

Cours ENGREF FIF1

cours n°2

Bioclimatologie

Topoclimat

F. Lebourgeois

Enseignant-Chercheur

UMR ENGREF-INRA 1092 LERFOB - Equipe Ecologie Forestière

[lebourgeois@engref.fr](mailto:lebourgeois@engref.fr)

# Plan de l'exposé

1. Topoclimat et paramètres topoclimatiques

2. Variations des températures selon...

L'altitude

L'exposition

3. Variations des pluies selon l'altitude

4. Variations du bilan radiatif selon l'altitude et l'exposition

5. Topoclimat et comportement des essences





Topoclimat...

vous avez dit topoclimat ?



## Qu'est ce qu'un topoclimat ? (p.1)

... est une ambiance climatique particulière liée principalement aux irrégularités du relief et à l'altitude

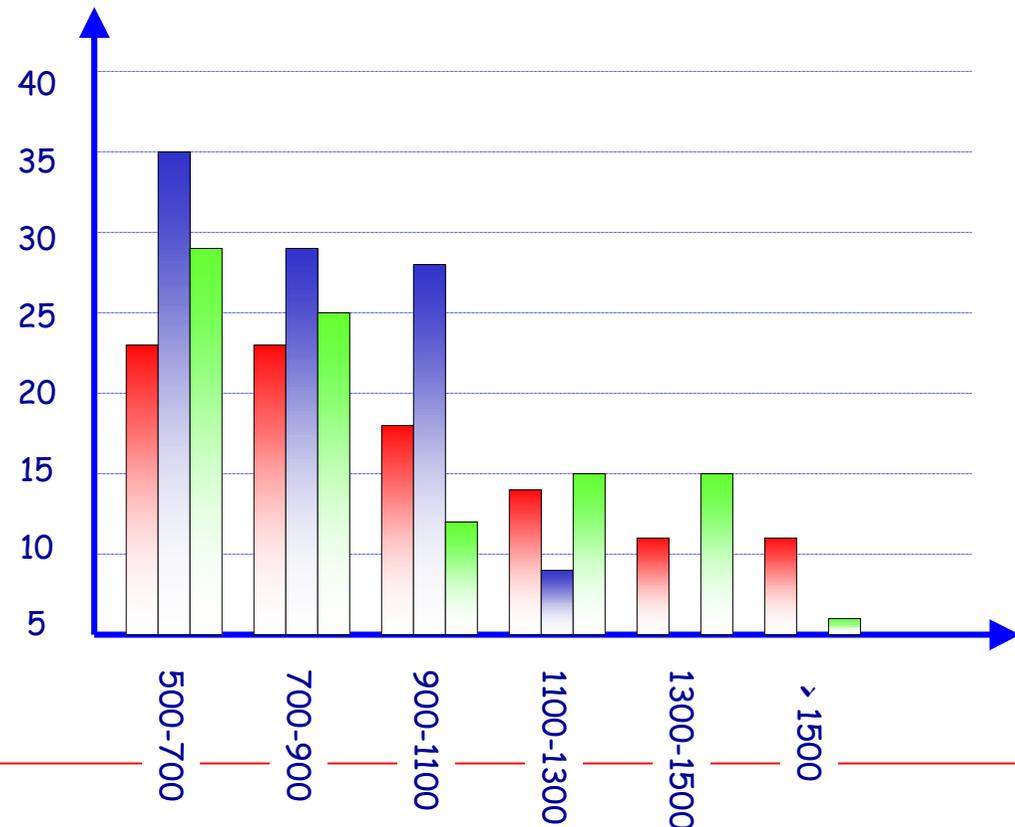
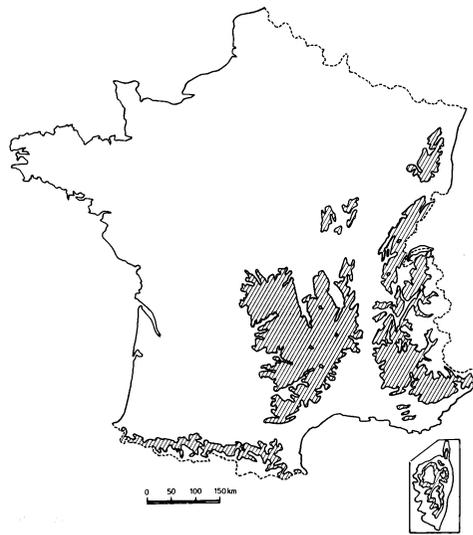
... l'échelle spatiale est de l'ordre de 10 km en plaine et 1 km en montagne

Pas de cartographie... réseau météorologique insuffisant (données 1984)

Alpes (210 postes)

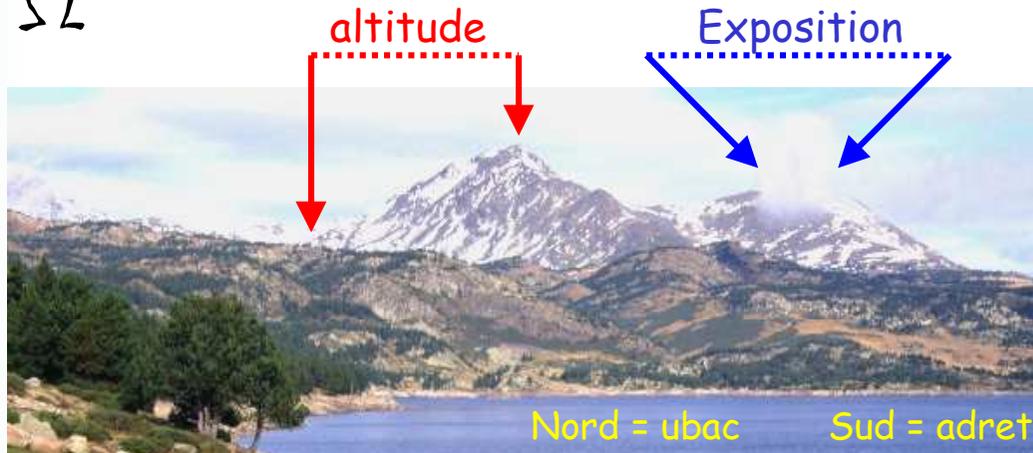
Massif Central (267 postes)

Pyrénées (60 postes)





# Les paramètres topoclimatiques ?



Modification du bilan d'énergie...

- Température
- Précipitation
- Ensoleillement
- Pression atmosphérique...



Introduction

Lac des Bouillouses ((Pyrénées Orientales ; 2000-2400 m)



Col de Puymorens (Ariège)

## Que se passe-t-il quand l'altitude augmente ?

- La température (fréq. des gelées, SdV...)
- La pression atmosphérique
- Le degré hygrométrique

- Les précipitations (pluie, neige...)
- Le rayonnement
- L'amplitude thermique

Potentialités forestières  
Choix des essences en reboisement RTM  
(Pin cembro, Mélèze, Pin à crochets, Pin sylvestre, Epicéa...)



Effet de l'altitude  
sur la température



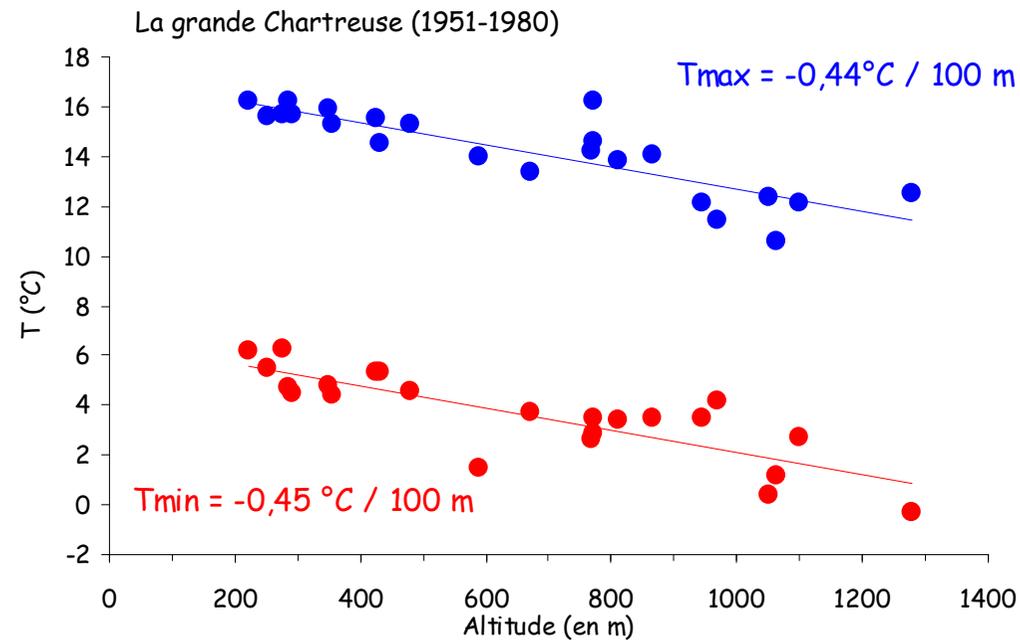
Quelles sont les variations observées ? (p.7 à 9)



La température décroît linéairement avec l'altitude

L'amplitude des variations varie selon :

- la région (latitude)
- la saison
- l'exposition





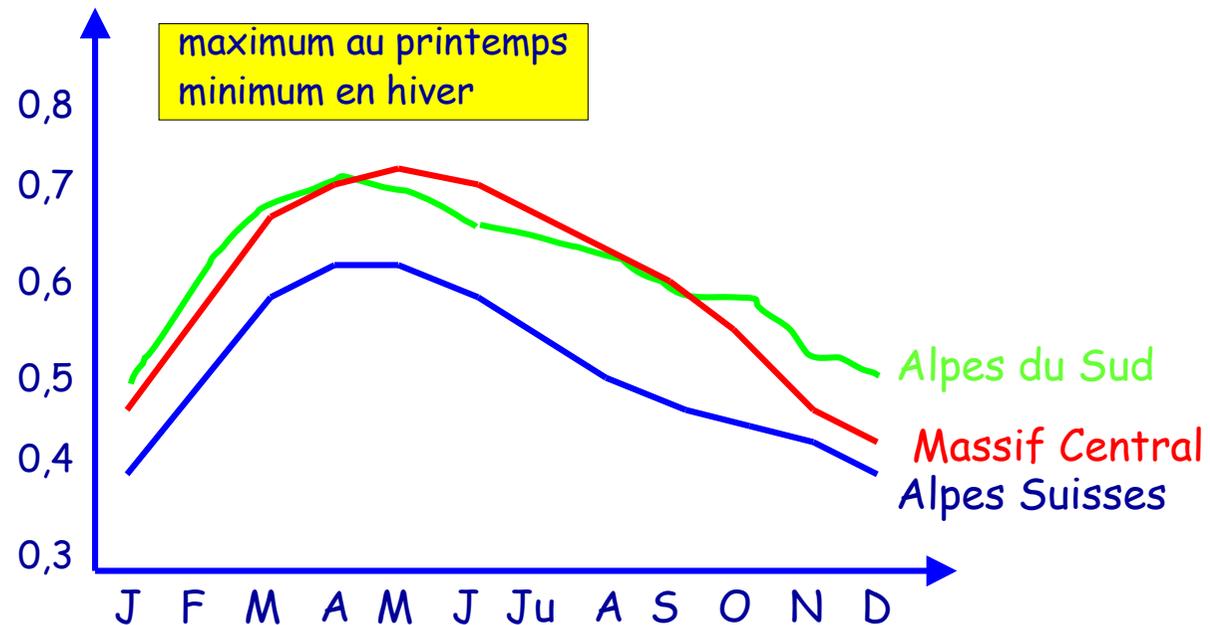
Quelles sont les variations observées ? (p.7 à 9)



La température décroît linéairement avec l'altitude

L'amplitude des variations varie selon :

- la région (latitude)
- la saison
- l'exposition





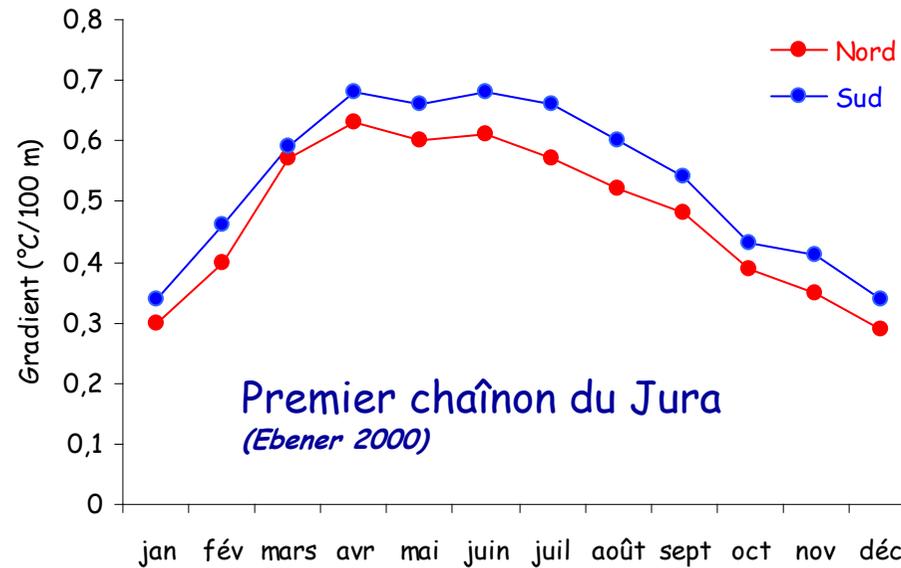
Quelles sont les variations observées ? (p.7 à 9)



La température décroît linéairement avec l'altitude

L'amplitude des variations varie selon :

- la région (latitude)
- la saison
- l'exposition





Quelles sont les variations observées ? (p.7 à 9)



La température décroît linéairement avec l'altitude

L'amplitude des variations varie selon :

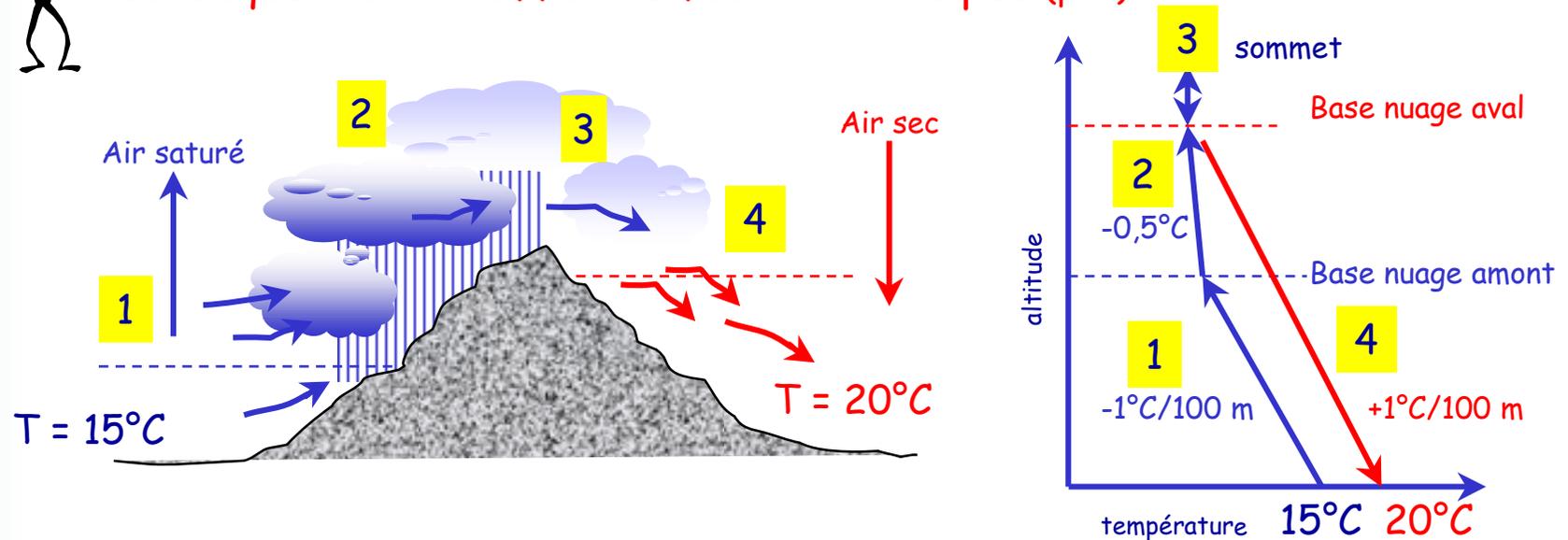
- la région (latitude)
- la saison
- l'exposition

Moyenne pour les montagnes françaises

Jan	Fév	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
0,4	0,5	0,63	0,70	0,70	0,66	0,61	0,38	0,55	0,49	0,41	0,37	0,54



## Conséquence 1 : l'effet de foehn - Principes (p. 9)



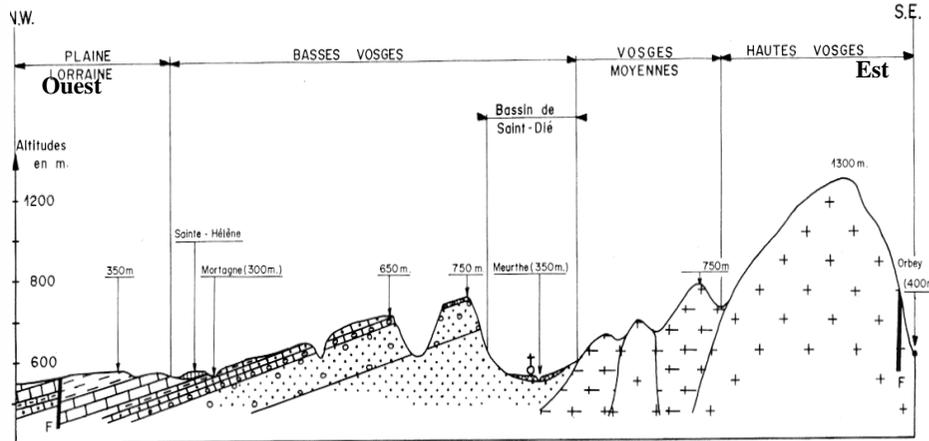
- 1 : l'air humide s'élève le long de la montagne... détente... refroidissement...  $-1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  (adia. Sèche)
- 2 : saturation de l'air... Condensation (pluie)... dégagement de chaleur ( $-0,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  adia. Humide)
- 3 : franchissement du sommet... *descente des masses d'air le long du versant*
- 4 : compression de l'air... augmentation de la pression... réchauffement... comme la masse d'air a perdu une partie de son eau... la condensation disparaît à une altitude plus élevée...  $+1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$



En aval... T. plus élevée, pluie moins abondante, plus fort ensoleillement

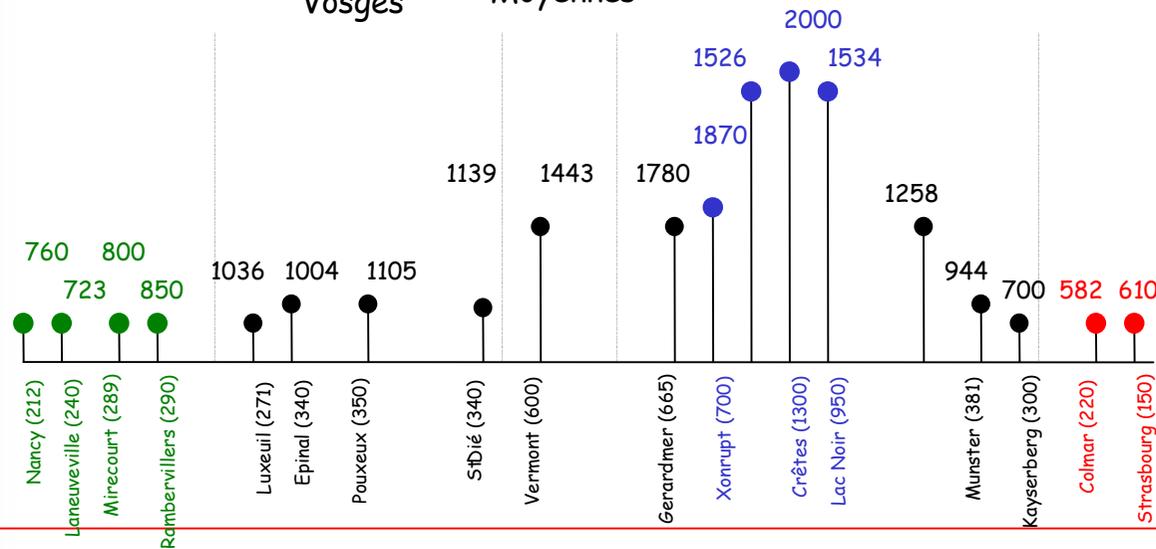


## Conséquence 1 : l'effet de foehn - Exemple des Vosges (p. 11)



	Nancy	Colmar
T année	9,6	10,2
T été	17,2	18,4
Tmax > 25°C Eté	29	40
P année	760	581
P hiver	191	108
P été	201	189
Insol	1650	1723

Plaine Lorraine      Basses Vosges      Vosges Moyennes      Hautes Vosges      Plaine d'Alsace

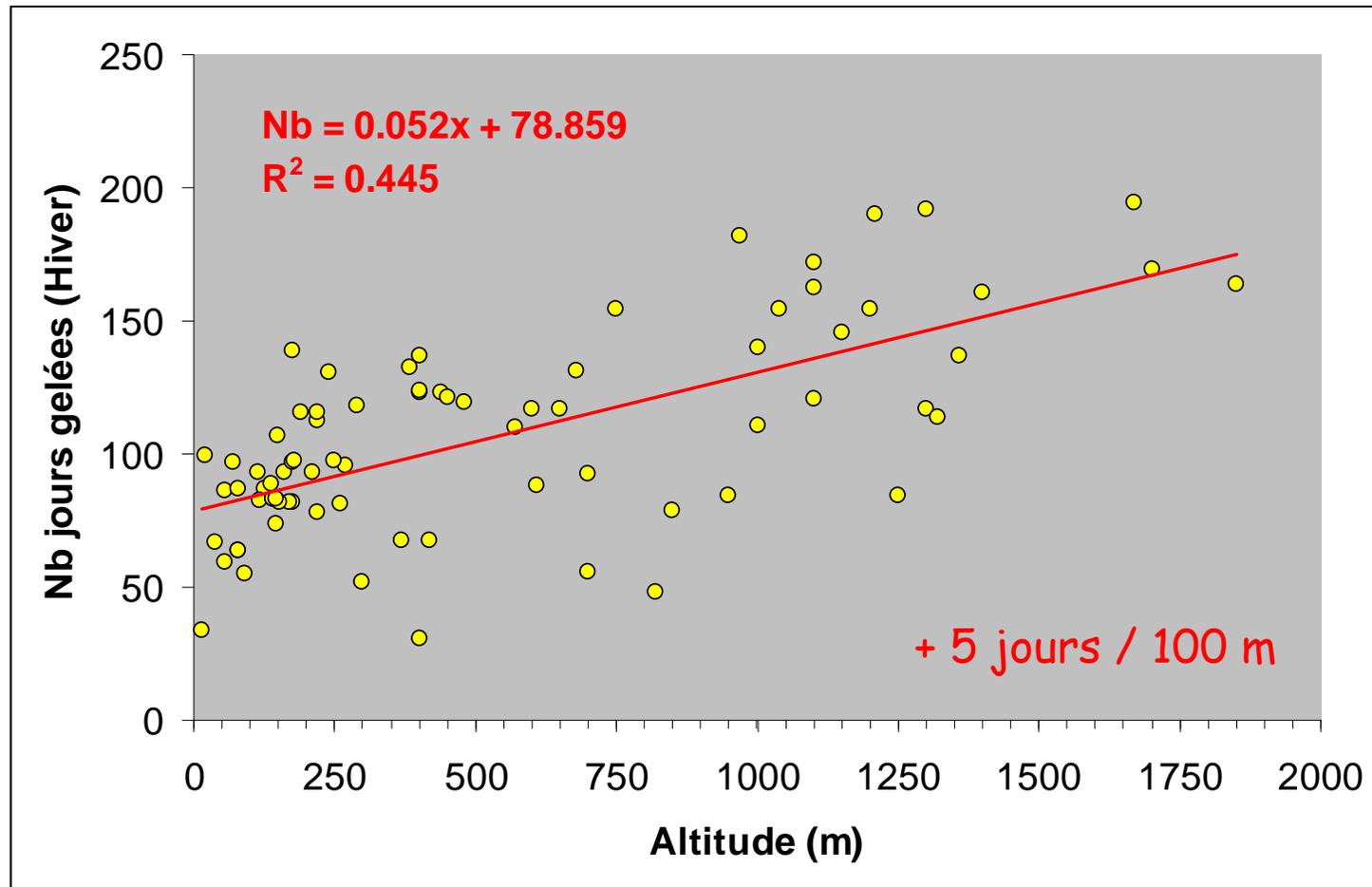


Variation thermique et altitude



## Conséquence 2 : Augmentation du nombre de jours de gel (p. 16)

Variation thermique et altitude



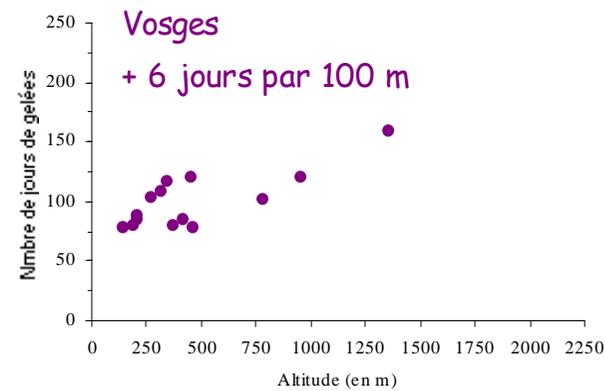
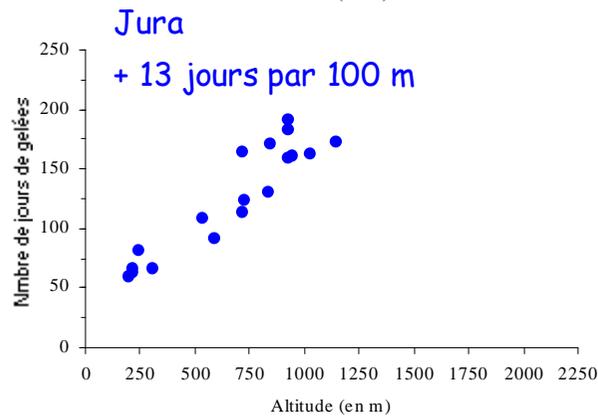
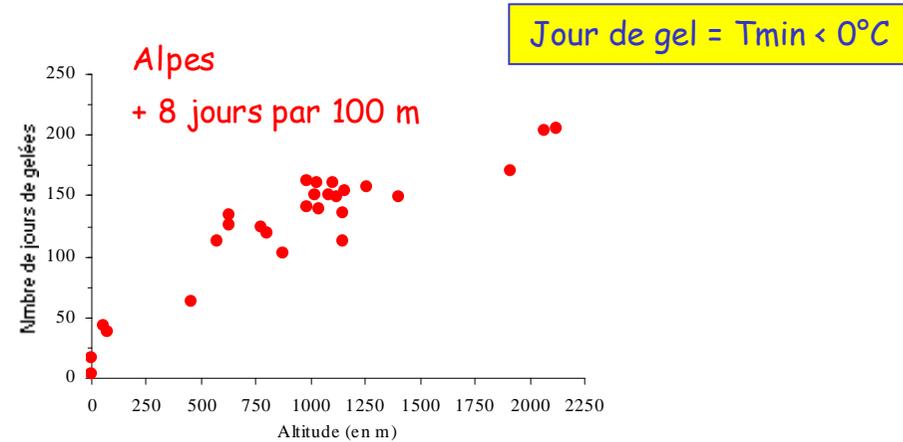
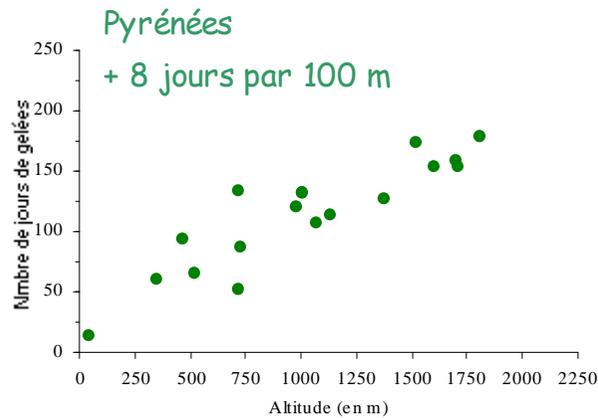
N = 78 stations météorologiques  
Réseau RENECOFOR  
15 à 1850 m

Jour de gel =  $T_{min} < 0^{\circ}C$



Conséquence 2 : Augmentation du nombre de jours de gel (p. 16)

Variation thermique et altitude



Nb de jours de gel souvent > 130 jours au dessus de 1000 m (1 jour sur 3)  
 Faibles altitudes... gelées hivernales  
 Hautes altitudes... gelées de printemps et estivales possibles

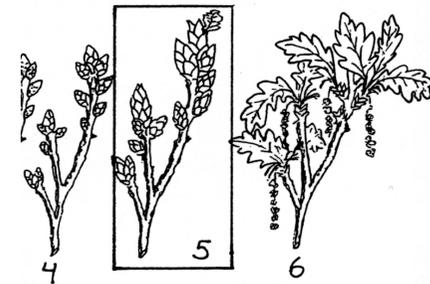


Conséquence 3 : Diminution de la longueur de la saison de végétation (p.17)

Variation thermique et altitude

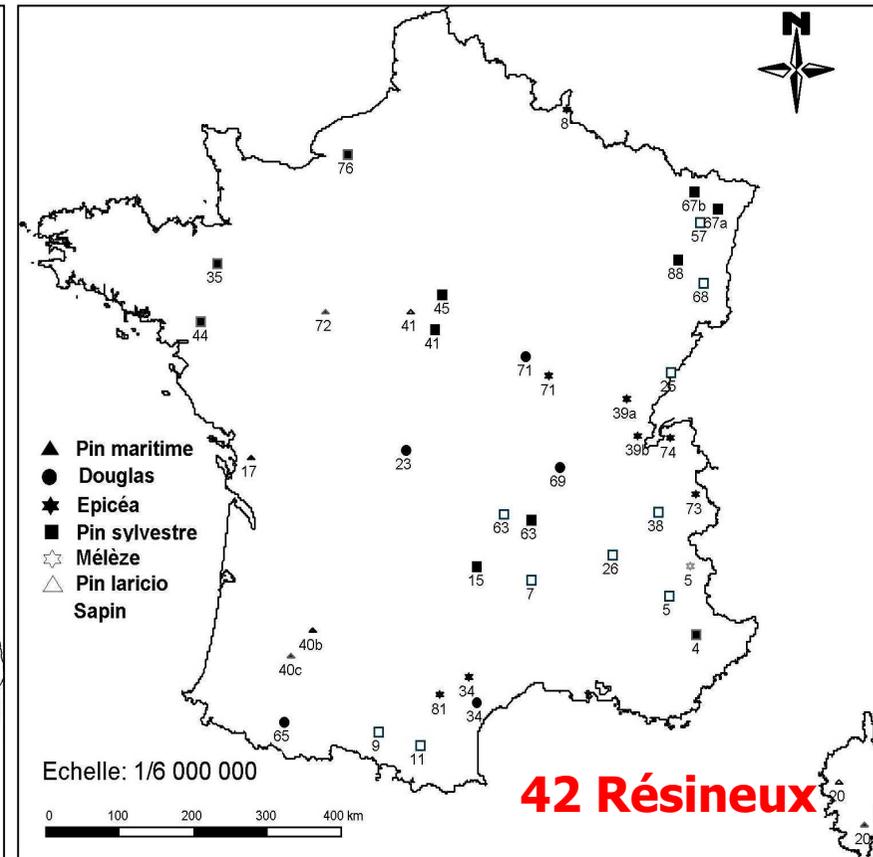
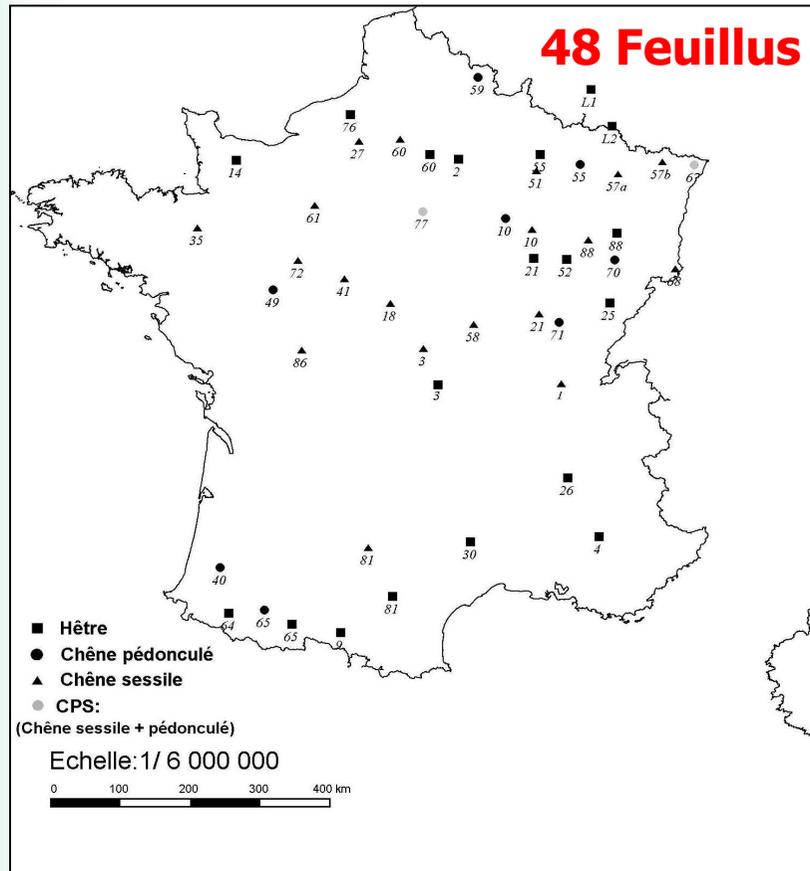


Seuil de 3°C  
 490°C jour pour *Abies alba* (Sapin pectiné)  
 540°C jour pour *Pseudotsuga menziesii* (Douglas)  
 600 °C jour pour *Picea abies* (Epicéa commun)



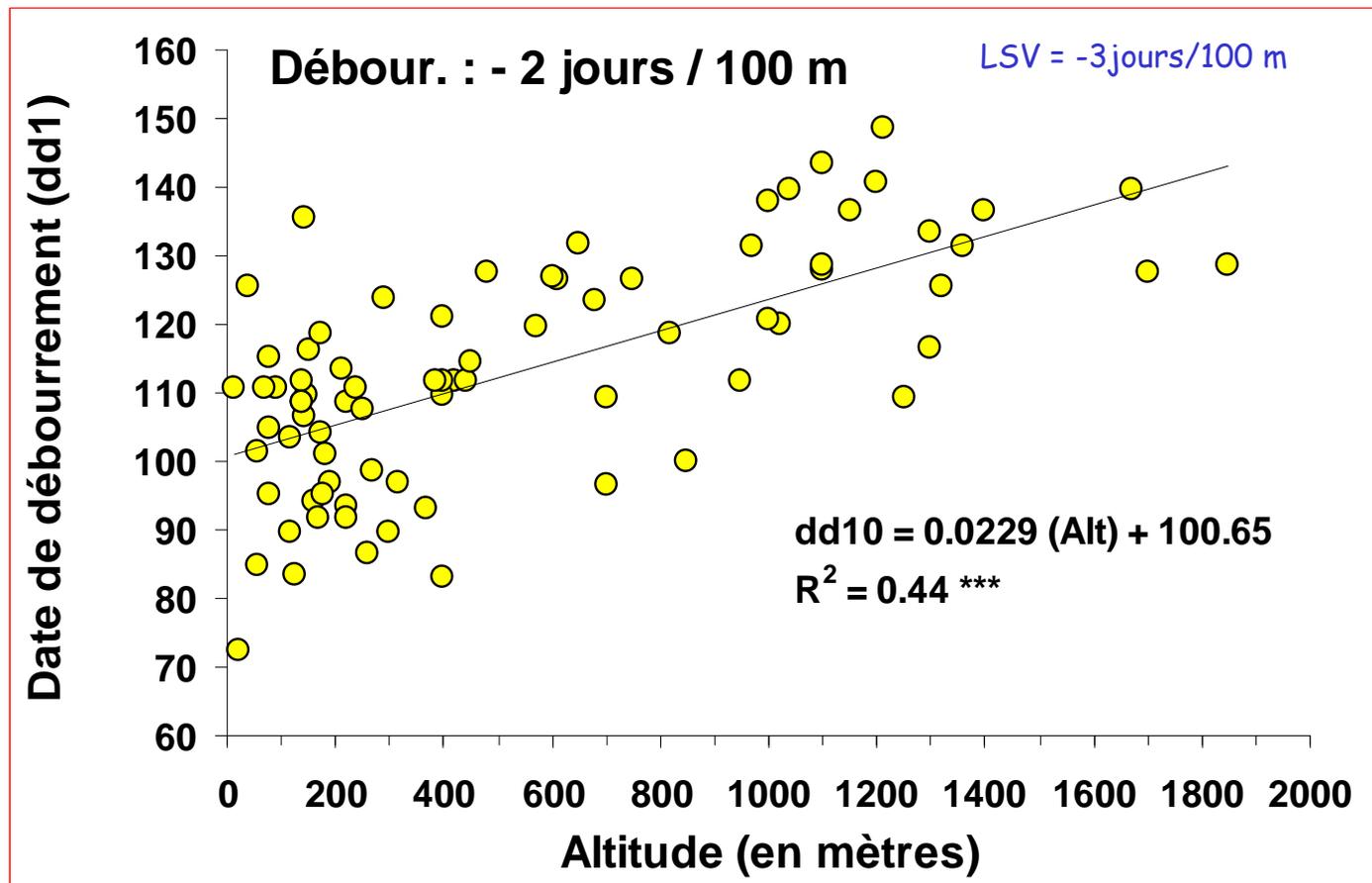
Conséquence 3 : Diminution de la longueur de la saison de végétation  
 Exemple du réseau RENECOFOR (Lebourgeois et Godfroy 2005)

Variation thermique et altitude



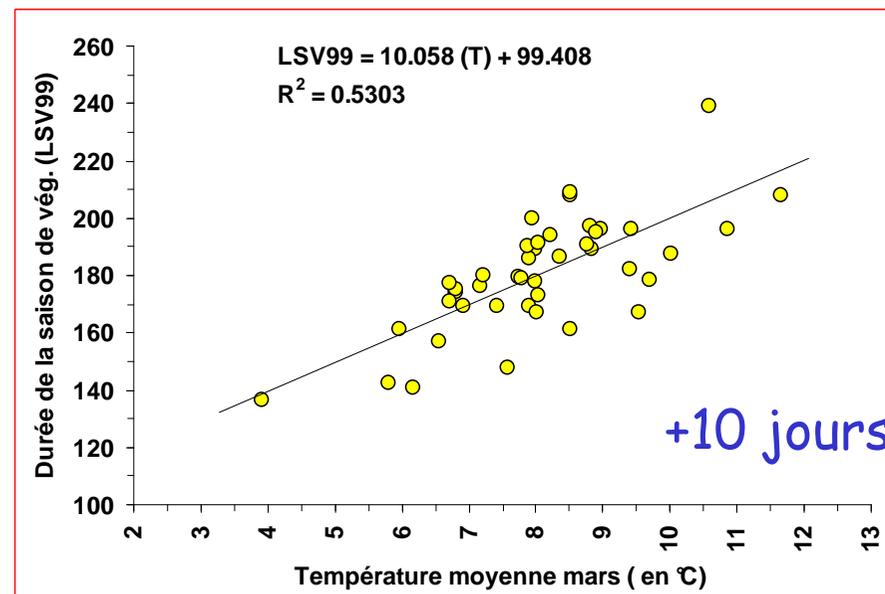
Conséquence 3 : Diminution de la longueur de la saison de végétation  
Exemple du réseau RENECOFOR (Lebourgeois et Godfroy 2005)

Variation thermique et altitude



### Conséquence 3 : Diminution de la longueur de la saison de végétation Exemple du réseau RENECOFOR (42 feuillus-moyenne 1997-2003)

Paramètre	Equation avec la...(r <sup>2</sup> )	
	Temp. moy. annuelle (°C)	Temp. moy. de mars (°C)
LSV99	=59.8333 + 10.7525 (T) ; (0.506)	=101.341 + 9.8999 (T) ; (0.548)
LSV19	=54.3763 + 12.1762 (T) ; (0.483)	=100.9134 + 11.2685 (T) ; (0.529)
LSV11	=56.2892 + 10.5385 (T) ; (0.375)	=95.3167 + 9.9078 (T) ; (0.424)
LSV91	=60.5516 + 9.1302 (T) ; (0.308)	=94.5901 + 8.5582 (T) ; (0.346)



Conséquence 3 : Diminution de la longueur de la saison de végétation  
Exemple du réseau RENECOFOR (42 feuillus-moyenne 1997-2003)

### Feuillus de « plaine » - Moyenne 1997-2003

$LSV19 = 255.25 - 0.038 (ALT) - 2.595 (LAT) + 5.71 (Tx Mars)$

$r^2 = 78\%$

précision de la prédiction = 8 à 9 jours

durée moyenne saison végétation : 193 jours

(hêtre : 180 j ; chênes : 200 j)

(Lebourgeois et Godfroy 2005)



### Conséquence 3 : Diminution de la longueur de la saison de végétation (p. 20)

- Formule de Langlet (Bouvarel 1961 ; Nanson 1967)

$$N = 514,18 - 5,85 L - 0,0736 H + 0,000365 LH$$

- Formule de Wiersma (in Arbez 1969)

$$N = 510 - 5,75 (L + H/100)$$

N = durée de la saison de végétation

L = latitude (en degré et décimales)

H = altitude en mètres



Par rapport aux feuillus de plaine  
Surestimation moyenne d'un mois

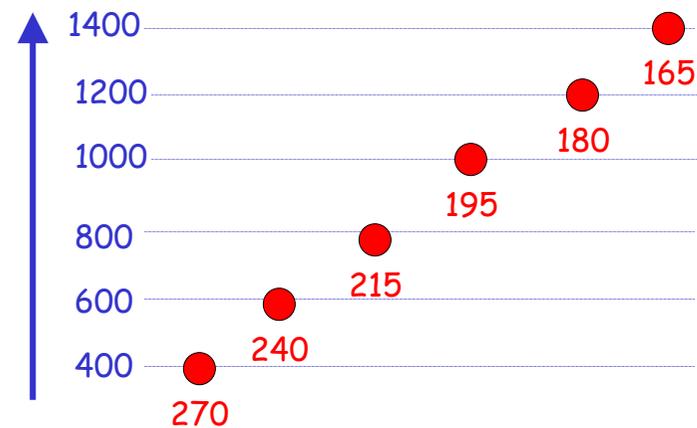
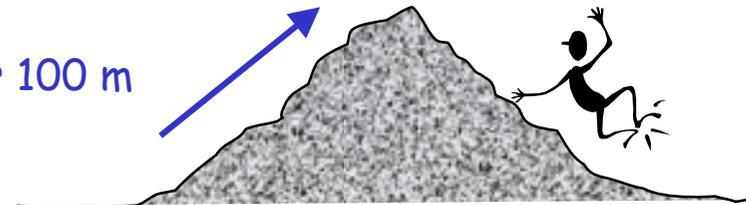


### Conséquence 3 : Diminution de la longueur de la saison de végétation (p.20 - 21)

- Hêtraies en Allemagne... - 7 jours par 100 m

184 jours à 200 m... 152 jours à 1000 m

- Puy de Dôme ( $T > 6^{\circ}\text{C}$ )... -7 à -15 jours



- Haute-Ardèche  $T > 7^{\circ}\text{C}$  (Oswald 1969)

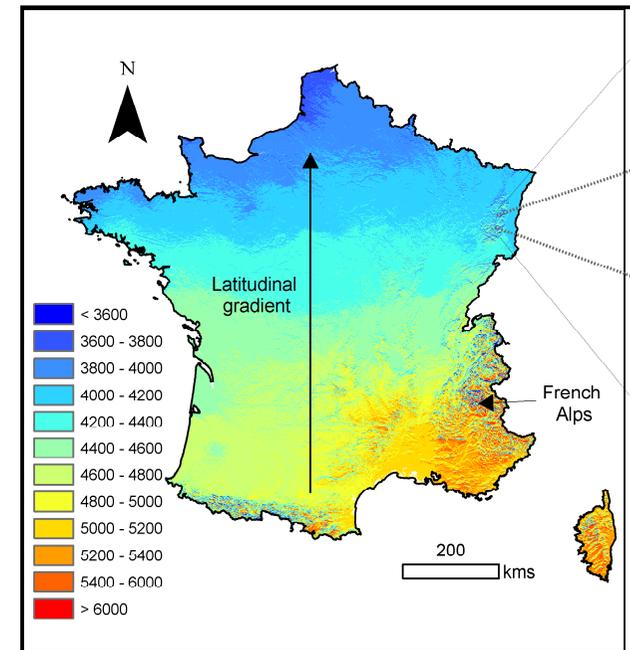
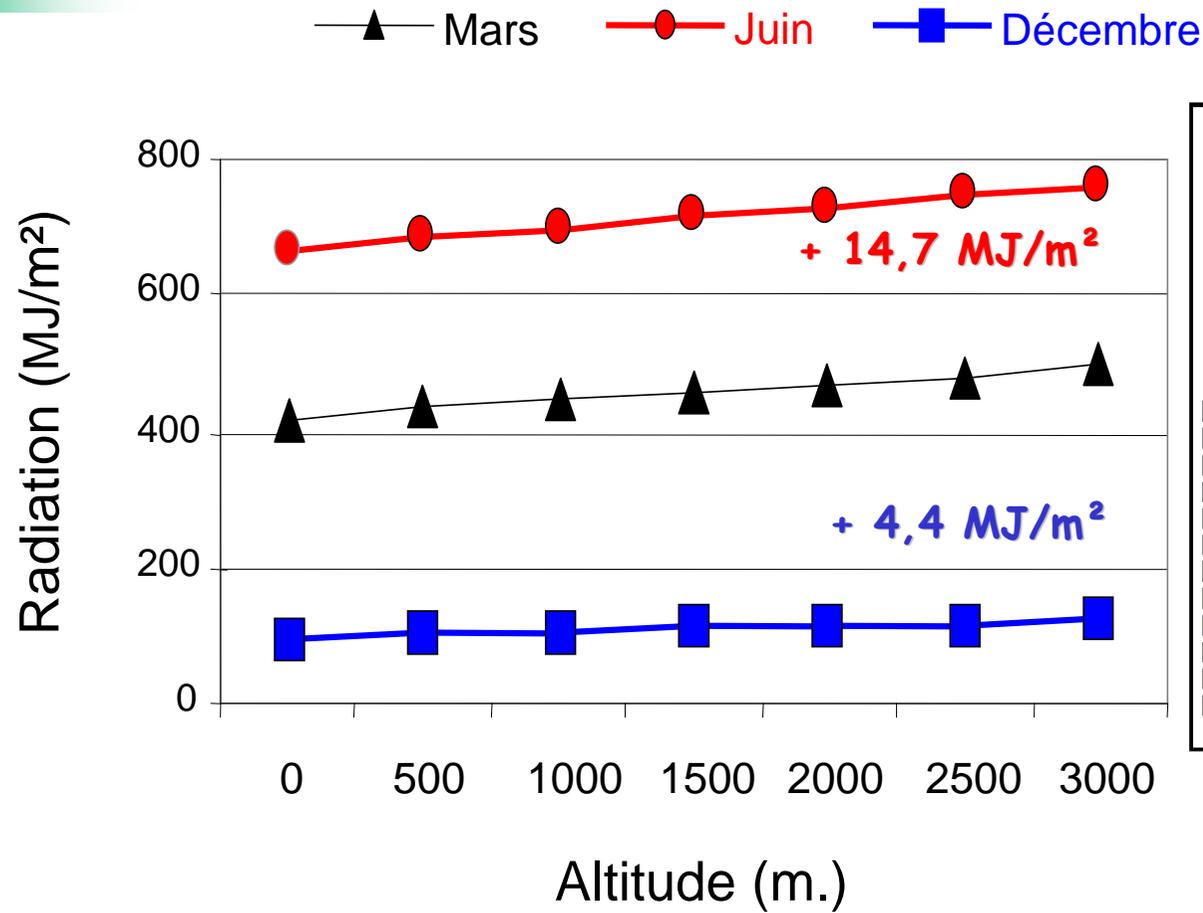
#### Durée de la période de végétation

0 m	293 jours
1000 m	190 jours
2000 m	85 jours



# Effet de l'altitude sur le rayonnement

Estimation d'après un modèle de radiation solaire... Gradient par 100 m



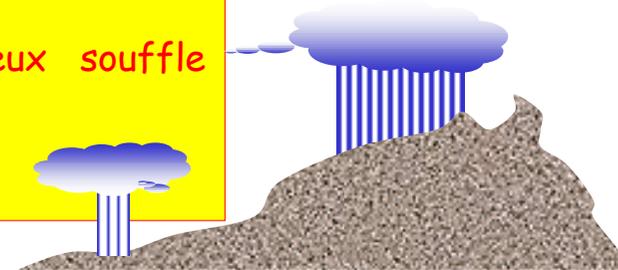


# Effet de l'altitude sur les précipitations



- « Principes » de l'augmentation de la pluviosité avec l'altitude...
- augmentation plus rapide quand la pente est forte
  - augmentation plus marquée quand le vent pluvieux souffle perpendiculairement à la direction du versant
  - dépend de la température initiale et de son humidité

(p. 29)

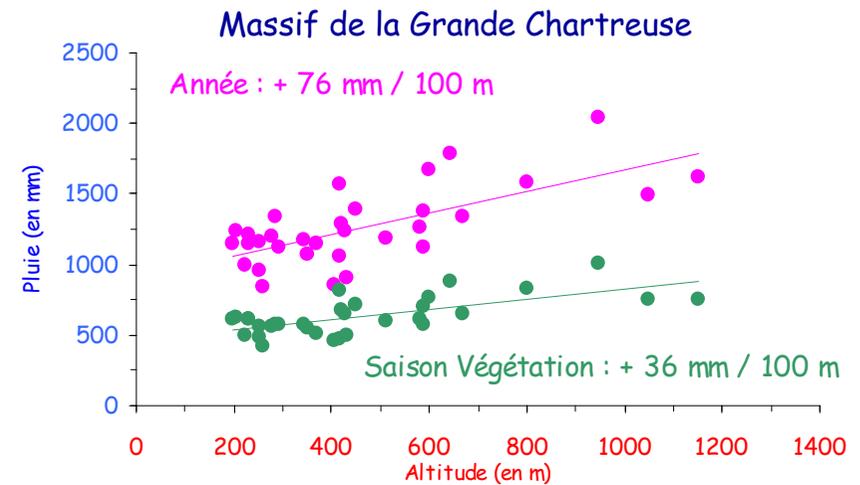


Vosges:

- Opposition Versants lorrain et alsacien
- Versant lorrain (21 stations, 260 à 1150 m)

Pluie annuelle = 1.264 (alt) + 616 mm

=> env. 100 à 120 mm/100 m



Dans les Alpes du Nord...  
+30 à +60 mm / 100 m

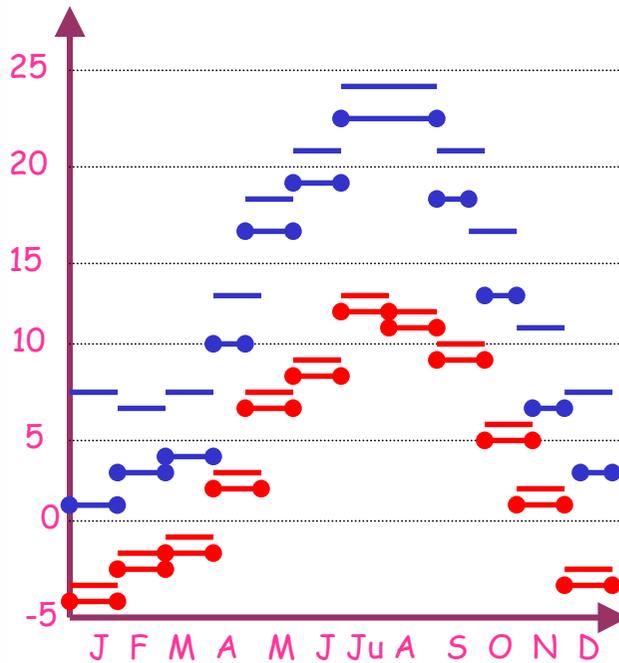


Effet de l'exposition  
sur la température



Variations saisonnières entre ubac et adret (p. 23)

Montagne de Lure (Alpes de Haute-Provence)  
Deux postes à 1600 m (Douguedroit 1987)



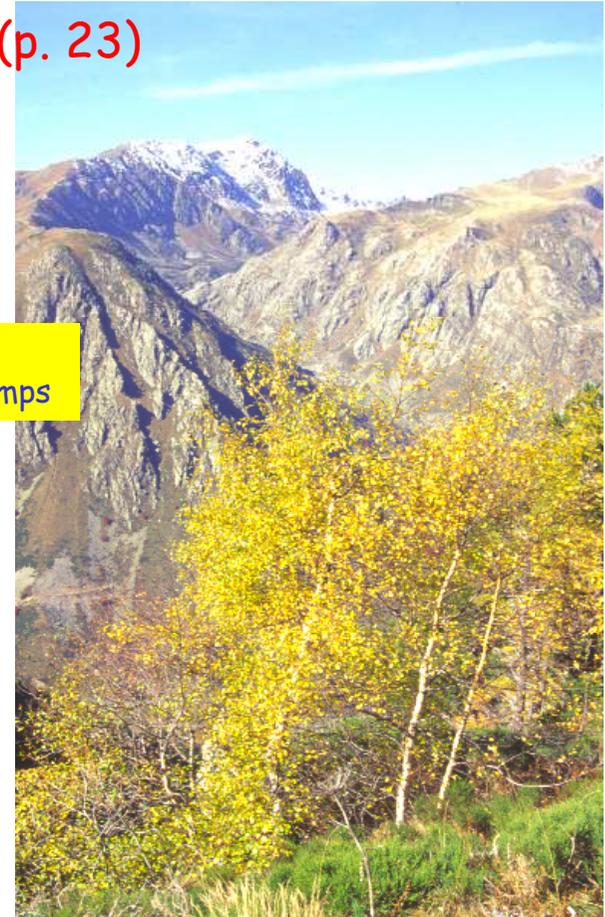
$\Delta$  (adret/ubac) = + 3,5°C  
max en hiver et au printemps

$\Delta$  (adret/ubac) = + 0,5°C

En moyenne :  
 $\Delta$  (adret/ubac) = + 2 °C

Température maximale — Versant sud (adret)  
● Versant nord (ubac)

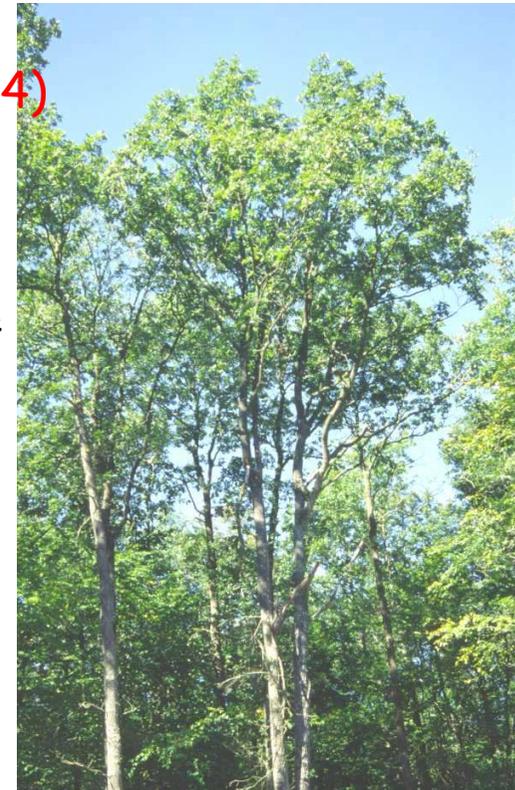
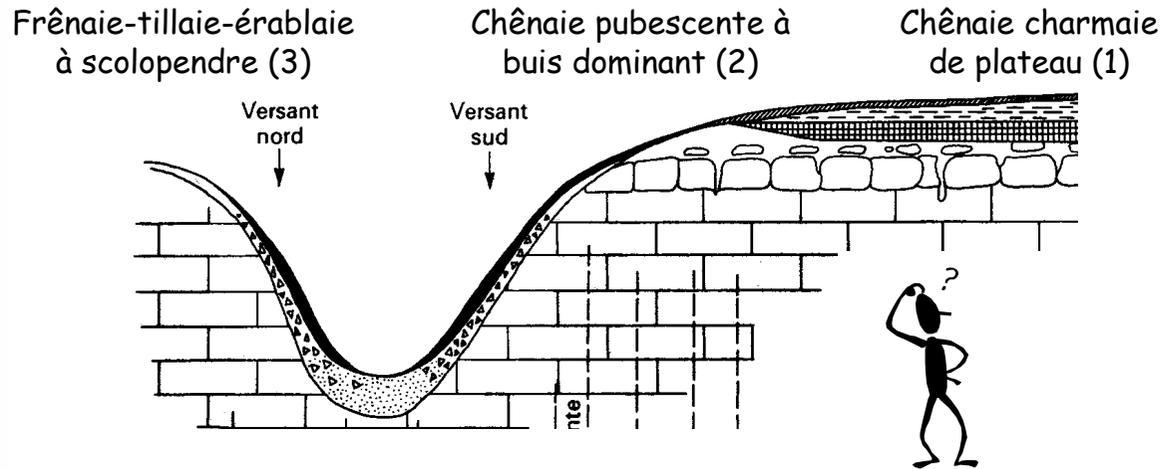
Température minimale — Versant sud (adret)  
● Versant nord (ubac)





Variations saisonnières entre ubac et adret (p. 24)

Forêt en Bourgogne calcaire  
Année 1971 - postes à 450 m (Bugnon et al. 1974)



		Automne	Hiver	Printemps	Eté
Tmax	Nord (1)	-0,5	-1,3	-1,8	-0,5
	Sud (2)		+1	+3,0	+4,0
Tmin	Nord (1)	-1,6	-1,2	-1,4	-0,6
	Sud (2)		+0,5	+0,5	+1,5

Sud :  $\Delta = +3$  à  $5$  °C  
Nord :  $\Delta = -1$  à  $-2$  °C

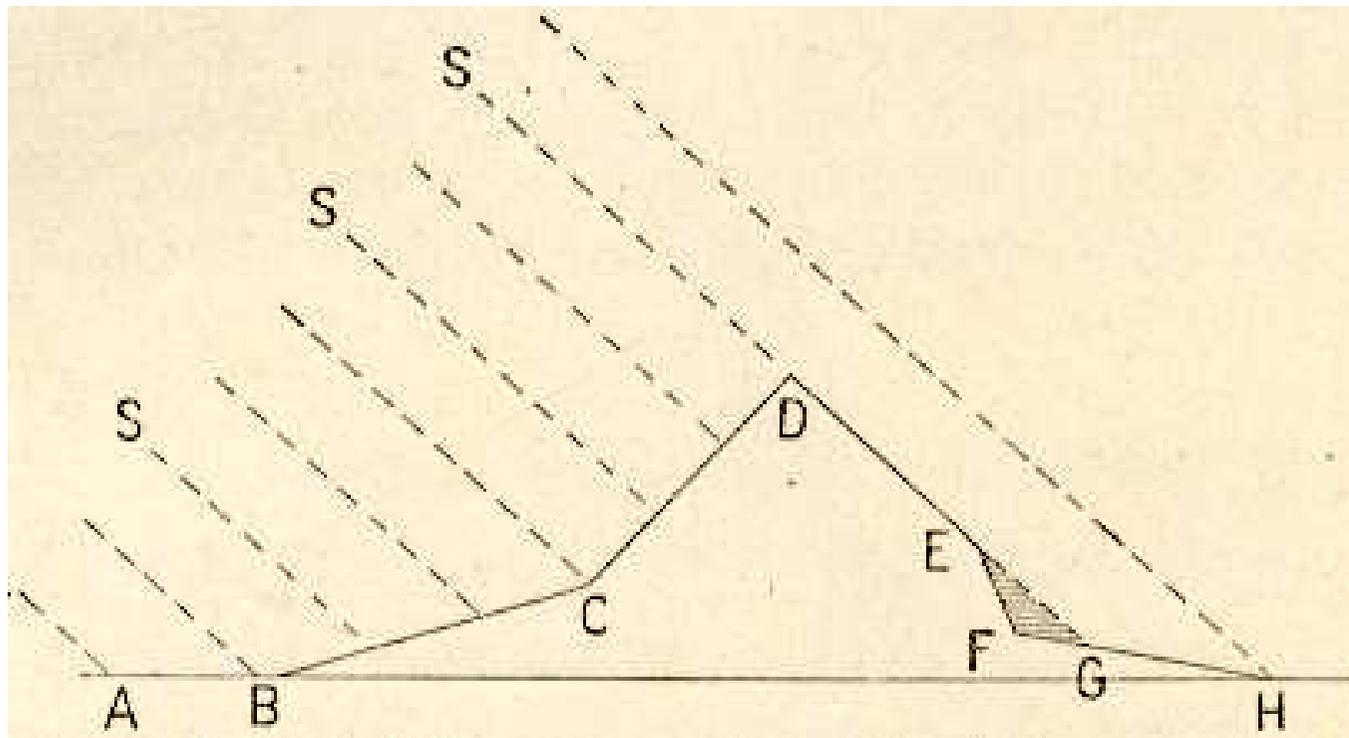


# Effet de l'exposition sur le rayonnement



## Bilan radiatif et pente... (p. 33 et 37)

Outre l'effet de la latitude et de la saison, l'intensité de l'énergie solaire reçue par une surface dépend fortement de la pente et de l'exposition...

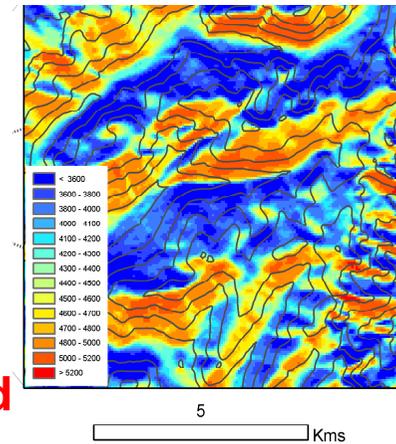


Energie reçue :  $CD \gg BC \gg AB$

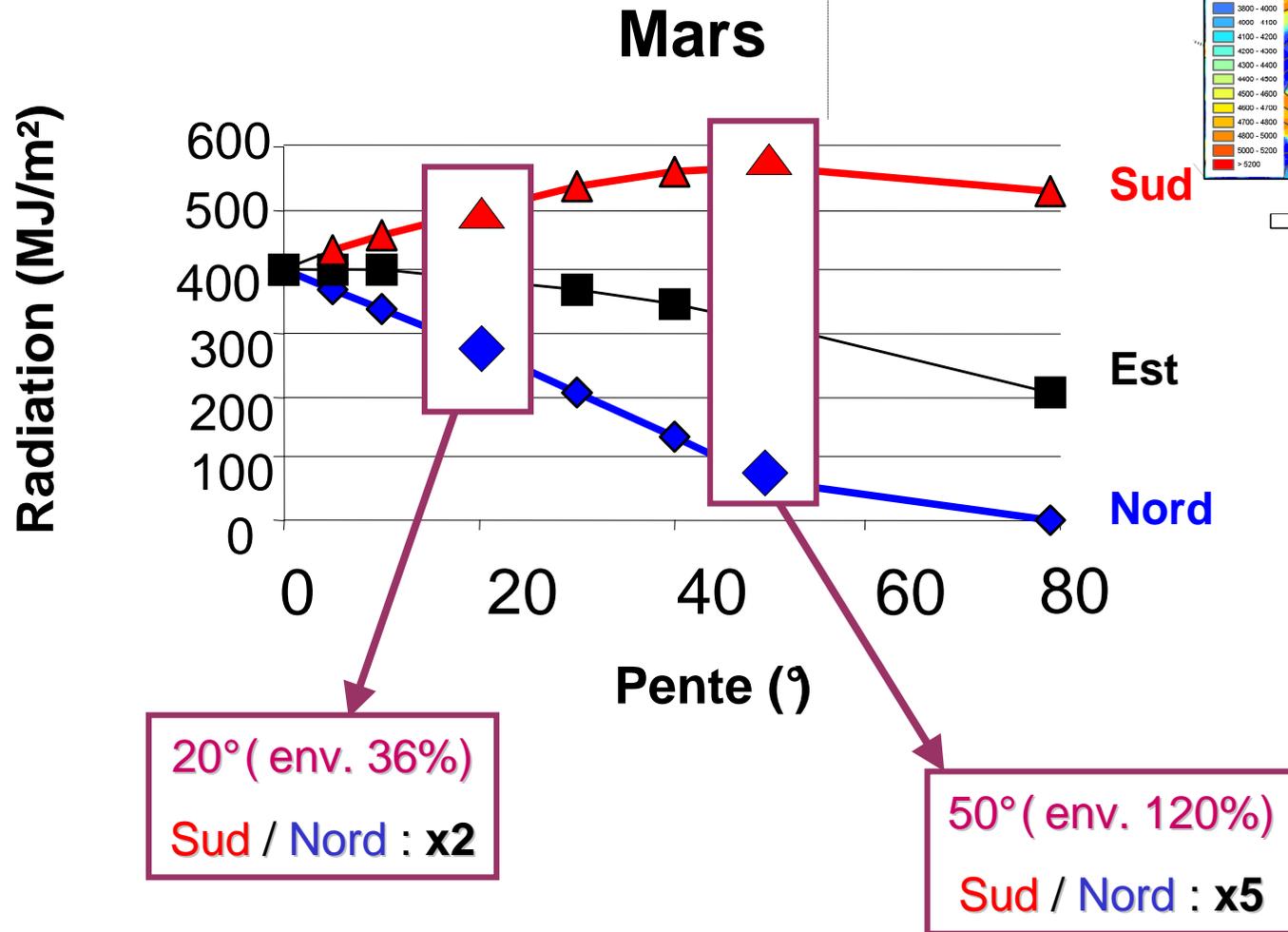


Comparaison pente/expo au printemps...

Bassin de Cornimont - Vosges 2.4 km<sup>2</sup>



Relief et bilan radiatif





## Comparaison printemps / été

	pente (°)	mars	juin	$\Delta$
Nord	0	400	700	x 1,7
	20	300	600	x 2
	40	120	480	x 4
	60	50	300	x 6
Sud	0	400	700	x 1,7
	20	500	650	x 1,3
	40	550	650	x 1,2
	60	500	500	id

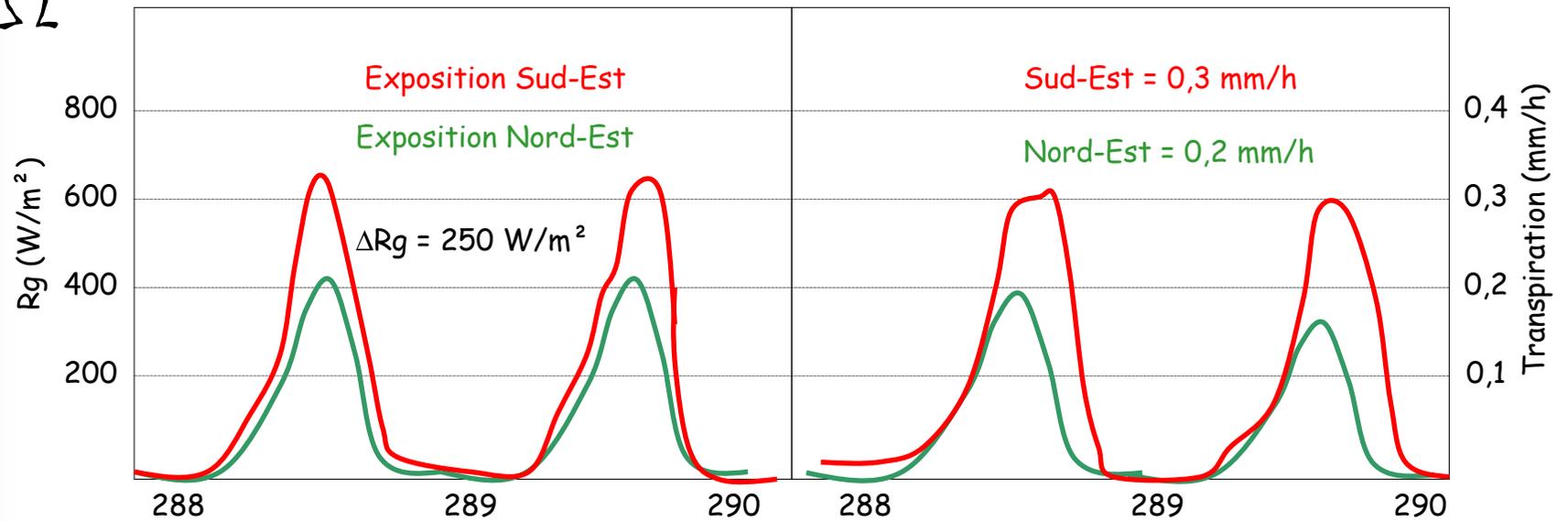
### Versant Sud / Nord

- $\Delta$  max printemps/hiver
- $\Delta$  augmente avec la pente
- 2 à 5 fois plus d'énergie  
(20 à 120% de pente)



## Bilan radiatif et pente...

Bassin Versant d'Aubure (Vosges)  
(Thèse Biron 1994)

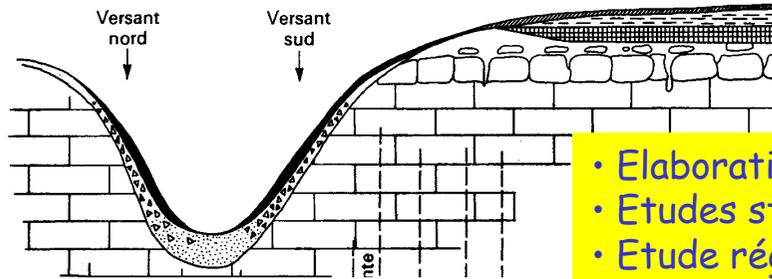


Effet sur le rayonnement global... + 40%  
Effet sur la transpiration... +50%

# Topoclimat et comportement des essences



## Hêtre et chêne sur les plateaux calcaires de Lorraine (p. 45)



Travaux de Becker et al. (1977)

- Elaboration de la typologie des stations
- Etudes station-production hêtre et chêne
- Etude régénération et fructification du hêtre...

Caractérisation schématique des stations par les divers groupes écologiques

(— gr. très représenté ; - - - gr. moyennement représenté ; . . . gr. peu représenté)

Simplified definition of the sites by the different ecological groups (— very present group ; - - - middlingly present group ; . . . little present group)

Groupes écologiques	Stations										
	A) Hêtraie-chênaie pubescente de haut de versants sud	B) Hêtraie-chênaie sessile xérocalticole de versants sud	C) Hêtraie à tilleul calcaire de versants nord	D) Hêtraie-chênaie sessile calcaire de plateau	E) Hêtraie-chênaie neutro-calticole	Hêtraie-chênaie pédonculée de vallons		G) Hêtraie-chênaie neutrophile de plateau	H) Hêtraie-chênaie mésoneutrophile	I) Hêtraie-chênaie mésoacidiphile	I') Chênaie sessile-hêtraie mésoacidiphile
						F <sub>1</sub> Mi-pente	F <sub>2</sub> Fonds				
1) Eu-xérocalticoles .....		- - -									
2) Xérocalticoles .....											
3) Calticoles .....											
4) Neutrophiles à large amplitude .....											
5) Neutro-mésoacidiphiles .....											
6) Mésoacidiphiles .....											
7) Acidiphiles .....											
8) Neutrophiles .....											
9) Neutro-hygro-nitrophiles .....											



## Hêtre et chêne sur les plateaux calcaires de Lorraine (p. 46)

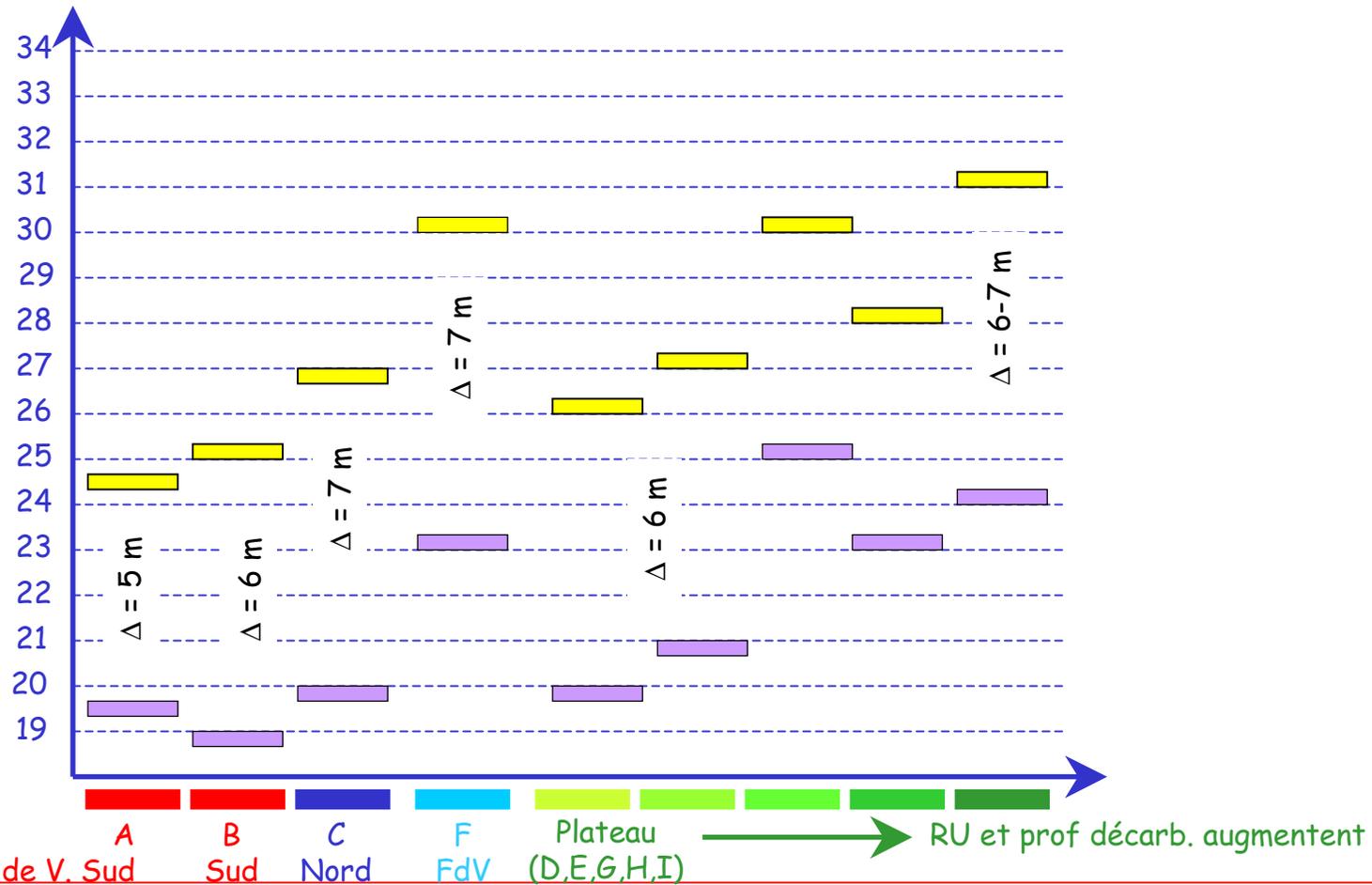
- Elaboration de la typologie des station
- Etudes station-production hêtre et chêne
- Etude régénération et fructification du hêtre...

hêtre

chêne

Taillis-sous-futaie

Comportement des essences





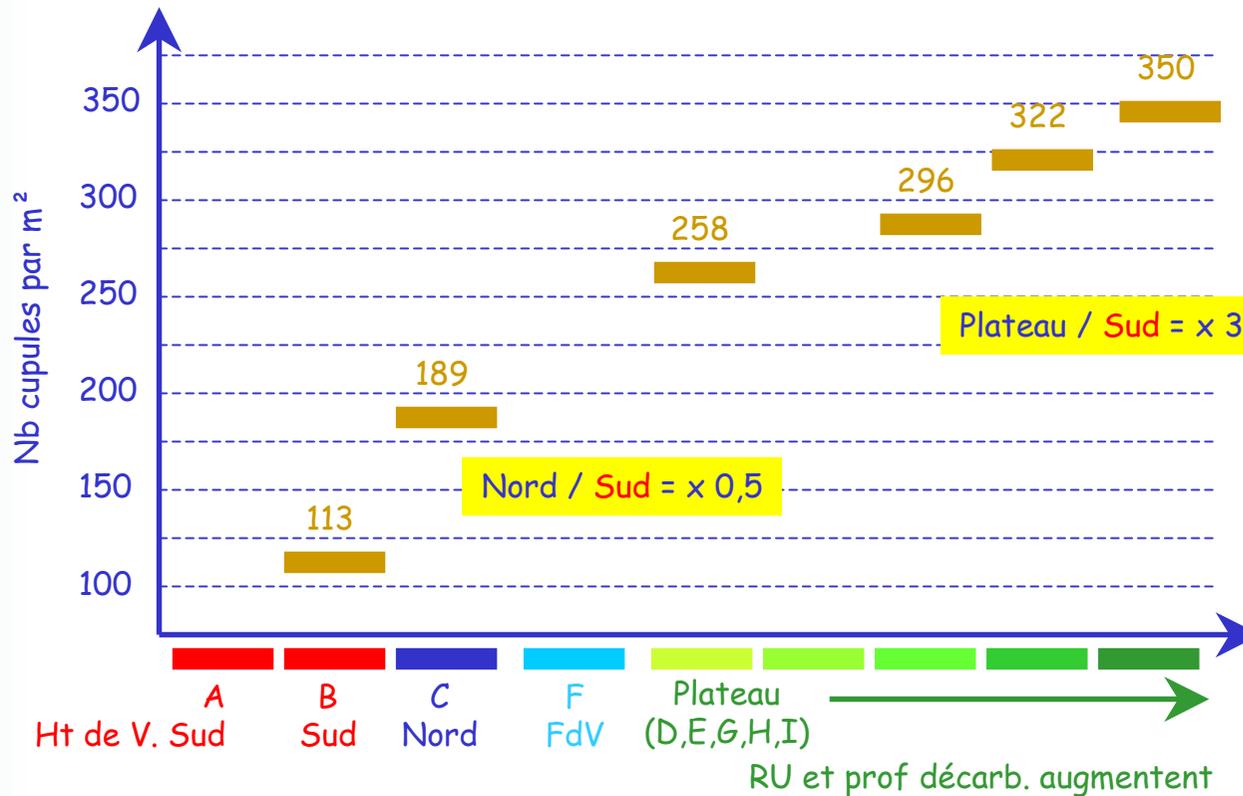
## Hêtre et chêne sur les plateaux calcaires de Lorraine (p. 44)

- Elaboration de la typologie des station
- Etudes station-production hêtre et chêne
- Etude régénération et fructification du hêtre...

Faînée de 1974  
5 arbres / site



Comportement des essences



**Nord / Sud**  
Hauteur : + 6 à 7 m  
Faînée : x 0,5

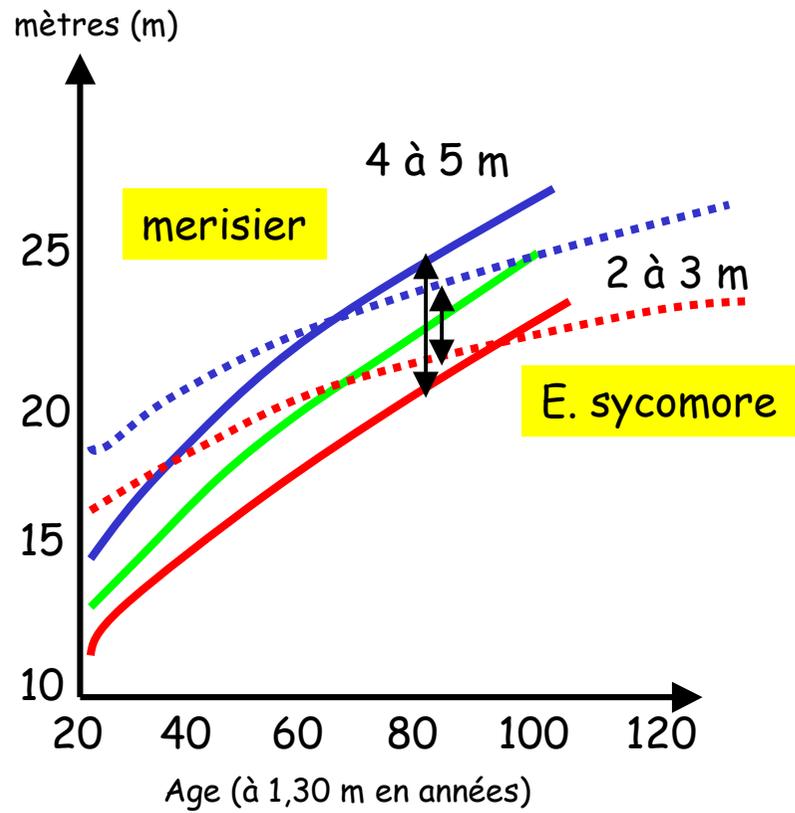
**Plateau (RU max) / Sud**  
Hauteur : + 6 à 7 m  
Faînée : x 3

**Plateau (RU max) / Nord**  
Hauteur : + 4 m  
Faînée : x 2



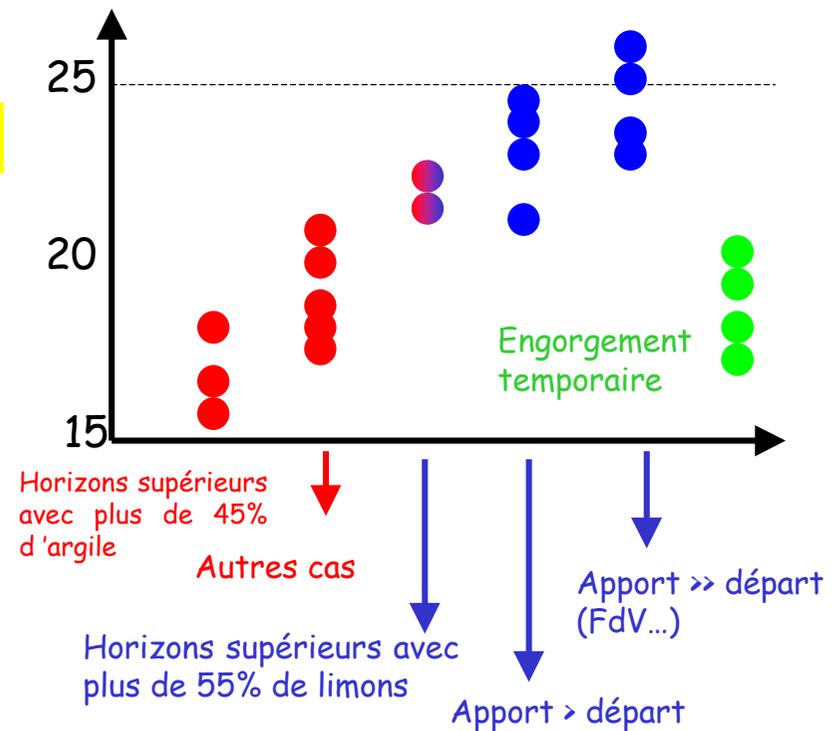
Merisier, Erable sycomore et frêne dans le quart Nord-Est (p. 48)

Comportement des essences



Versants (sauf sud) forte pente  
 Versants (sauf sud) faible pente  
 Bas de pente et fond de vallon

Frêne  
 Hauteur dominante à 50 ans (m)



A suivre...

