

Cours ENGREF FIF1

cours n°1

Bioclimatologie

Les indices bioclimatiques

F. Lebourgeois

Enseignant-Chercheur

UMR ENGREF-INRA 1092 LERFOB - Equipe Ecologie Forestière

lebourgeois@engref.fr

Plan de l'exposé

1. Pourquoi caractériser le climat ?

2. Comment caractériser le climat ?

A quelles échelles temporelle et spatiale ?

Avec quelles variables ?

3. Aperçu de la variabilité climatique en France

4. Les indices bioclimatiques



Introduction

Reboisement

Aménagement forestier

Cartographie des stations



Analyse du peuplement
(dendrométrie, sylviculture...)



Contexte climatique

Analyse de la flore
(phytoécologie)

Analyse du sol
(pédologie)

Climat... combinaison des états de l'atmosphère dans un lieu donné et sur une période définie

Pourquoi caractériser le climat ?



Pourquoi caractériser le climat ?

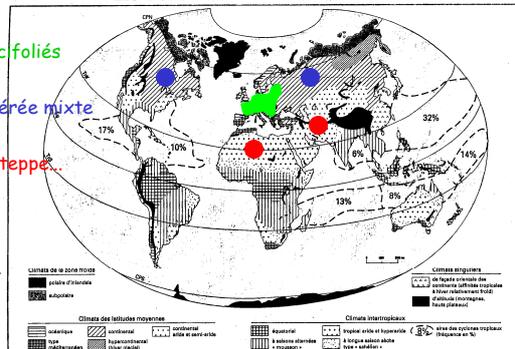
- facteur essentiel de l'évolution des espèces (apparition et succession)
- facteur essentiel de la répartition des grandes formations végétales à travers le monde

Océanique...
Forêt tempérée de feuillus caducifoliés

Continental...
Forêt boréale de conifères, tempérée mixte

Continental aride et semi-aride...
végétation diffuse des déserts, steppes...

LES DOMAINES CLIMATIQUES DU GLOBE



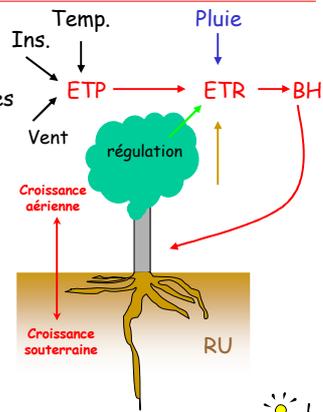
Pourquoi caractériser le climat ?



Pourquoi caractériser le climat ?

- facteur essentiel du **comportement** des essences

- Autécologie ... hêtre et humidité de l'air
- Potentialités forestières
- Dépérissement Réchauffement



L'analyse du contexte climatique est la première étape à toute étude écologique



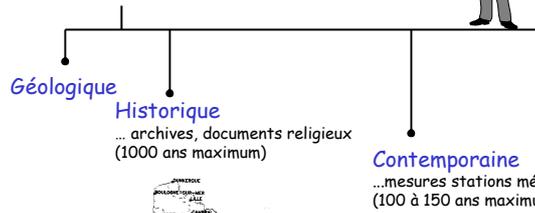
Indices bioclimatiques

Comment caractériser le climat ?



Comment caractériser le climat ? (p.6 à 9)

- A quelle échelle temporelle ?

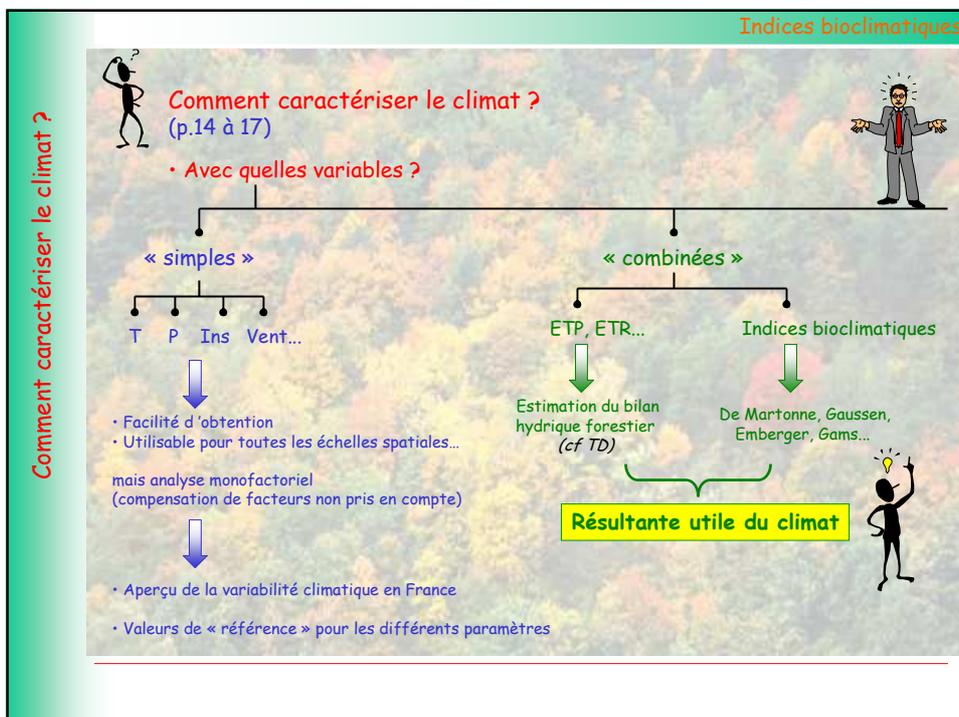
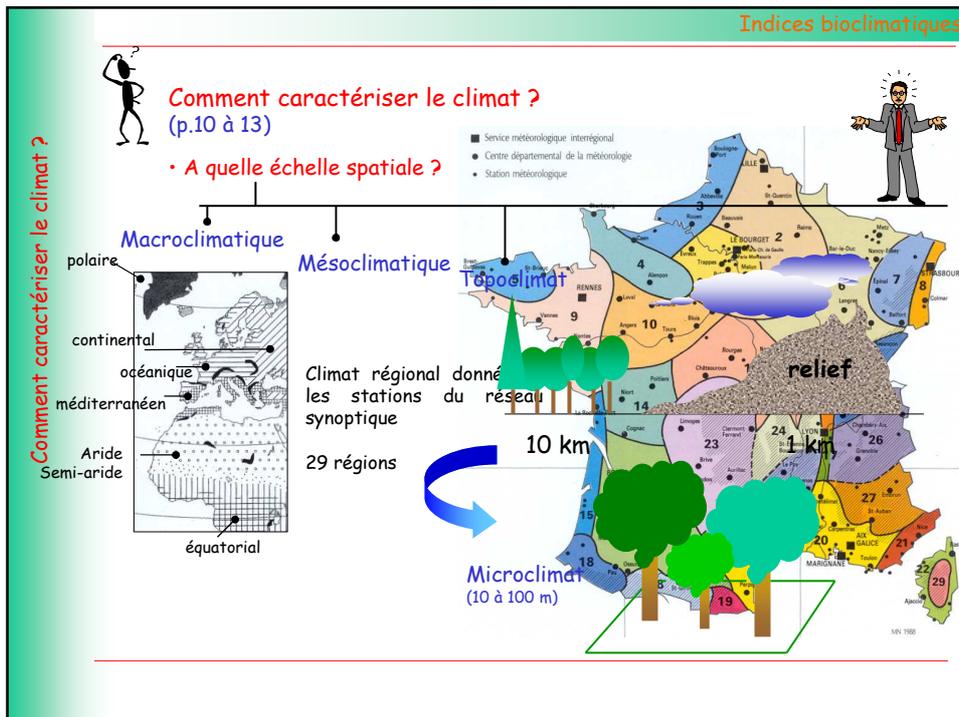


(Photo : Philippe Frayssinet)

Urban le Verrier
 Directeur Observatoire Paris entre 1854-1877
 en 1856 : 24 stations dont 13 avec liaisons télégraphiques
 la plus ancienne série Paris-Montsouris
 Pluie depuis 1688
 Température depuis 1878 née

Station	Maille	Nb
P	12	4220
T	30	2499
Ins	60	135
Syn.	70	123

Moyenne trentenaire (1951-80, 1961-90, 1971-2000)



Comment caractériser le climat ?



Comment caractériser le climat ?

Parmi les nombreuses variables fournies par les services de Météo-France, quels sont les paramètres facilement utilisables pour le « praticien de terrain » ? (à partir des données mensuelles trentenaires)

Précipitations

- Cumul
- Nb jours avec $P > 1 \text{ mm}$ et $> 5 \text{ mm}$

Température

- T_{moy} (T_{min} , T_{max})
- Nb jours de gel
- Date de la première et dernière gelée
- Nb jours avec $T_{\text{max}} > 25^\circ\text{C}$

Insolation

- Durée totale

Phénomènes (Nb de jours avec...)

- Brouillard
- Orage
- Neige

Indices bioclimatiques

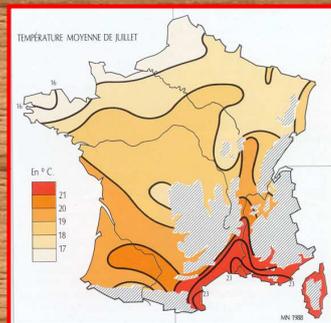
NANCY
Latitude: 48°41'N Longitude: 8°13'E Altitude: 212 m Département: 54
Période des calculs : 1961-1990

Précipitations											
Quantités (en mm)											
	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juin	Sept	Oct	Nov	Déc
MOY	80.2	79.9	78.2	82.1	102.2	112.2	102.2	80.2	80.2	112.2	80.2
MAX	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2
MIN	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Durée de précipitation (en heures)											
	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juin	Sept	Oct	Nov	Déc
MOY	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2
MAX	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2
MIN	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Insolation											
Durée totale d'insolation (en heures)											
	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juin	Sept	Oct	Nov	Déc
MOY	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2
MAX	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2
MIN	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Nombre de jours avec l'insolation (en jours)											
	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juin	Sept	Oct	Nov	Déc
MOY	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2
MAX	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2	180.2
MIN	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Définitions des limites des classes pour chaque facteur...

ATTENTION !!!
Ces valeurs moyennes MASQUENT totalement les extrêmes qui sont souvent très importants à considérer pour expliquer certains phénomènes observés

Aperçu de la variabilité climatique en France

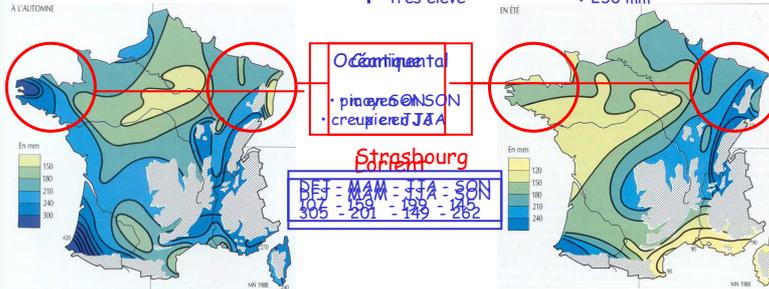




Aperçu de la variabilité climatique en France

Les précipitations (p.22 et 23)

Annuelles... de 500 à 2000 mm	Très faible	< 600 mm	
	Faible à moyen	600-700 mm	
	Moyen à assez élevé	700-800 mm	
	Assez élevé à élevé	800-1000 mm	
	Elevé à très élevé	1000-1500 mm	
	Très élevé	> 1500 mm	Jours de pluie
Saisonniers... de 50 à 350 mm (DJF - MAM - JJA - SON)	Très faible	< 50 mm	→ < 15 (1/6)
	Très faible à faible	50-100 mm	
	Faible à moyen	100-150 mm	→ 30-40 (1/4)
	Moyen à élevé	150-200 mm	
	Elevé à très élevé	200-250 mm	→ 50-60 (1/2)
	Très élevé	> 250 mm	



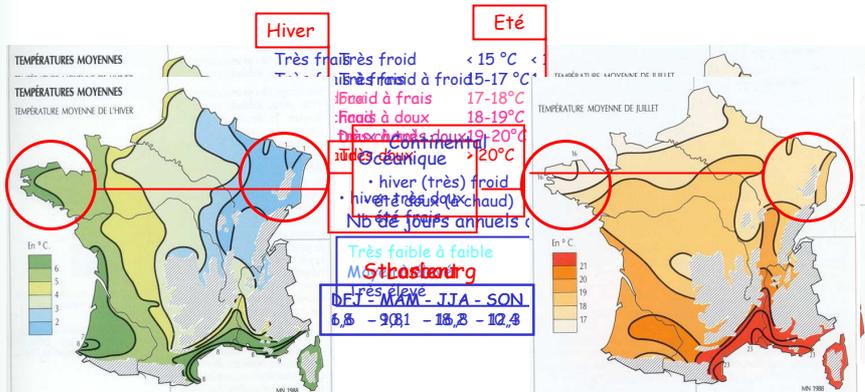
Aperçu de la variabilité climatique en France



Aperçu de la variabilité climatique en France

Les températures (p.29 à 32)

Annuelles... de 5 à 14°C	Très froid	< 5°C
	Très froid à froid	5 à 8°C
	Froid à frais	8 à 10°C
	Frais à doux	10 à 11°C
	Doux à chaud	11 à 12°C
	Chaud à très chaud	12 à 14°C
	Très chaud	> 14°C



Aperçu de la variabilité climatique en France

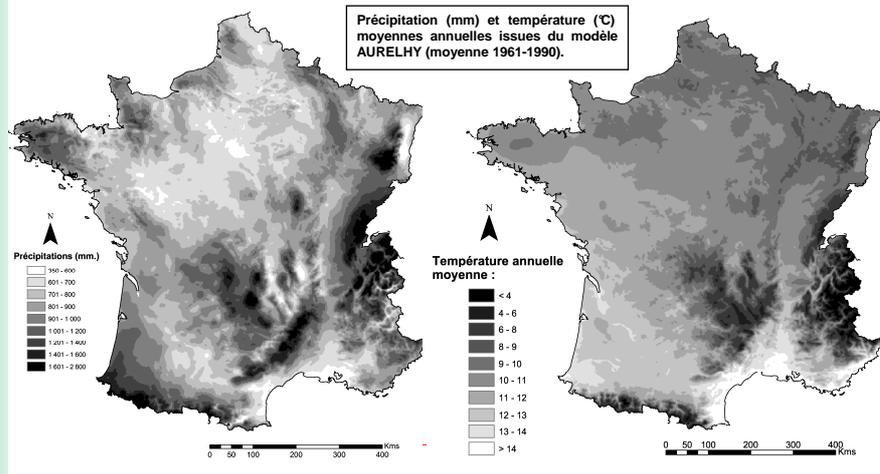


Aperçu de la variabilité climatique en France

DONNÉES CALCULÉES SOUS SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG)

méthode AURELHY : Analyse Utilisant le RELief pour l'HYdrométéorologie
(Benichou et Le Breton, 1987) => données spatialisées - 1 km

Aperçu de la variabilité climatique en France



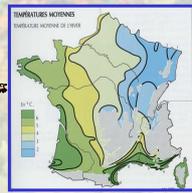
Les indices bioclimatiques





Qu'est ce qu'un indice bioclimatique (p.35)

Le constat...



Forte variabilité spatiale et temporelle

Difficulté... de classement des climats d'analyse de la répartition des groupements végétaux

Indices bioclimatiques

... fondés initialement sur les corrélations entre la répartition des végétaux et les valeurs des indices



combinaison d'au moins deux valeurs numériques sur l'état de l'atmosphère

... résultante utile des climats

... facteur de sécheresse ou d'aridité (combinaison P/T ou P/ETP)



Les principaux indices... (p.36)

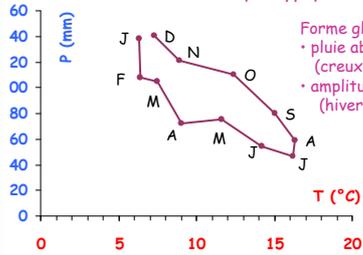
Une représentation simplifiée... les climatogrammes





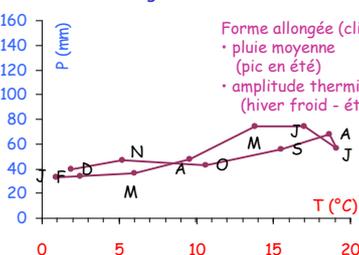
Les climatogrammes (p.37)

Brest - climat océanique typique



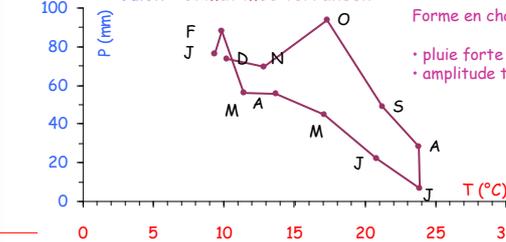
Forme globulaire
 • pluie abondante (creux en hiver)
 • amplitude thermique faible (hiver doux)

Strasbourg - Climat continental

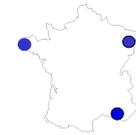


Forme allongée (climat contrasté)
 • pluie moyenne (pic en été)
 • amplitude thermique forte (hiver froid - été chaud)

Toulon - Climat méditerranéen



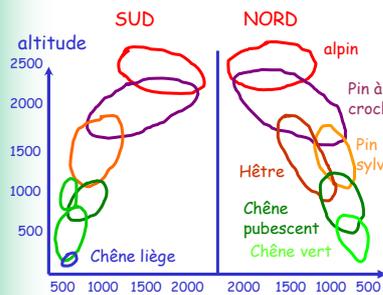
Forme en chapeau de gendarme (climat très contrasté)
 • pluie forte avec une sécheresse estivale marquée
 • amplitude thermique forte (hiver chaud - été très chaud)



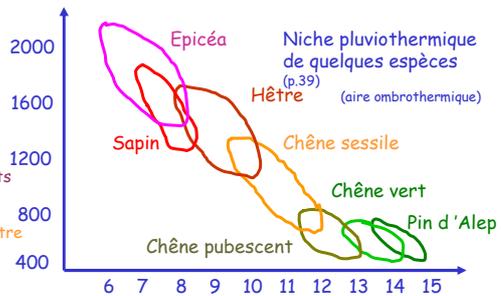
Les climatogrammes



Les climatogrammes



Aire ombrothermique dans les Pyrénées-Orientales (p. 40)



Les climatogrammes



Chêne vert, liège	13-14	400-700	2800
Ch. Pubescent	11-13	450-900	2000
Pin maritime	13-15	800-1100	2200
Ch. Pédonculé	10-15	900-1200	1800
Ch. Sessile	8,5-13	500-1300	1700
Pin sylvestre	7-13	500-1300	2000

Hêtre	7-11,5	700-1600	1700
Sapin	7-9,5	1000-2200	1700
Epicéa	5-8	1000-2200	1800
Mélèze	5-9	500-1300	2400
Pin à cro.	5-8	500-1100	2700



L'indice d'aridité de De Martonne (p.43 et 44)

Indice annuel

Indice mensuel

$$I = \frac{P \text{ (mm)}}{T \text{ (}^\circ\text{C)} + 10}$$

$$I = \frac{12 * p \text{ (mm)}}{t \text{ (}^\circ\text{C)} + 10}$$



L'aridité AUGMENTE quand l'indice DIMINUE
(faible pluie et/ou température élevée)

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Niort	76	59	50	35	35	25	19	27	33	39	67	76
Celles/Belle	83	63	50	56	38	25	21	28	36	38	67	82
Lezay	83	62	51	31	34	23	19	24	32	34	66	83
Poitiers	57	48	40	28	33	23	19	22	25	30	51	56
Lusignan	73	59	49	34	38	24	19	23	32	35	60	77
Ruffec	81	61	53	37	50	20	20	19	29	38	62	87
La Péruse	72	57	54	40	46	24	22	24	34	37	65	75
Champagne M.	76	63	58	40	45	24	19	24	33	37	65	73
Montbron	84	67	57	41	49	28	21	26	34	42	65	89

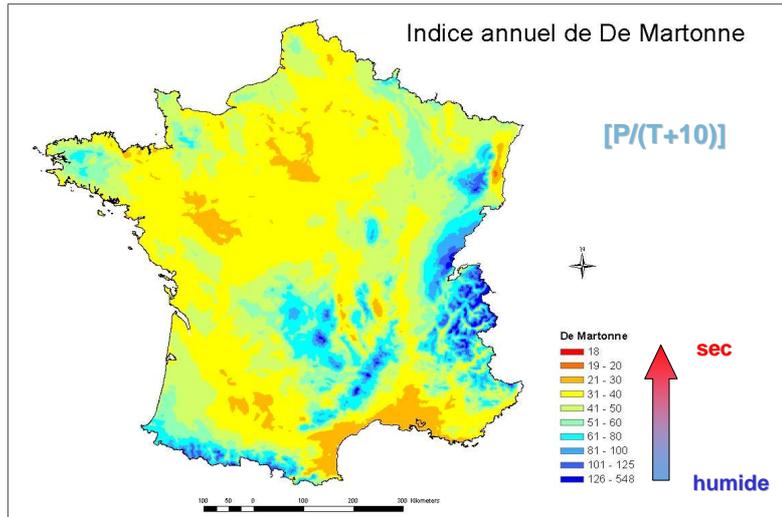
Risque de sécheresse quand $I < 20$

$P < 10 \text{ mm}$... $T < 10^\circ\text{C}$
$P < 25 \text{ mm}$... $10 \leq T < 20$
$P < 50 \text{ mm}$... $20 \leq T < 30$
$P < 75 \text{ mm}$... $T > 30^\circ\text{C}$

Indice de De Martonne

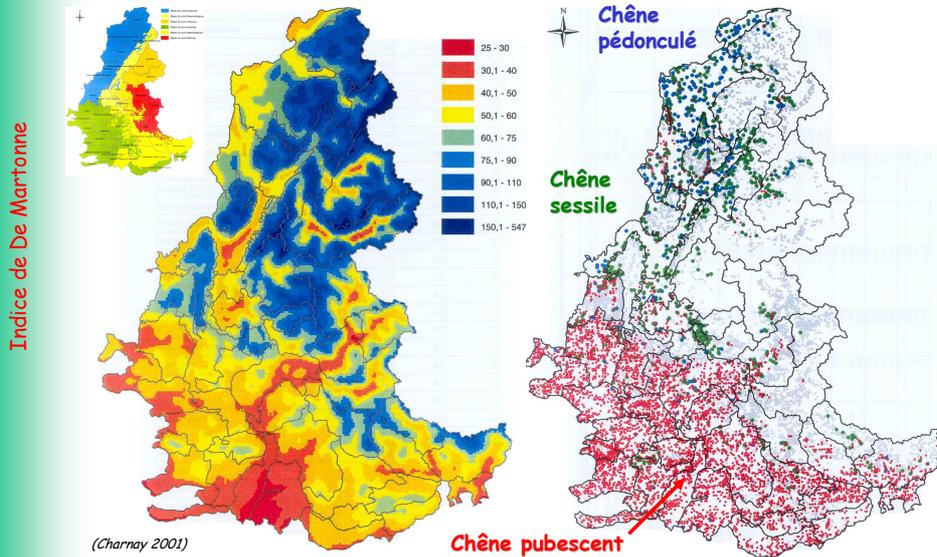
Indice de De Martonne spatialisé (1961-1990)

Indice annuel de De Martonne



Indice de De Martonne

Répartition des espèces dans les Alpes et Indice d'aridité (p.47)



L'indice d'aridité de De Martonne



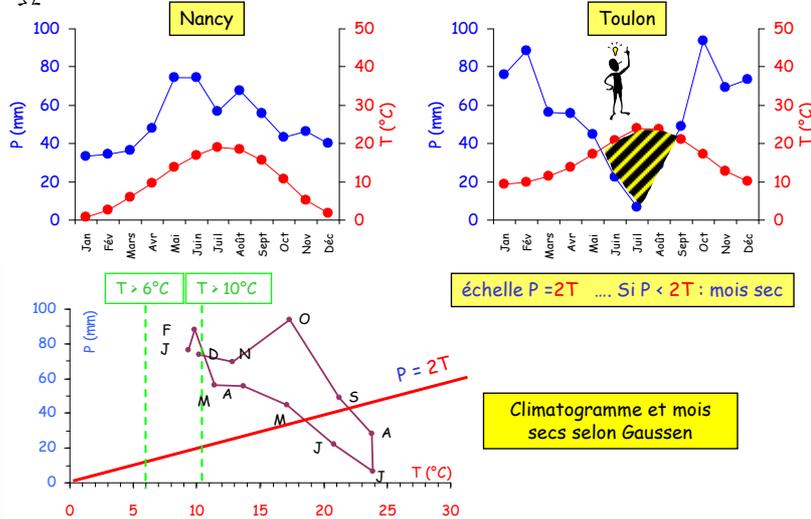
Répartition des espèces dans les Alpes et Indice d'aridité (p.47)

Indice de De Martonne

Chêne vert	< 30	Chênes péd., sessile	40
Pin d'alep	< 30	Frêne commun	40
Peuplier noir	< 30	Hêtre	40
Érable de Montpellier	30	Méleze	40
Chêne pubescent	30	Pin à crochets, cembro	40
Orme champêtre	30	Sapin pectiné	40
Alisier blanc	35	Tilleul petites feuilles	40
Alisier torminal	35	Érable plane, syco	45
Érable à feuille d'obier	35	Charme	45
Érable champêtre	35	Sorbier des oiseleurs	45
Merisier	35	Tilleul à grandes feuilles	45
Pin maritime	35	Epicéa	50
Pin noir d'Autriche	35	Orme des montagnes	50
Pin sylvestre	35	If, Aulne vert	55

(Charnay 2001)

Diagramme ombrothermique de Gausson et Bagnouls (p.48 et 49)



Quotient pluviothermique d'Emberger (p.53)

... défini pour les régions méditerranéennes

... prend en compte l'amplitude thermique

=> à T_{moy} égale, l'évaporation est plus forte quand l'amplitude augmente

$$Q = \frac{P}{2 \left[\frac{M+m}{2} \right] (M-m)} \times 100 = \frac{100 \times P}{M^2 - m^2}$$

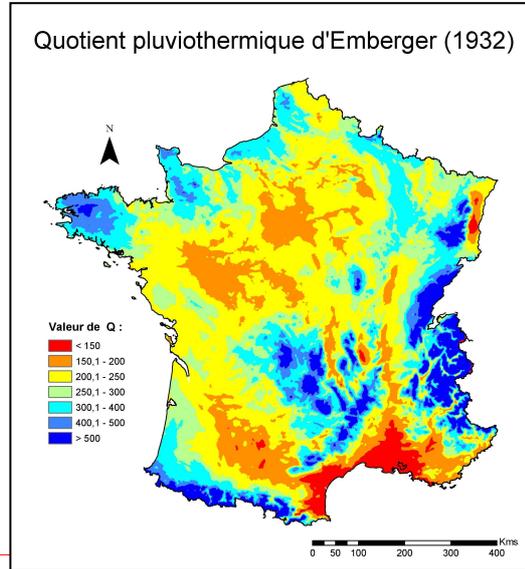
M = moyenne des maxima du mois le plus chaud
m = moyenne des minima du mois le plus froid

L'aridité AUGMENTE quand l'indice DIMINUE

... la valeur de m est un différentiel important qui rend bien compte de la période critique des gelées

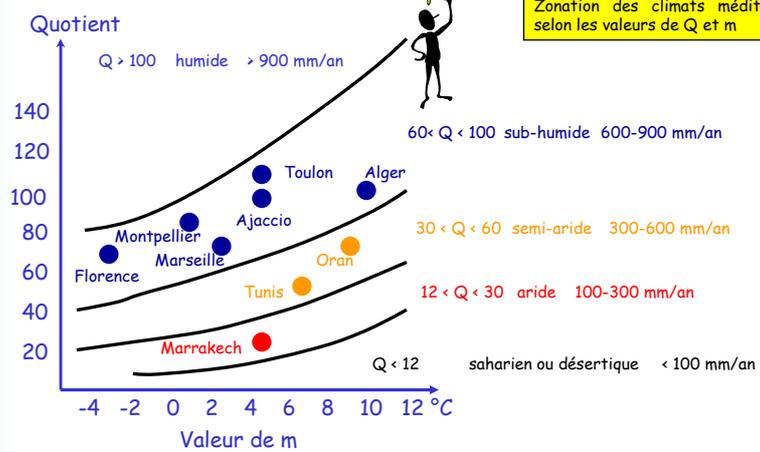
Quotient pluviothermique d'Emberger spatialisé (1961-1990)

Quotient pluviothermique d'Emberger



Quotient pluviothermique d'Emberger

Quotient pluviothermique d'Emberger

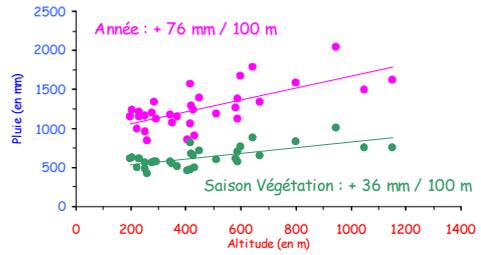
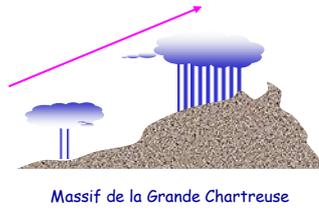




Angle de continentalité de Gams (p.56 et 57)



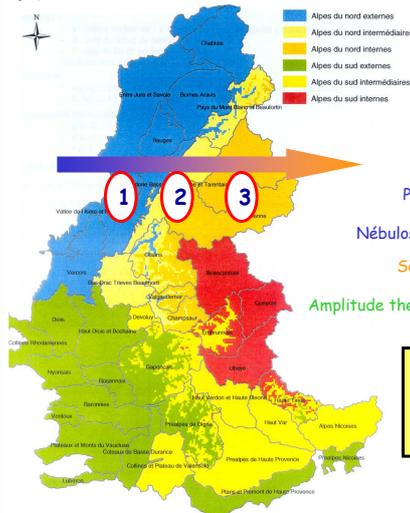
- ... adapté aux régions montagneuses (Alpes)
- ... précise la répartition spatiale des pluies par rapport à l'orographie
- ... cherche à s'affranchir des variations de la pluviométrie avec l'altitude



Angle de continentalité de Gams



- ... permet de comparer climatiquement des stations localisées dans des régions différentes... élimine l'effet de continentalité



	même altitude		
	1	2	3
Pluie	+++	++	+
Nébulosité	+++	++	+
Soleil	+	++	+++
Amplitude therm.	+	++	+++

Zone externe (1)
climat humide - frais - peu ensoleillé

Zone interne (3)
climat sec - froid - ensoleillé



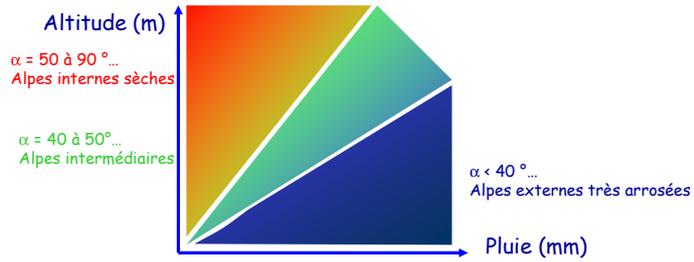
Angle de continentalité de Gams

... Pour des altitudes supérieures à 900 m, l'indice correspond :



$$\text{Cotangente } (\alpha) = \frac{\text{Pluie (mm)}}{\text{Altitude (m)}} \quad \left(\text{Tangente } (\alpha) = \frac{\text{Altitude (m)}}{\text{Pluie (mm)}} \right)$$

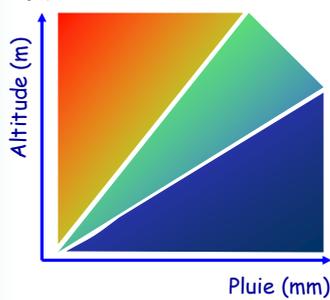
α augmente (tend vers 90°) quand P diminue relativement à l'altitude (m) du poste considérée



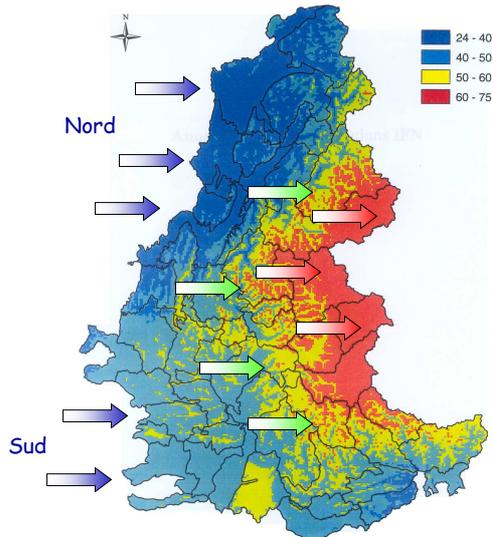
Angle de continentalité de Gams



Angle de continentalité de Gams



$\alpha < 40^\circ \dots$
Alpes externes très arrosées
 $\alpha = 40 \text{ à } 50^\circ \dots$
Alpes intermédiaires
 $\alpha = 50 \text{ à } 90^\circ \dots$
Alpes internes sèches



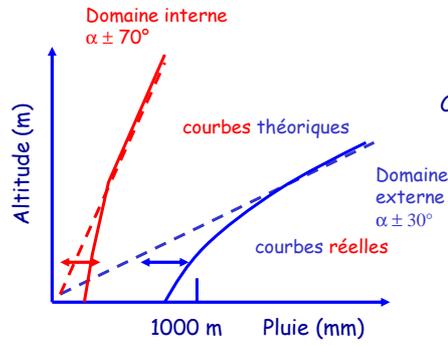
Angle de continentalité de Gams



Angle de continentalité de Gams modifié par Michalet (1991)

... correction de l'indice pour des altitudes inférieures à 900 m

Angle de continentalité de Gams

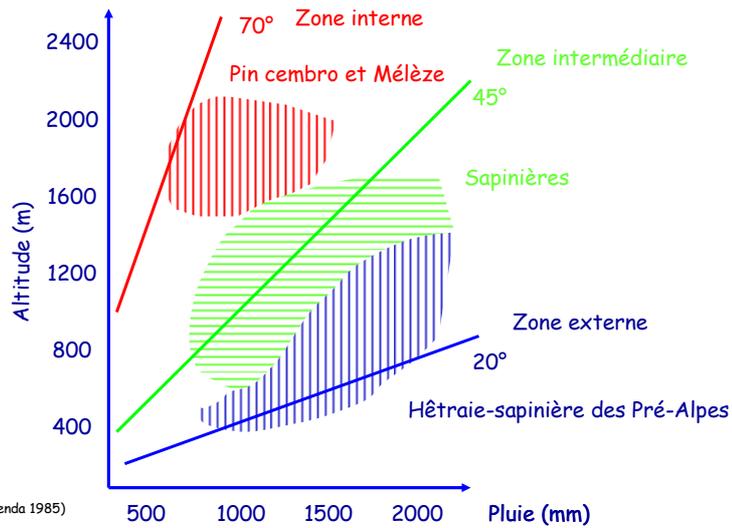


$$\text{Cot}(\alpha) = \frac{P - \left(\frac{900 - A}{100} \times \frac{P}{10} \right)}{A}$$



Angle de continentalité de Gams ... Répartition des essences dans les Alpes

Angle de continentalité de Gams



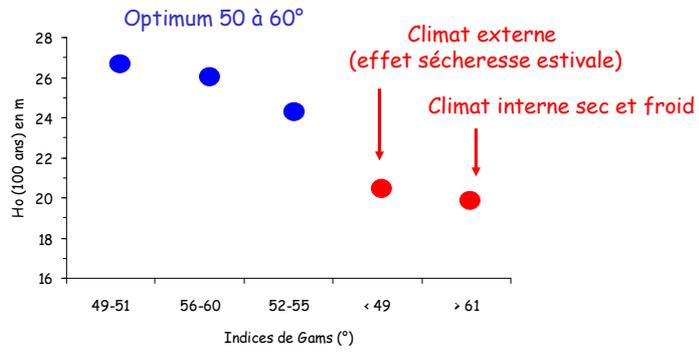
(Ozenda 1985)



Angle de continentalité de Gams

... Croissance en hauteur du sapin et indices de continentalité (région PACA) (Nouals 1999)

Angle de continentalité de Gams



A suivre...

