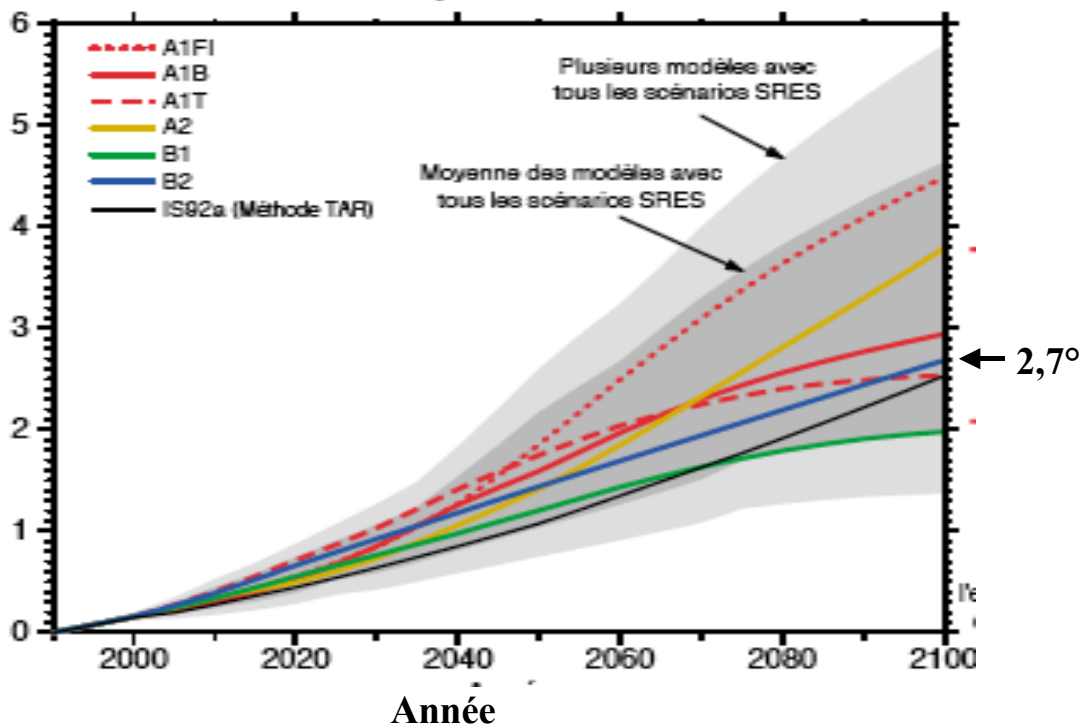
Le graphique ci-après montre que **la concentration** en CO₂, qui est déjà passée de 280 à 367 ppm aujourd'hui, serait, en 2100, de 620 ppm avec B2 (scénario retenu par l'INRA de Nancy) et 560 avec B1 (scénario vertueux).

CONCENTRATION EN CO2 en ppm



Le graphique ci-dessous montre que, dans les scénarios B1 et B2, **la température** augmenterait de 2 ou 2,7°C, au-delà des 0,6°C d'augmentation déjà enregistrée et qu'elle pourrait, dans les scénarios du « laisser faire », approcher des 5°C d'amplitude que notre terre a déjà connu (lors de la dernière déglaciation), mais, cette fois, avec une vitesse 100 fois supérieure.

Evolution de la température dans les divers scénarios d'émission de CO2



Ces modèles prévoient en outre que :

- **le niveau des mers** s'élèverait de 30 à 50 cm, voire de 80 cm.
- **la pluviométrie** continuerait à augmenter en hiver sous les latitudes moyennes (c'est à dire chez nous), mais serait de plus en plus irrégulière, dans le temps, avec une aridification probablement accrue à l'intérieur des continents.
- s'agissant **des phénomènes extrêmes** (inondations, sécheresses, tempêtes), les modèles suggèrent une augmentation de la fréquence des écarts importants par rapport à la moyenne mais ne sont pas aptes à quantifier les valeurs extrêmes peu fréquentes ; ils suggèrent qu'il y aura davantage de vent mais ne savent pas prévoir comment ce « davantage » se répartira, dans le temps, entre la moyenne et la pointe.

5 – Peut-on maîtriser les émissions de CO₂ pour limiter le changement de climat prévisible ?

En 1992, au début de la mobilisation mondiale lors de la conférence de Rio, les pays industrialisés ont affiché leur intention de ne pas émettre plus de CO₂ en 2000 qu'en 1990. C'était une déclaration d'intention, non un engagement...

**Evolution des émissions annuelles de CO₂
des principaux pays (et du monde) intervenues depuis 1990**

	Millions de tonnes	Tonnes par habitant	Évolution 1990-2002
USA	1 541	5,36	+ 16%
Europe des 15	875	2,29	+ 3%
Ex «Pays de l'Est»	652	2,28	- 30%
Chine et Inde	1 432	0,51	+ 50%
Total monde	6 573	1,06	+ 16%

Le tableau ci-dessus montre que :

- si l'**Europe des 15** est presque parvenue à la stabilisation, les **USA** ont accru scandaleusement leurs émissions de 16%, tandis que la **Chine** et l'**Inde** ont légitimement augmenté les leurs de 50% et que l'effondrement de l'économie des **Pays de l'Est** a entraîné une réduction de 30% de leurs émissions ;
- les émissions par habitant de ces groupes de pays sont extrêmement différentes : chaque américain du Nord émet 10 fois plus que les habitants des pays en développement et 5 fois plus que la moyenne mondiale.

Diviser par deux les émissions pour stabiliser la composition de l'atmosphère, malgré un doublement de la population mondiale et l'augmentation des niveaux de vie, n'est pas impossible. Cela suppose une action mondiale très forte pour laquelle les pays industrialisés doivent donner l'exemple, ce que n'acceptent toujours pas les USA.

Avec le quart seulement de la population, les pays industrialisés sont responsables de plus des deux tiers des émissions actuelles. Ils sont aussi responsables de l'essentiel du CO₂ déjà accumulé dans l'atmosphère et leur modèle culturel et technologique inspire l'évolution aujourd'hui rapide du reste de l'humanité. Une division par 2 des émissions mondiales ne sera possible que si les pays industrialisés divisent les leurs par 4 au moins.

La répartition en France (tableau ci-dessous) des émissions entre les divers secteurs de notre activité et leur évolution montre le poids des transports que nous n'avons absolument pas maîtrisés et l'effet de nos mauvaises habitudes en matière de chauffage des logements. Nous augmentons constamment nos températures de chauffage, au-delà des 19°C réglementaires, plutôt que d'adapter nos vêtements d'intérieur.

Emissions de CO₂, par secteur, en France (en millions de tonnes de C / an)

	1990	2004	Evolution de 1990 à 2004
Transports	34,0	41,0	+ 20,6 %
Résidentiel et tertiaire	26,3	28,0	+ 6,5 %
Industrie (et agriculture)	31,5	27,4	- 13 %
Centrales électriques	10,9	9,1	- 16,5 %
Total	102,7	105,5	+ 2,73 %

Il nous faut susciter un changement de mode de vie et une mobilisation forte de l'innovation technologique. Une telle évolution ne sera pas ruineuse si elle est optimisée, progressive et programmée.

La plupart des gouvernements de l'Europe des 15 se sont fixés un objectif de division par 4 de leurs propres émissions d'ici à 2050, mais aucun n'a jusqu'ici adopté de politique susceptible d'y conduire !

Nous devons les y aider.

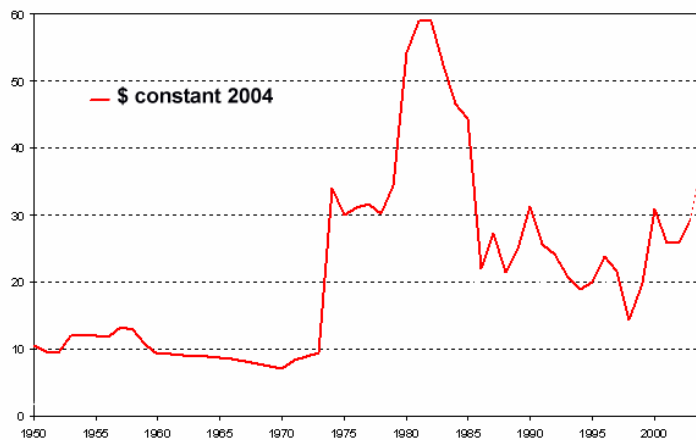
Il n'y a, à mes yeux, qu'une seule politique qui permette d'atteindre cet objectif : c'est la taxation progressivement croissante de l'énergie fossile. On ne peut pas en effet, sans d'énormes gaspillages, rationner, par des décisions de l'administration, l'énergie que chacun de nous utilise. Seule l'augmentation du prix TTC de l'énergie peut nous conduire tous à faire les économies de CO₂ les moins coûteuses et à susciter une forte innovation en donnant à nos entreprises la certitude qu'elles auront un marché pour leurs innovations.

Notre économie industrielle s'appuie, en effet, sur deux facteurs de production majeurs que sont la main-d'œuvre et l'énergie fossile. **La main-d'œuvre** est renouvelable, nous ne l'importons pas et sa sous-utilisation est génératrice des coûts du chômage (50 milliards d'euros par an dans le budget de l'Etat). **L'énergie fossile**, au contraire, n'est pas renouvelable, nous l'importons en totalité et sa consommation est génératrice des coûts futurs du changement de climat. Or, 38 % de nos prélèvements obligatoires sont assis sur les salaires (cotisations sociales et impôts divers de l'Etat, des Régions, des Départements, des Communes...) et 3,5 % seulement sont assis sur l'énergie fossile (taxe sur les carburants). Il faut diminuer progressivement les prélèvements sur les salaires et augmenter, d'un volume global équivalent, la taxation de l'énergie, afin de remplacer une incitation à créer du chômage en économisant de la main d'œuvre, par une incitation à économiser l'énergie. Dans une telle politique, il n'y aurait pas davantage d'impôts, au contraire, puisque l'on diminuerait les coûts actuels du chômage et les coûts futurs du changement de climat.

Nous avons fait, depuis la guerre, grâce à l'innovation, des progrès spectaculaires dans l'efficacité de la main-d'œuvre parce que son coût a constamment et fortement

augmenté de façon prévisible, stimulant des innovations dont la rentabilité était assurée.

Prix du pétrole brut depuis 1950



Or, le prix de l'énergie (*graphique ci-contre*), en monnaie constante, est resté stable jusqu'en 1974, avant de connaître des évolutions erratiques dont l'instabilité n'a pas permis de mobiliser l'effort d'innovation indispensable pour accroître notre efficacité énergétique.

Dans le domaine du bois, l'organisation des circuits de commercialisation du « bois-énergie » ne sera entreprise efficacement que si ses promoteurs sont assurés de leurs marges futures.

Je suis persuadé que nous n'atteindrons les objectifs fixés par les gouvernements européens, que si le prix TTC de l'énergie fossile est augmenté de façon prévisible, en quelques décennies, d'au minimum 500 € par tonne de carbone contenu. Cela conduirait à multiplier par 3 au moins le prix qu'a connu, en moyenne, cette énergie pendant les 20 ans qui ont précédé la guerre d'Irak, prix qui a structuré notre organisation urbaine, nos technologies et nos comportements.

6 - Quel impact le changement de climat peut-il avoir sur notre écosystème forestier ?

Comment adapter la sylviculture ?

J'exprimerai d'abord une crainte et une question :

- **une crainte** : dans un écosystème forestier, l'arbre connaît une génération par siècle. Face à lui, ses concurrents que sont les insectes, les champignons et les plantes annuelles, connaissent une génération par an et ont donc 100 fois plus d'occasions que l'arbre de s'adapter à un changement de climat rapide ;

- **une question** : saurons nous choisir les espèces que nous plantons, en fonction du climat sous lequel elles pousseront dans 30, 50 ou 100 ans, et non plus, comme nous l'avons toujours fait jusqu'ici, en fonction de l'expérience du siècle précédent ?

➤ **On constate, dès à présent, des évolutions sensibles au plan national et local.**

Météo France a procédé à une analyse statistique très intéressante² des observations de température et de pluviométrie faites sur toutes les stations métropolitaines pour lesquelles il a été possible de valider les données recueillies depuis cent ans.

² « Etude des longues séries homogénéisées de données de températures et de précipitations » de Jean-Marc Moisselin, Michel Schneider, Claire Canellas et Olivier Mestre de Météo France.

Le problème, ici encore, est de savoir s'il émerge, au sein des fluctuations aléatoires que nous connaissons, une tendance que l'on appelle « statistiquement significative » d'un phénomène non dû au hasard.

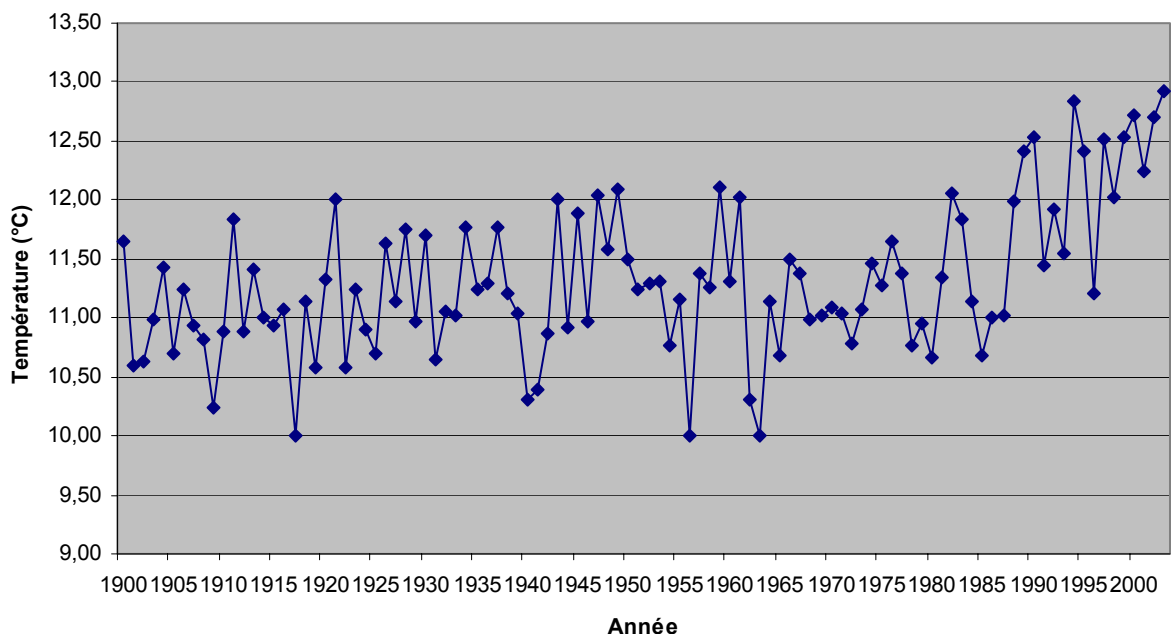
Les fluctuations des températures étant moindres que celles de la pluviométrie, les tendances observées sont toutes significatives pour la température, mais le sont beaucoup moins souvent pour la pluviométrie.

Ceci ne signifie pas que le changement de climat ne modifie pas la pluviométrie, mais qu'il la modifie insuffisamment vite pour qu'une tendance émerge de façon significative de la forte variabilité naturelle des précipitations.

➤ Au niveau national :

- **l'élévation de température**, est en moyenne de 1°C sur un siècle et le changement intervenu est équivalent à un déplacement de 200 km vers le Sud (par exemple de Limoges à Toulouse), ou à une diminution d'altitude de 100 à 200 m.

Température moyenne annuelle sur 19 stations représentatives de la France métropolitaine (°C)



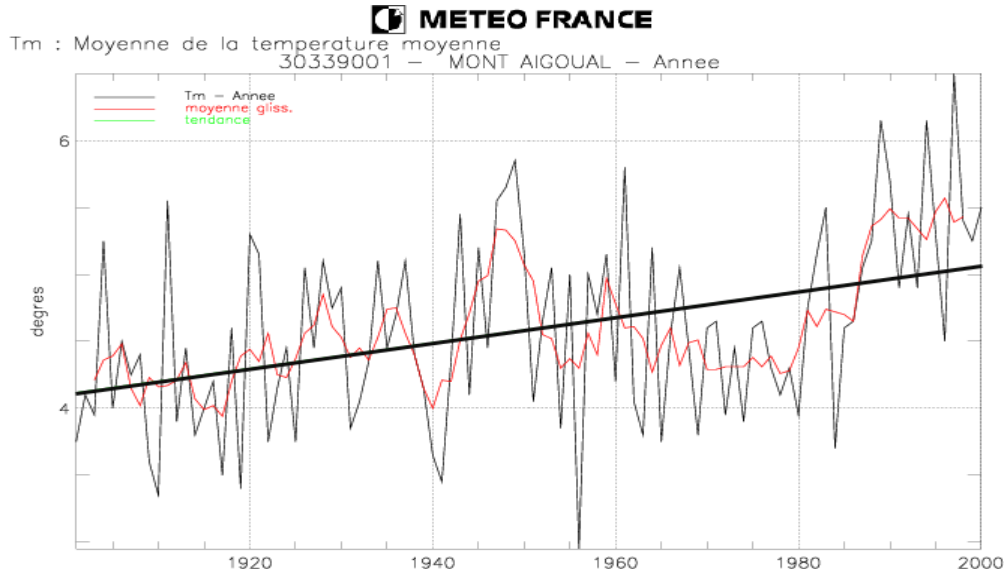
- **les précipitations annuelles** sont très généralement en hausse et aucune baisse n'est statistiquement significative. Météo France note toutefois que la tendance constatée dans le Sud est néanmoins à la baisse, par exemple dans le Sud de la Lozère. Au plan saisonnier, on observe, en hiver, des hausses partout dont un tiers sont significatives et, en été, une majorité de baisses qui ne sont que rarement significatives.

➤ Zoom sur la Lozère :

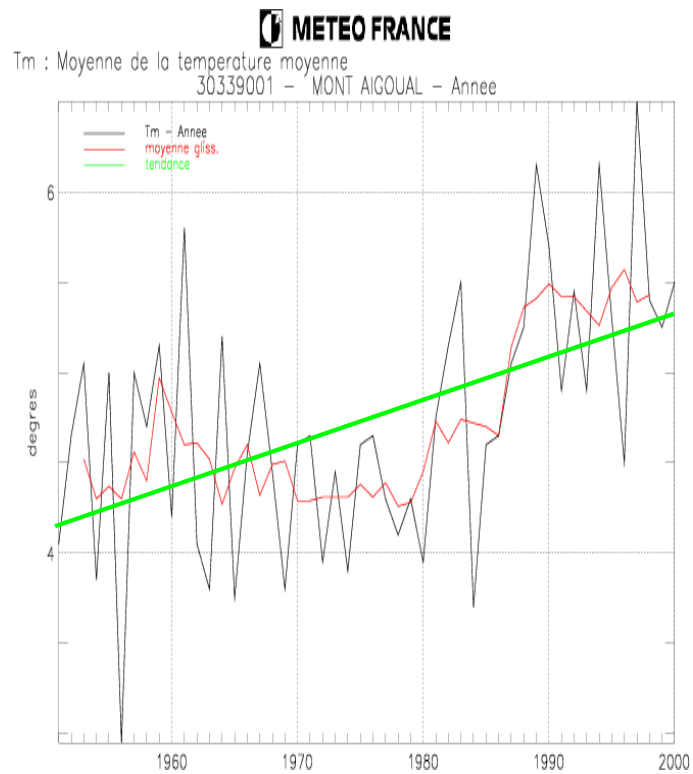
Sur chacun des graphiques suivants a été tracée une droite de tendance. Bien entendu, cela n'a pas été fait « au doigt mouillé », mais par une approche mathématique.

Les deux figures ci-dessous montrent que la température moyenne annuelle à l'Aigoual a tendanciellment augmenté de 0,95°C en 100 ans, mais de 1,2°C depuis 50 ans.

**Aigoual - Tendence de la température annuelle moyenne
de 1900 à 2000 : + 0,95°C**

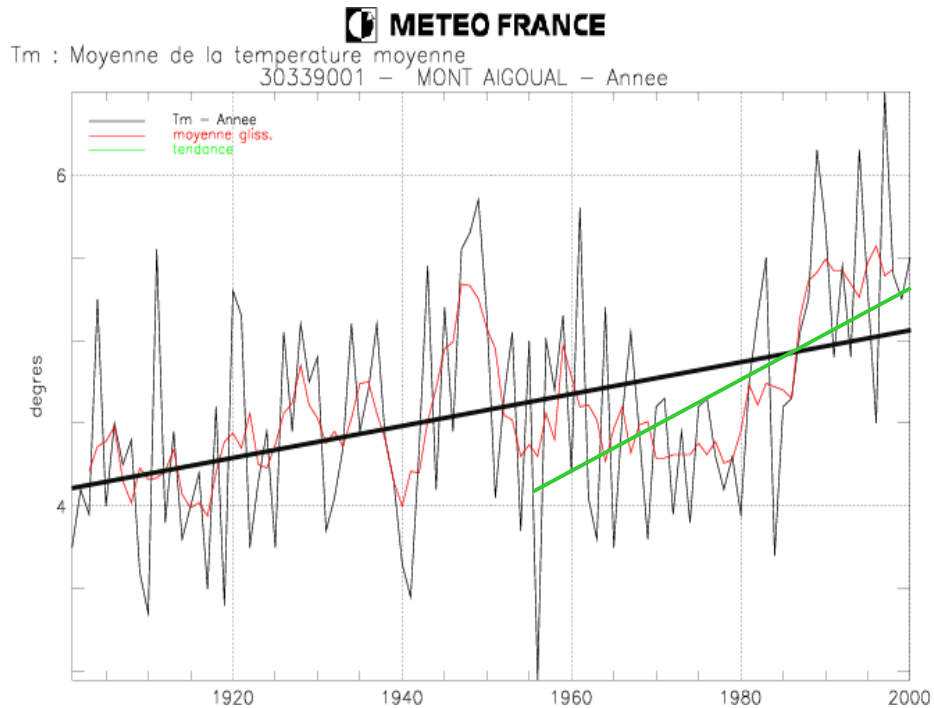


**Aigoual - Tendence de la température annuelle moyenne
de 1950 à 2000 : + 1,2°C**



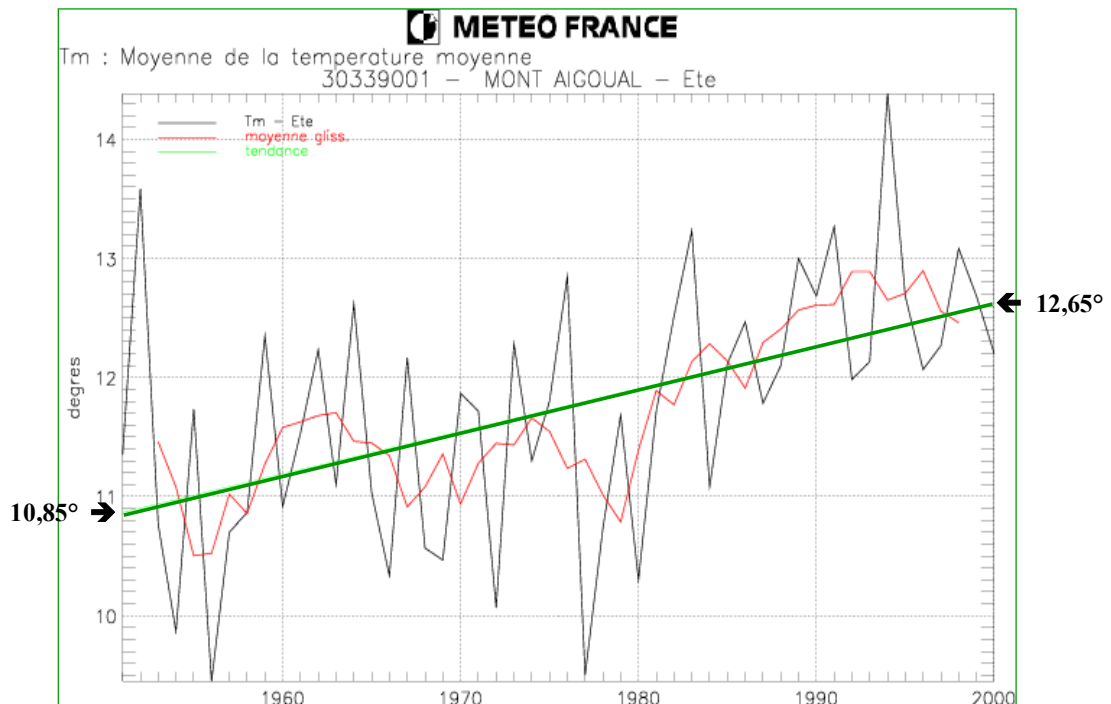
La figure ci-dessous montre bien cette accélération.

**Aigoual - Tendance de la température annuelle moyenne
de 1900 à 2000 : + 0,95°C et de 1950 à 2000: + 1,2°C**



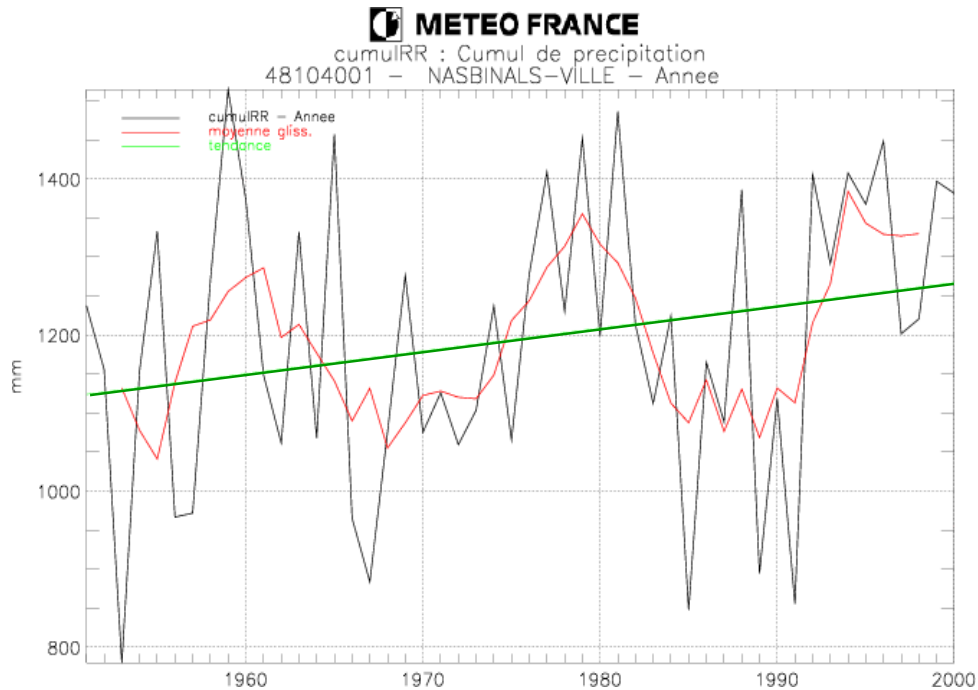
La figure ci-dessous montre que la température moyenne de l'été a augmenté plus vite encore : 1,8°C en 50 ans.

**AIGOUAL - Tendance température été de 1950 à 2000 : + 1,8°C
(moyenne année : + 1,2°C)**



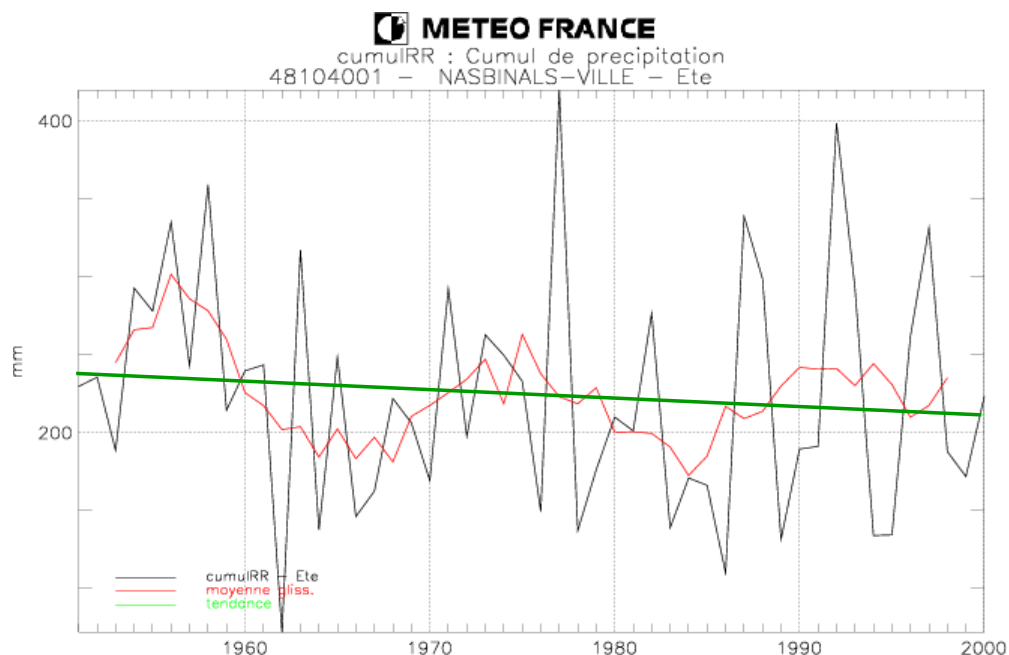
La figure ci-dessous montre que la pluviométrie annuelle à Nasbinals a augmenté de façon significative de 13% depuis 50 ans

**Nasbinals - Tendance des précipitations annuelles de 1950 à 2000 :
augmentation significative de 141 mm soit + 13%**



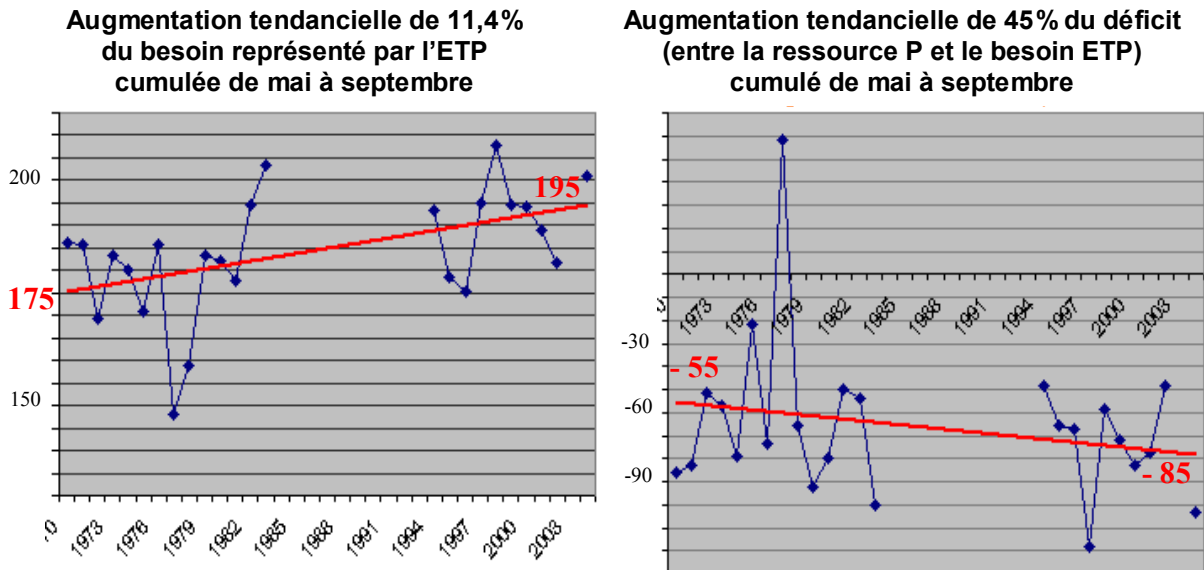
et la figure ci-après que les précipitations estivales y ont tendancielllement baissé (de façon non significative) de 11%.

**Nasbinals – tendance des précipitations d’été
de 1950 à 2000 : - 27 mm soit – 11% (baisse statistiquement non significative)**



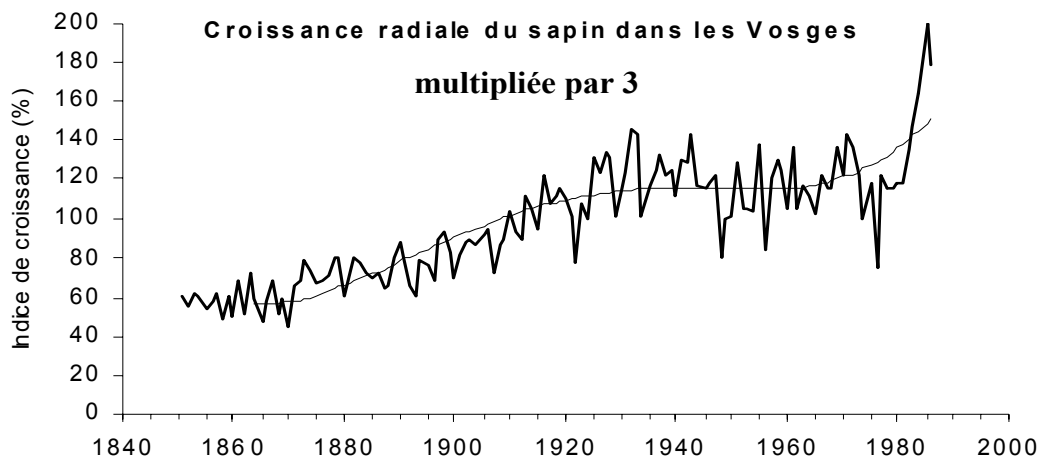
La pluviométrie a donc tendance à augmenter l’hiver, mais à baisser l’été. Simultanément, la température augmente, surtout l’été, ce qui accroît les besoins en eau de nos arbres. La ressource estivale baissant alors que le besoin augmente, il y a accroissement du risque de stress hydrique.

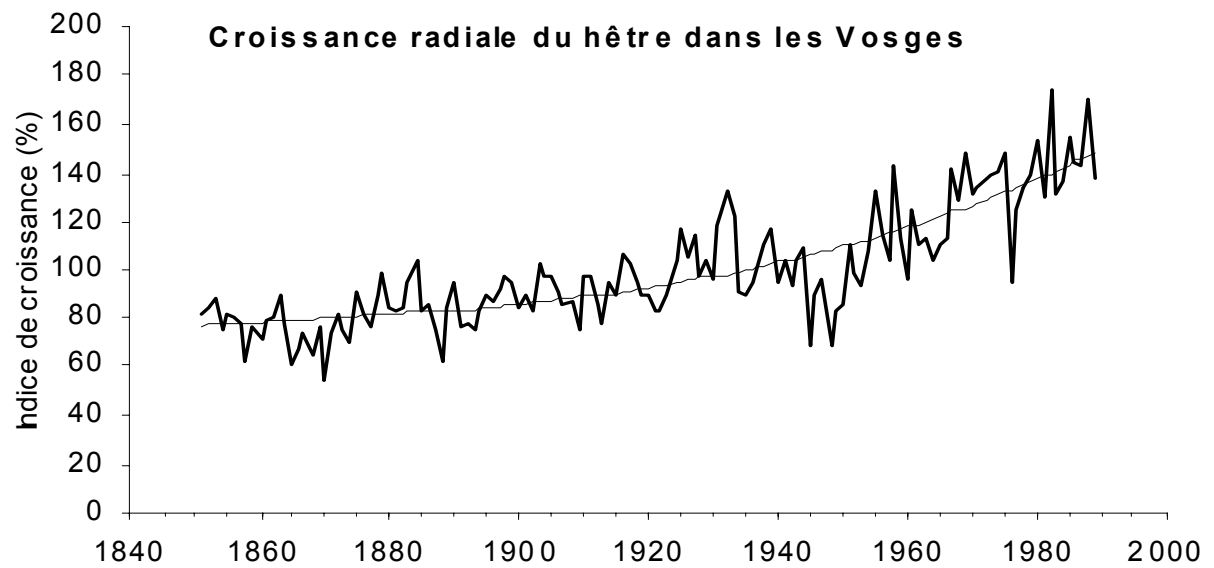
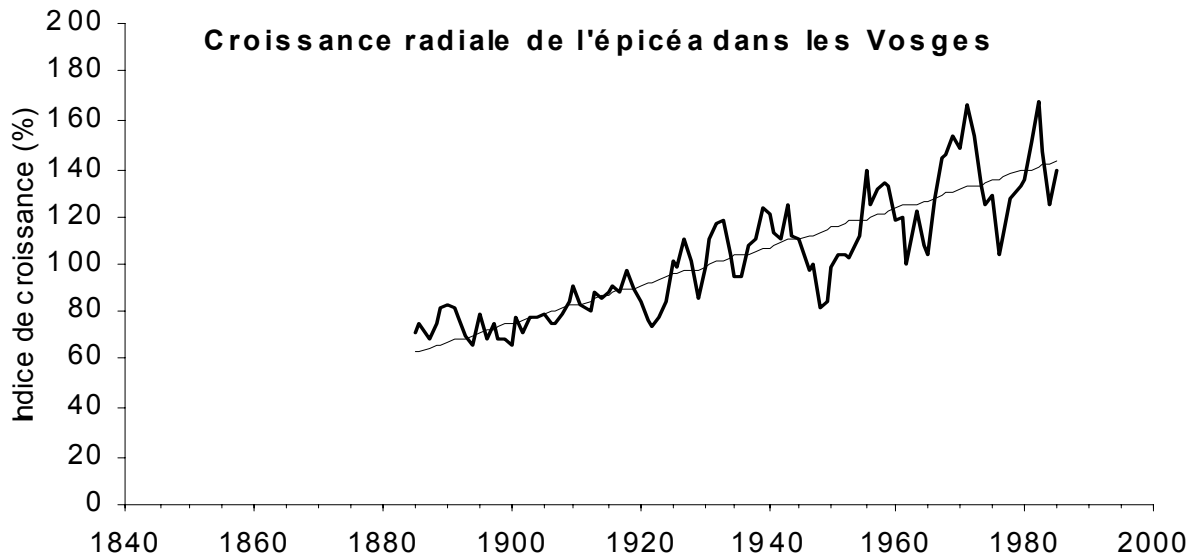
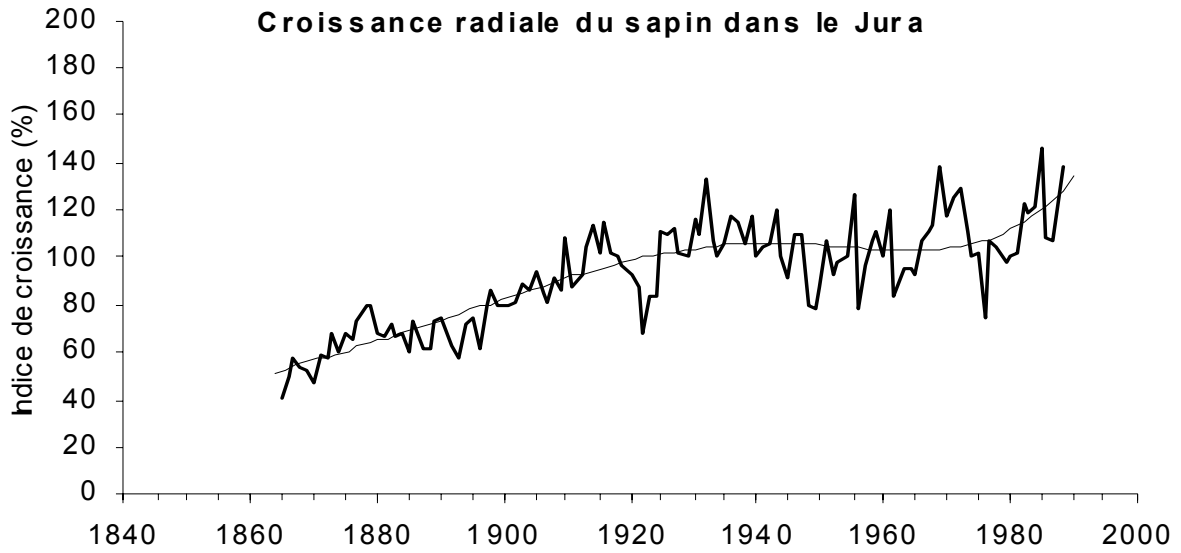
Le besoin en eau de la végétation est caractérisé par ce que l'on appelle l'évapotranspiration potentielle (ETP). Morgane Goudet, étudiante (Master EBE) en stage au CRPF, a établi le graphique ci-dessous qui concerne Le Puy, à défaut d'avoir pu disposer des valeurs de l'ETP sur une station météo de Lozère. Celui-ci montre une augmentation en été, de 45% en 30 ans, de l'écart entre le besoin en eau et la ressource.



La capacité de nos sols forestiers à stocker les pluies hivernales pour faire face au déficit estival va devenir un facteur majeur pour notre forêt. Or, cette capacité est le plus souvent mal connue, me semble t'il. Les « catalogues de stations forestières », comme celui de la Margeride lozérienne, peuvent apporter une première aide. Mais ne faudrait-il pas constituer des banques de données régionales conservant les résultats de reconnaissance du sol et élaborer, comme indicateurs de la qualité « hydrique » du sol, des clés basées sur l'observation de l'ensemble de la flore présente en un lieu donné ?

Un autre changement concrètement mesurable est l'augmentation de la croissance annuelle de nos arbres (*Les graphiques ci-après sont extraits de travaux de l'INRA Nancy – Phytoécologie forestière - Becker et alias, 1994*)



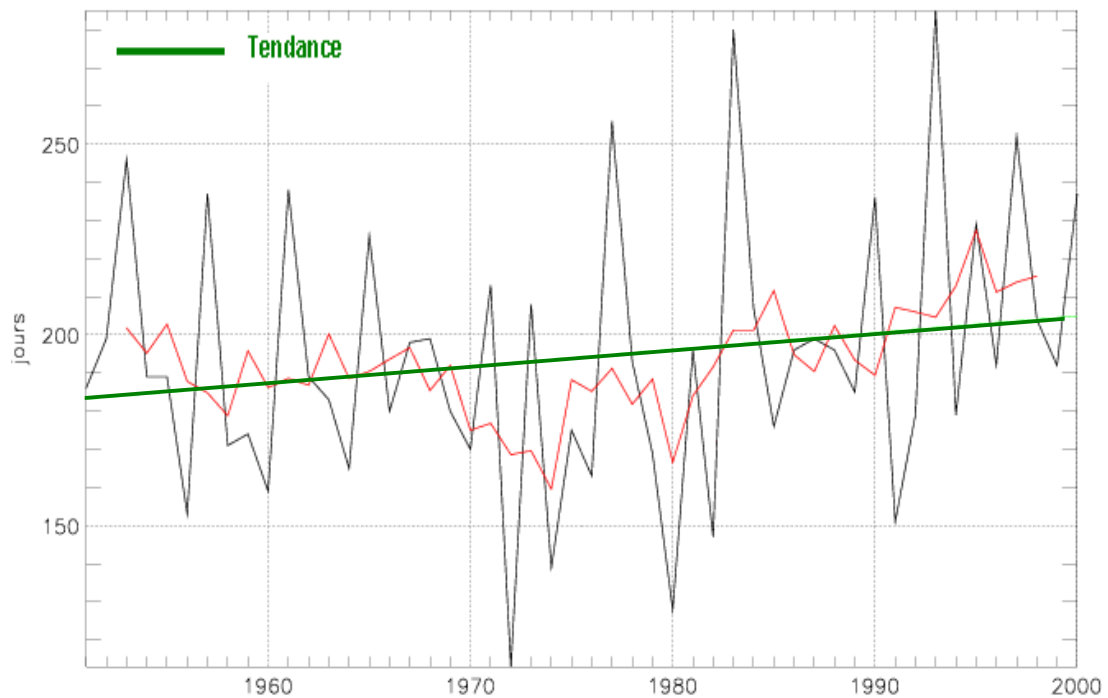


On constate, depuis 1850, une multiplication par 2, en moyenne, de l'accroissement annuel de la section de nos arbres qui est la conséquence de trois facteurs liés à la pollution de l'atmosphère :

- accroissement du CO₂ qui est le carburant de la photosynthèse ;
- apports d'engrais azotés dus aux oxydes d'azote émis par les moteurs à explosion ;
- allongement de la période de végétation dû à l'augmentation des températures hivernales.

Cet allongement de la période végétative a été estimé à l'Aigoual (*fig ci-dessous*) :

*Aigoual - Augmentation de 22 jours en 50 ans (+ 12 %)
de la période de croissance végétative – Météo France*

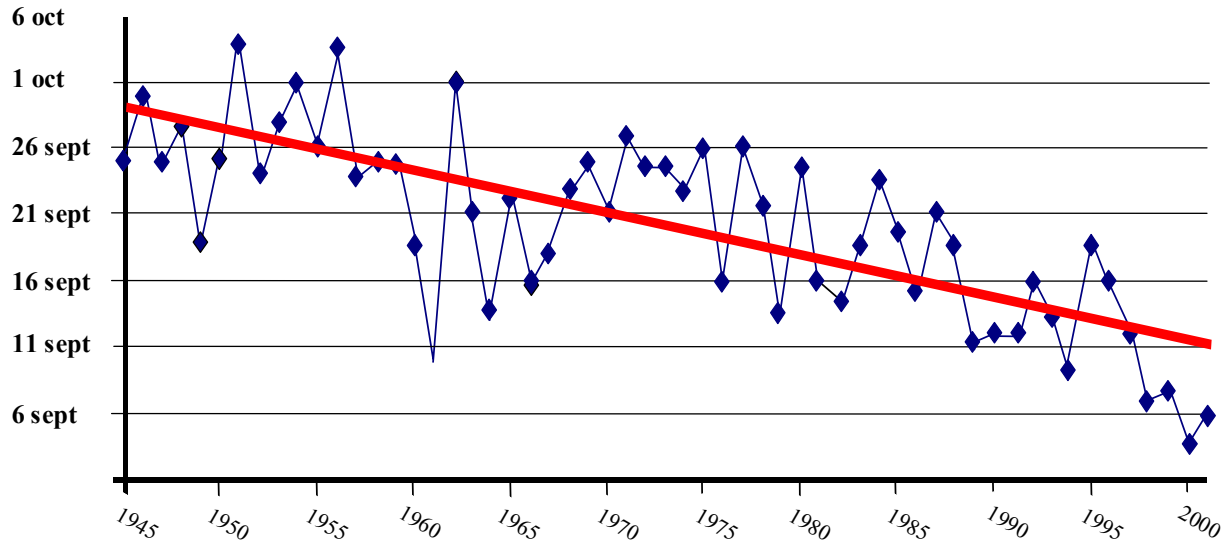


La période de l'activité végétative est considérée comme étant le nombre de jour, dans l'année, qui séparent les 6 premiers jours consécutifs, en début d'année, où la température moyenne dépasse 5°C et les 6 premiers jours, à l'automne, où la température moyenne retombe en dessous de 5°C. Cette durée a augmenté de 22 jours depuis 50 ans.

L'avance de la date des vendanges (*figure ci-après*) est une preuve très concrète de cet allongement.

Date des vendanges depuis 1945 à Chateauneuf du pape

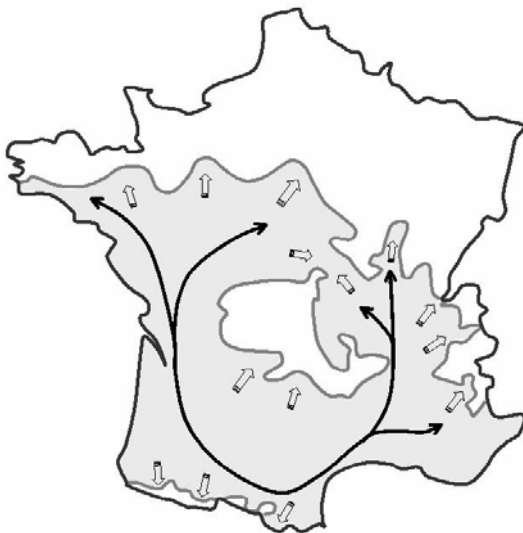
(Source : Service technique Inter Rhône)



Cet accroissement de la vitesse de croissance de nos arbres est aujourd'hui une aubaine, mais elle constitue un facteur supplémentaire d'accroissement des besoins en eau et donc de fragilisation de la forêt.

➤ Premières manifestations fâcheuses

- **Le dépérissement massif des sapins grandis.** Dans les régions de l'Ouest (Bretagne, Normandie et des Pays de la Loire), des surfaces considérables de sapins grandis, plantés dans les années 1960, ont commencé à dépérir en 1990 et la canicule de 2003 a accéléré le phénomène. Il n'y a plus aujourd'hui de grandis en bon état dans ces régions. Ce dépérissement a été parachevé par des attaques d'armillaire (champignon entraînant la pourriture des racines) sur des arbres déjà affaiblis. Plus de 80% des boisements sont concernés représentant près de 7.000 ha. Cet exemple montre l'impact du changement de climat (épisodes répétés de sécheresse) sur une espèce, exigeante en humidité, qui avait été introduite en limite des stations susceptibles de la recevoir.



- La forte progression vers le Nord de la chenille processionnaire du pin.

Cette chenille est très sensible à la température hivernale car sa larve se développe en hiver.

Le réchauffement a permis sa progression vers le Nord et en altitude. Partie du Sud-Ouest du Massif Central, elle l'a contourné par l'Est et par l'Ouest, puis, au cours des douze dernières années, sa progression a été de 60 km vers le Nord depuis Orléans (figure ci-contre).

- Les tempêtes.

Si la démonstration de leur lien avec le changement de climat n'est pas établie, les dégâts sont impressionnants et traduisent une grande vulnérabilité de nos forêts actuelles. Celle-ci est certainement due en partie à nos habitudes sylvicoles mais sans doute aussi à la croissance accélérée de nos arbres.

➤ **Au-delà de ces constatations factuelles que l'on peut faire, dès à présent, que peut-on prévoir pour l'avenir ?**

Des travaux de modélisation sont en cours. Les équipes de l'Inra de Nancy ont publié, il y a un an, les premiers résultats de la recherche, dite « Carbofor », sur l'impact que peut avoir l'évolution du climat, d'ici à 2100, sur les grands types d'écosystèmes forestiers français³.

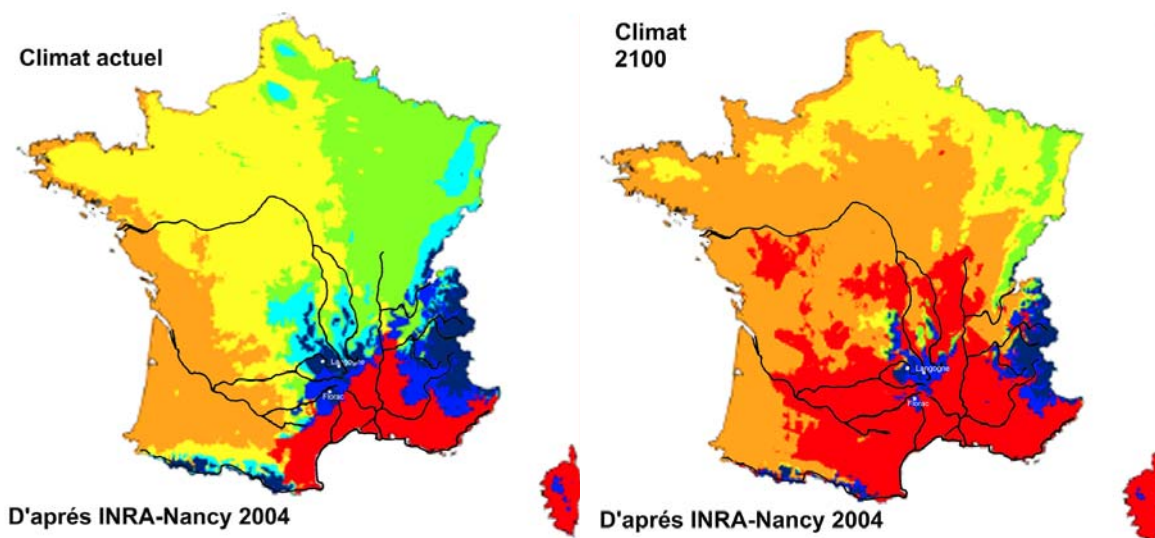
L'Inra s'est d'abord efforcé d'identifier les paramètres climatiques qui pèsent sur la répartition géographique de nos principales essences forestières et qui expliquent leur répartition actuelle. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, beaucoup de progrès restent à faire sur ce plan car, au-delà des valeurs moyennes de la température et de la pluviométrie, et de leurs variations au cours de l'année, beaucoup d'autres paramètres sont à prendre en compte, tels que le rayonnement solaire reçu, l'évapotranspiration potentielle, le déficit hydrique, le nombre de jours de gels, la fréquence des gels tardifs printaniers... dont les rôles respectifs et les synergies sont encore mal connus.

Ces travaux ont ensuite utilisé un modèle de météo France (ARPEGE B2) comme outil de prédiction de l'évolution future du climat de notre pays. Ce modèle constitue une régionalisation des modèles planétaires. Il émet l'hypothèse que les émissions de CO₂ évoluent selon le scénario B2 du GIEC. Celui-ci fait partie des scénarios relativement optimistes et débouche sur une concentration en CO₂ de 660 ppm en 2100 (pour 367 aujourd'hui) et sur une élévation de température moyenne de la planète de 2,7°C au-delà du réchauffement tel qu'il était déjà constaté en 1990.

Cette recherche a défini divers groupes d'espèces forestières ayant des exigences assez homogènes et que l'on trouve fréquemment associées sur un même territoire. Ont ainsi été distingués (*figure ci-dessous*) :

- 3 groupes d'espèces montagnardes (3 nuances de bleu),
- 3 groupes d'espèces de plaine et de colline du Sud-Ouest (marron), du Centre-Ouest (jaune) et du Nord-Est (vert),
- et, enfin, le groupe des espèces méditerranéennes (rouge).

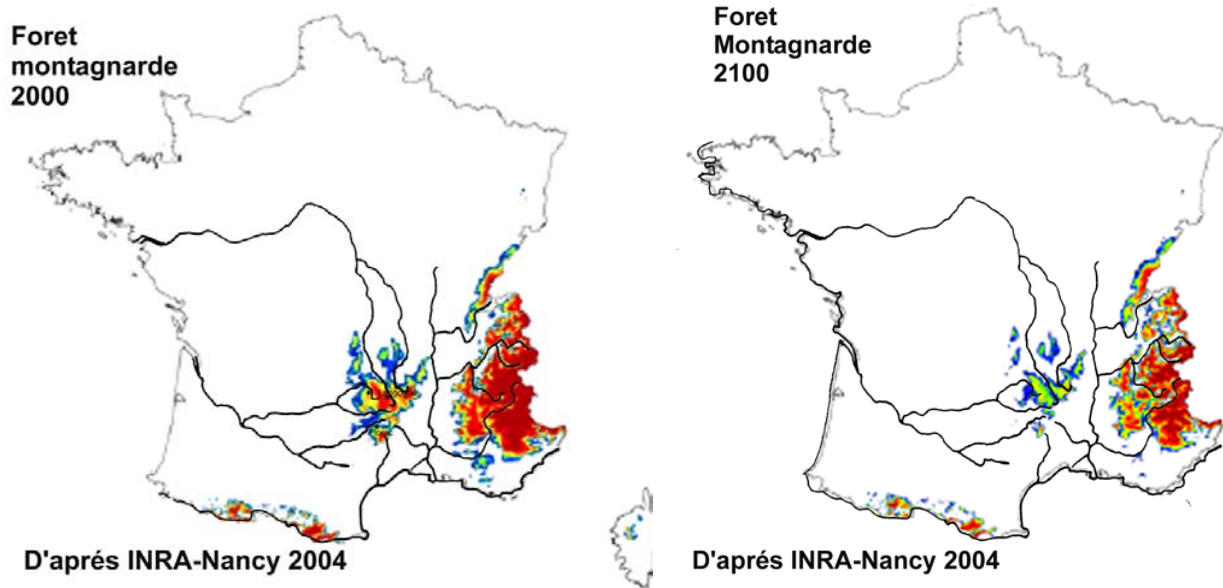
Evolution de la localisation des groupes « biogéographiques » d'essences



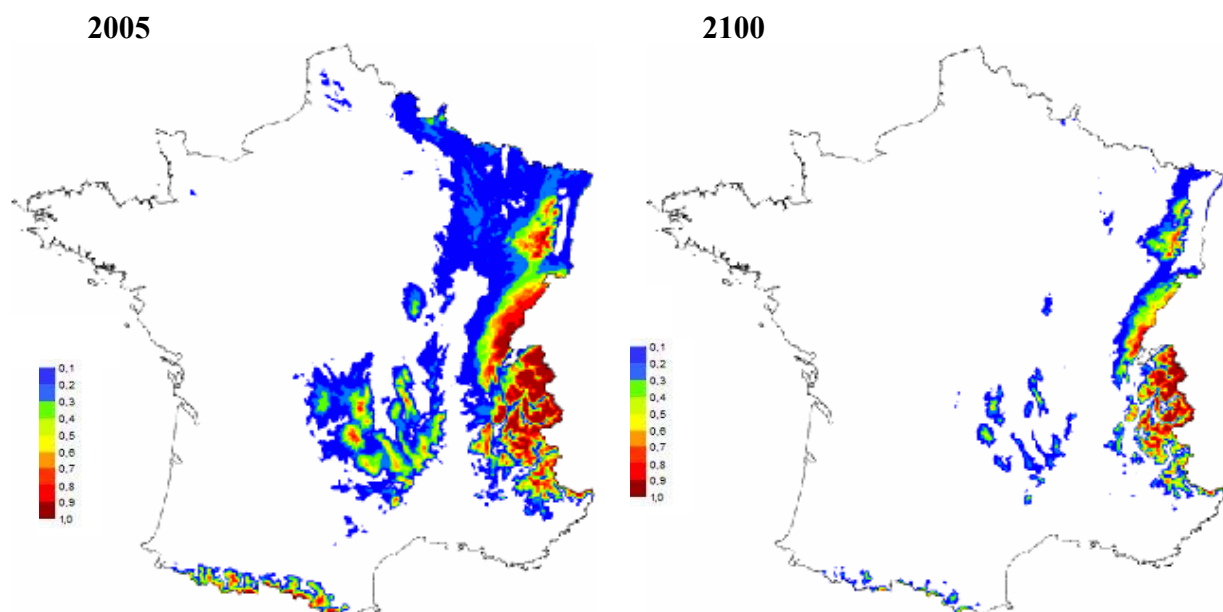
³ « Modélisation et cartographie de l'aire climatique potentielle des grandes essences forestières françaises » par Vincent BADEAU, Jean-Luc DUPOUEY, Catherine CLUZEAU, Jacques DRAPIER, Christine LE BAS de : INRA Nancy, Inventaire Forestier National, Unité Infosol INRA.

La figure ci-avant montre donc bien le changement de localisation des groupes biogéographiques d'essences d'ici à 2100 et notamment la forte réduction des zones favorables aux espèces montagnardes et l'explosion du domaine de la forêt méditerranéenne.

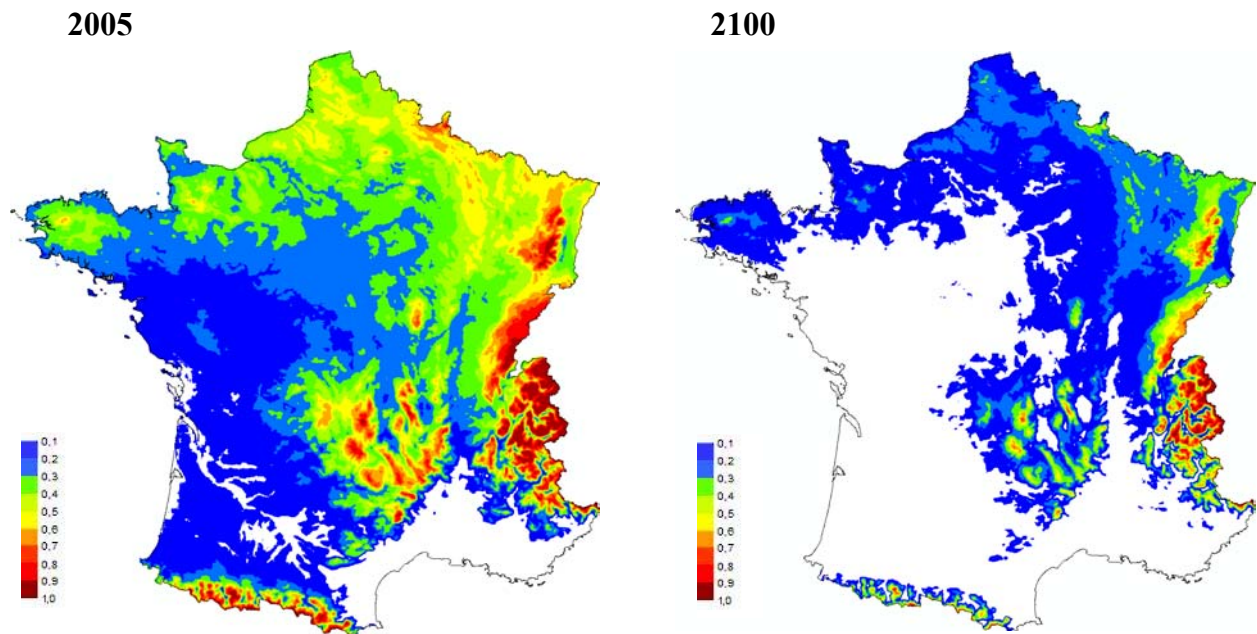
La figure ci-dessous montre le rétrécissement du champ de la forêt montagnarde. Les couleurs ont ici une autre signification : le rouge est le domaine de parfaite adaptation des espèces correspondantes et le bleu celui des marges de cette adaptation, le jaune et le vert faisant transition.



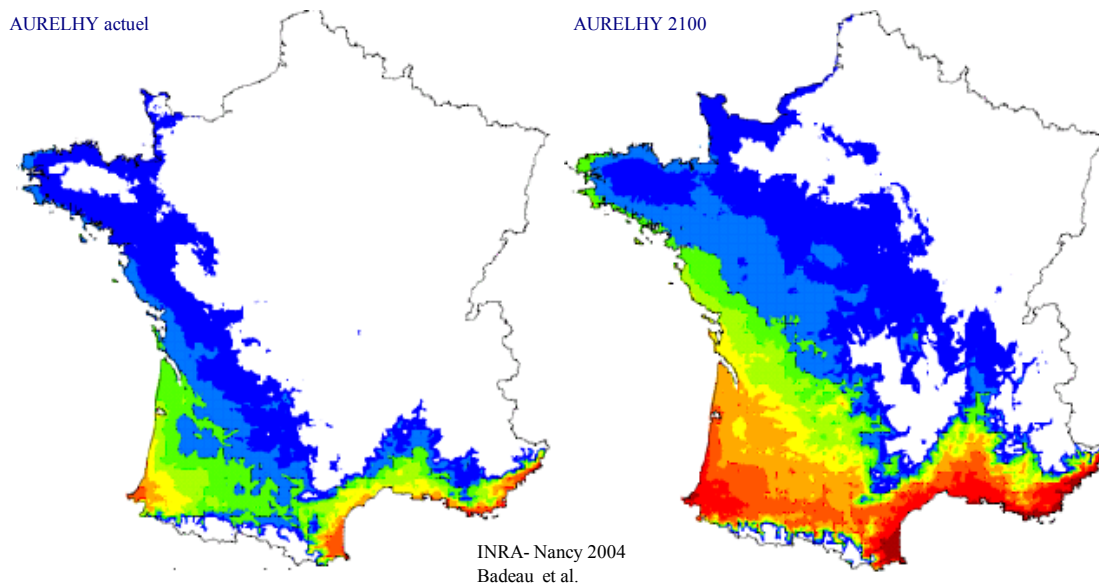
La figure ci-dessous montre la quasi disparition, en dehors des Alpes, de l'aire de l'épicéa.



La figure ci-dessous suggère la réduction de moitié de l'aire du hêtre.



La figure ci-dessous dessine par contre la forte expansion de celle du pin maritime.



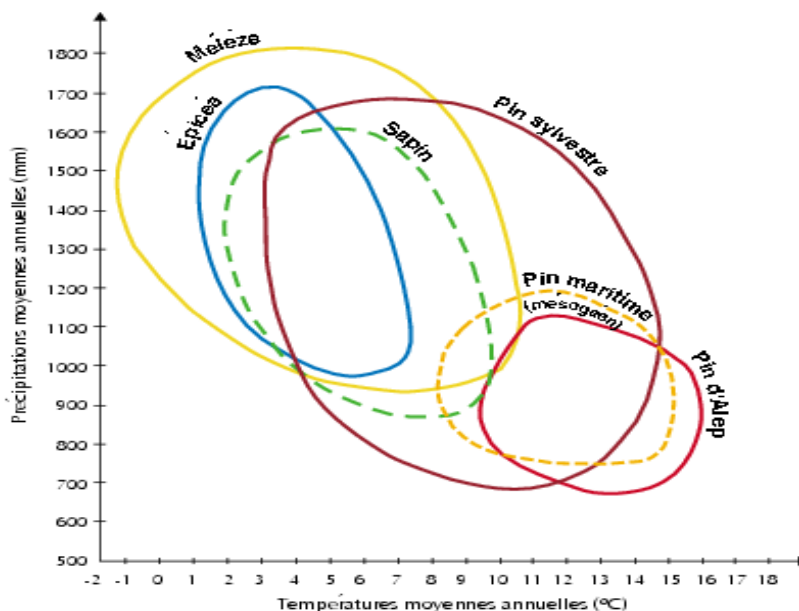
Ces simulations sont fort inquiétantes. Les évolutions à venir seront peut être atténuées par l'adaptabilité des espèces qui n'a pas été prise en compte dans ces travaux, mais cette adaptabilité peut-elle beaucoup jouer face à un changement de climat aussi rapide ?

En sens contraire, les évolutions peuvent aussi être aggravées par les attaques d'insectes et de champignons qui trouveraient dans ce nouveau climat des conditions favorables à leur prolifération.

Beaucoup d'incertitudes demeurent donc mais nous devons être certains de la nécessité de ne plus cultiver notre forêt comme avant.

➤ Peut on déjà faire des recommandations pour changer nos habitudes en matière de choix des espèces à planter ou dont la régénération naturelle doit être évitée ou au contraire encouragée ?

La figure ci-dessous présente ce que l'on appelle les aires ombrothermiques, c'est à dire la tolérance de diverses espèces vis-à-vis du couple « précipitations – température ».



Ph. Riou-Nivert 2005 / Douguedroit 1976

Elle donne une première idée de la direction à suivre, mais la température moyenne et la pluviométrie annuelle ne sont pas des critères suffisants. Il faut, en outre, tenir compte notamment des altitudes, des expositions, de la nature et de la profondeur du sol, de son hydromorphie,...

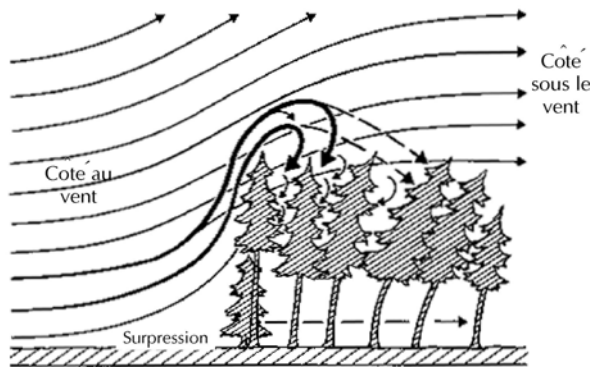
Philippe Riou Nivert, (Institut pour le Développement Forestier⁴) a entre autre suggéré, lors d'un récent exposé dans le Tarn, que pour l'avenir :

- l'épicéa était à éviter ;
- le douglas pouvait être maintenu (reboisement, régénération naturelle), mais avec prudence là où les précipitations sont inférieures à 800 mm ;
- les espèces à développer seraient :
 - le mélèze là où les précipitations sont supérieures à 800 mm ;
 - le sapin de Nordmann, le pin sylvestre et le cèdre de l'Atlas (la provenance et la sylviculture étant à préciser pour ces 3 espèces) ;
 - le pin laricio de Corse enfin, là où les précipitations excèdent 700 mm ;
 - jouer la carte de la diversité (peuplements mélangés ou parcelles d'une même essence dont la surface serait limitée à quelques ha) en associant des essences dont les exigences ne sont pas les mêmes, car il ne servirait à rien de mélanger des essences d'ombre également exigeantes en eau.

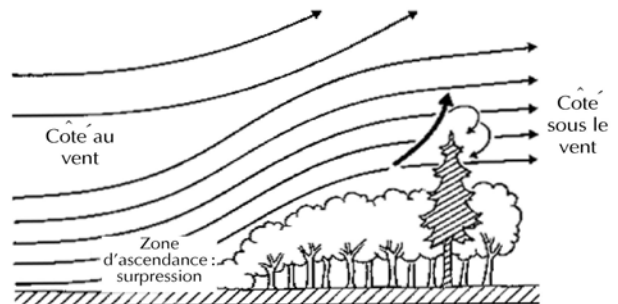
⁴ Il faut souligner la qualité du numéro d'avril 2005 de la revue Forêt Entreprise, éditée par l'IDF, consacré au changement de climat.

➤ **Quelles recommandations ensuite pour la sylviculture des forêts déjà installées ?**

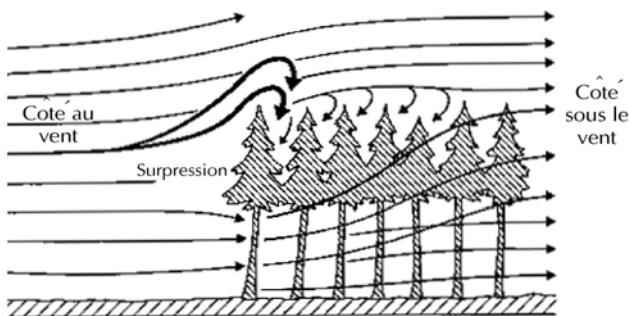
- En premier lieu, **réduire la concurrence pour l'eau** par des éclaircies plus fortes ou mieux plus fréquentes (afin que chacune perturbe le moins possible le boisement) et éliminer la végétation des sous bois.
- **Réduire l'âge de récolte des peuplements** quand leur avenir est incertain, c'est-à-dire quand leur croissance ou leur état sanitaire sont médiocres ou que l'on a des doutes sur leur adéquation à la station.
- **Veiller à leur stabilité** en leur appliquant une sylviculture guidée par les facteurs d'élancement et d'espacement, ainsi qu'en soignant le traitement des lisières, surtout Ouest, qui devront être étagées et perméables (*figure ci-dessous*).



Écoulement du vent en cas de lisière formant coupe-vent, sans zone d'ascendance



Écoulement du vent en cas de lisière bien étagée ; turbulences autour de la cime d'un epeicea emergant du peuplement



Écoulement du vent en cas de lisière ouverte, dépourvue de branches basses

D'après Otto 1998 et Mitscherlich 1975
in P.Riou-Nivert, 2005

Ces suggestions sont en phase avec tous les bons traités de sylviculture, tels qu'on les connaît aujourd'hui, mais il faut sans doute aller plus loin, sur chacun de ces thèmes. Il ne s'agit plus seulement d'optimiser la valeur de la récolte, mais de réduire les risques de dépérissement des peuplements, surtout s'ils sont jeunes aujourd'hui.

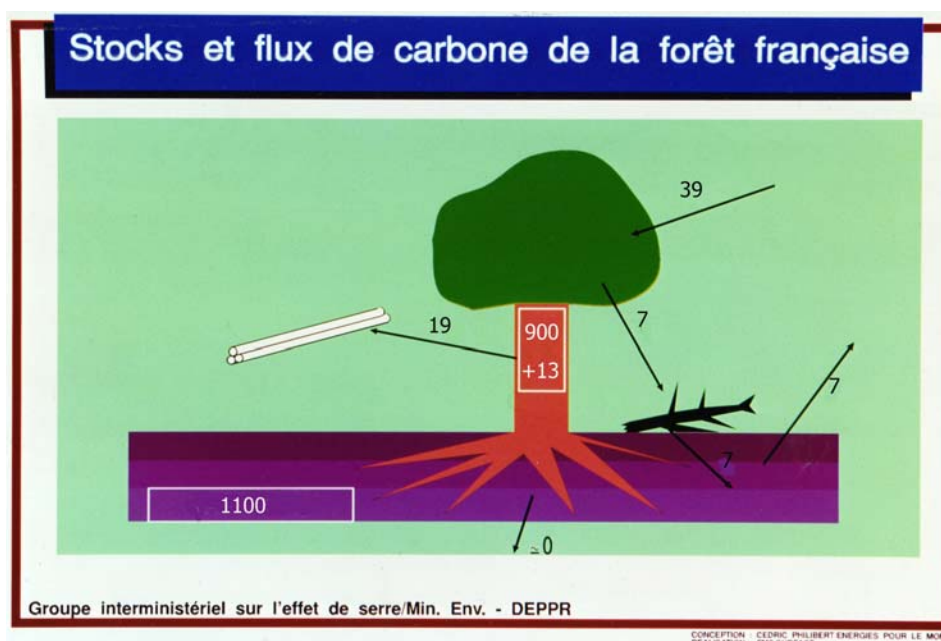
Ces suggestions ont hélas un défaut commun qui est de coûter cher, alors que la rentabilité de la forêt est aujourd'hui bien mal en point. Le prix du bois constaté lors des ventes de notre coopérative a été divisé par 4, en monnaie constante, depuis 1977.

7 – Quel impact sur l'économie de la forêt ?

Paradoxalement, et heureusement, le changement de climat devrait aussi avoir un impact positif sur l'économie de la forêt.

Si nous nous organisons pour susciter toutes les économies d'énergie fossile dont le coût s'élève à plusieurs centaines d'euros par tonne de carbone (notamment par la taxe que j'ai longuement évoquée), la marge pour vendre du bois-énergie sera considérablement accrue. Il en ira de même, bien qu'à un degré moindre, pour vendre du bois d'œuvre en substitution de matériaux concurrents dont la production consomme beaucoup d'énergie (fer, ciment, aluminium, plastique) et dont le coût ne pourra que croître.

Par ailleurs, la forêt constitue, au moins pour le moment, un puits de carbone dont la valeur pourrait être un jour monétarisée (*figure ci-dessous*).



Essayons de quantifier ces évolutions en partant de la référence que constitue la valeur actuelle, sur pied, de l'ensemble du bois commercialisé (bois d'œuvre, bois d'industrie et bois de feu) qui est de 1,34 milliards d'euros (G €) par an.

Le bois-énergie nous fait économiser aujourd'hui 5 Mtep d'énergie fossile par an et l'on prévoit que ce chiffre pourrait être porté à 13 Mtep. Ce bois-énergie ne procure aujourd'hui qu'une recette très faible à la sylviculture française, mais, si l'on retient l'ordre de grandeur de 500 € comme valeur attribuée à une tonne de C évitée et si l'on renchérit d'autant le prix ttc de l'énergie fossile, la marge potentielle du bois énergie par rapport à ses concurrents fossiles serait globalement accrue de 5,4 G € / an.

Si les forestiers touchaient la moitié de cette marge, leur revenu actuel serait triplé ; s'ils n'en percevaient que le tiers, leur revenu serait encore plus que doublé.

Le bois d'œuvre devrait aussi connaître une forte croissance en volume et en prix. S'il est difficile de chiffrer l'augmentation de coût des matériaux concurrents du bois dans la

construction, on peut cependant avoir une idée de ce que pourrait être l'ordre de grandeur de l'augmentation des débouchés dans ce secteur.

En effet, sur les 220.000 maisons individuelles construites chaque année en France, 7000 seulement sont, aujourd'hui, des maisons à ossature bois ou mieux en bois massifs empilés, soit 3,2% des maisons individuelles construites.

Ce pourcentage est à comparer au 90% de l'Amérique du Nord et de la Scandinavie, et aux 50% du Japon.

Le jour où nous construirons en bois 90% de nos maisons individuelles, les débouchés de la forêt en bois d'œuvre seront accrus de 2 à 3 millions de m³ par an. Ce volume est à rapprocher des 10 Mm³ de bois façonnés produits aujourd'hui par nos scieries.

Si, enfin, les 13 M t / an d'augmentation du stock de C en forêt étaient également portés au crédit de la sylviculture, sur la base par exemple du tiers ou de la moitié des 500 € par t de C, cela représenterait entre 2,2 et 3,2 fois le revenu actuel.

Ainsi, au total, sans tenir compte du bois d'œuvre, la valorisation de la forêt serait multipliée par 4 ou 5

S'agissant des aides publiques à la forêt, qui ont globalement fortement diminué depuis 30 ans, je pense profondément que l'on ferait mieux de consacrer plus d'argent public aux études et recherches propres à guider la sylviculture qu'à subventionner des plantations qui ne seraient pas très judicieusement choisies. Il convient effectivement de développer les recherches sur les facteurs qui délimitent les stations favorables aux diverses espèces, les recherches sur les insectes ravageurs et maladies pathogènes et sur l'amélioration de la sélection des semences.

8 – En conclusion...

Le changement de climat dû à la consommation d'énergie fossile est une réalité aux conséquences graves.

Nous devons tous militer pour la taxation de cette énergie, afin de limiter les dégâts qui concerneront particulièrement la forêt.

Il est indispensable d'affiner la modélisation du futur climat pour simuler ses conséquences ; de poursuivre les observations permettant de mieux connaître le fonctionnement de l'écosystème forestier ; de développer les recherches sur les provenances des essences, leur adaptation, leur amélioration génétique,...

Nous avons également grand besoin des conseils d'un CRPF de mieux en mieux documenté.

L'économie de la forêt devrait nous permettre de financer les adaptations indispensables de la sylviculture.

Yves Martin