

CHAPITRE I : ELEMENTS DE CLIMATOLOGIE

I. Eléments de caractérisation d'un climat

1.1. Les indices climatiques

Il s'agit de rapports chiffrés servant à caractériser un climat. Certains de ces indices sont utiles pour le forestier car corrélés avec la distribution de certaines essences forestières. Nous verrons ici les principaux indices utilisés en France.

1.1.1. L'indice d'aridité de E. de Martonne¹

Cet indice (annuel ou mensuel) se calcule de la façon suivante :

Indice annuel : $I = P / (T+10)$

Indice mensuel : $I = 12 \times P / (T+10)$

Avec P = précipitations totales annuelles (mensuelles si indice calculé mensuellement), T = température moyenne annuelle (ou mensuelle)

Afin de caractériser le climat général d'une région du monde, on utilise les valeurs suivantes (afin d'établir ces seuils, E. de Martonne a effectué un travail d'étude de corrélation entre la valeur de cet indice et le type de végétation observé)

Valeur de I	Type de climat	Type de végétation potentielle	Exemple
0 à 5	Hyper aride	Désert absolu	Vallée de la mort aux USA
5 à 10	Aride	Désert	Désert du Sahara, Désert de l'Arizona (USA)
10 à 20	Semi-aride	Steppe	Sahel, Kalahari
20 à 30	Semi-humide	Prairie naturelle, forêt	Région parisienne, Orléans, Région de Marseille
30 à 40	Humide	Forêt	Région Lille
40 à 55	Humide	Forêt	Rouen, Dieppe, Alençon

¹ géographe français de l'école classique (1873-1955)

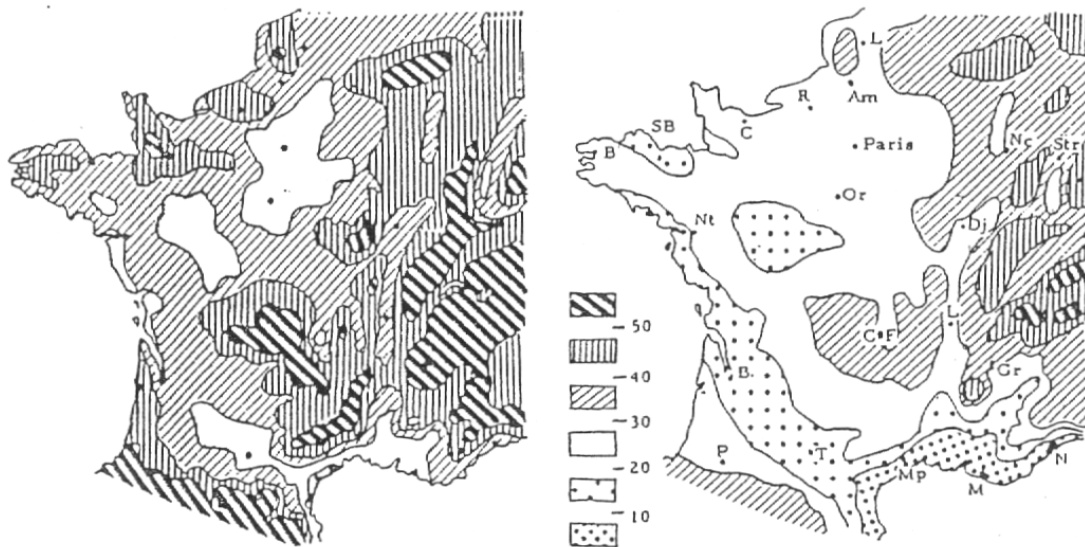


Figure 1: Carte de l'indice d'aridité de E. de Martonne : à gauche carte de l'indice annuel, à droite carte de l'indice en juillet

En superposant l'aire de répartition de certaines essences et la carte de l'indice d'aridité, on observe une corrélation entre celles-ci.

Ainsi, on a pu avancer les chiffres suivants pour définir les valeurs optimales pour que certaines essences exigeantes en humidité atmosphérique puissent prospérer :

Essence	Valeur optimale de I	tolérance
<i>Fagus sylvatica</i>	>40 (et P>750 mm)	35-40
<i>Abies alba</i>	>50 (et P >1000 mm)	45-50

En zone de tolérance, l'essence perd de sa vigueur dans les régénérations naturelles, ou devient plus sensible aux maladies et aux sécheresses/chaleurs estivales (chaudron du sapin pectiné, dépérissement chez le hêtre,...).

1.1.2. Le quotient pluviothermique d'Emberger

L'amplitude thermique étant un facteur important de la répartition de la végétation, Emberger a proposé l'indice suivant pour les climats de la région méditerranéenne :

$$Q = P / [(M+m) (M-m)]$$

Avec M= moyenne des maxima du mois le plus chaud ; m = moyenne des minima du mois le plus froid ; P= précipitations totales annuelles

L'interprétation du quotient se fait à l'aide du diagramme de Sauvage :

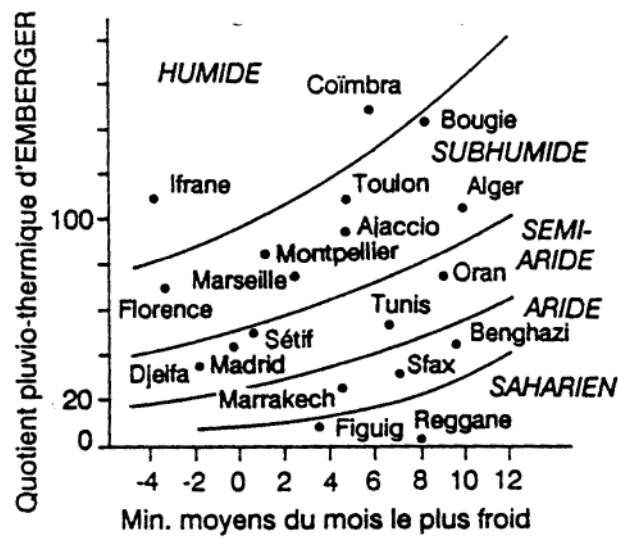


Figure 2 : Diagramme de Sauvage

Pour la France entière, la carte du quotient d'Emberger serait celle ci :

Quotient pluiothermique d'Emberger (1932)

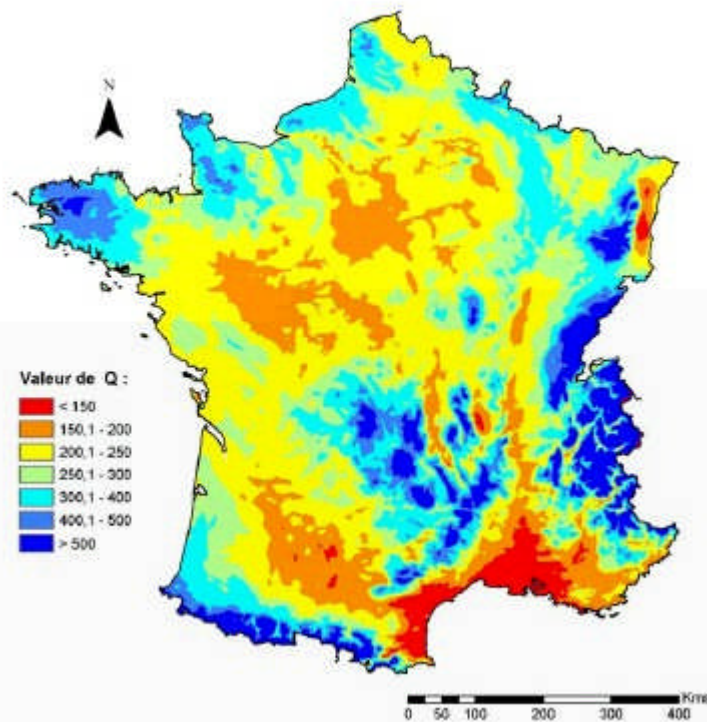


Figure 3 : Carte des valeurs du quotient d'Emberger (Lebourgeois et Piedallu, 2005)

1.1.3. L'indice de Paterson

Cet indice se calcule comme suit :

$$I = (T_v \times P \times G \times E) / (T_a \times 12 \times 100)$$

T_v : Température moyenne mensuelle du mois le plus chaud de l'année (en degrés)

T_a : Ecart en degrés séparant les températures moyennes mensuelles du mois le plus chaud d'une part et le plus froid d'autre part

G : longueur en mois de la saison de végétation

E : Facteur de réduction pour ETP (sa valeur est fonction de la latitude du lieu étudié)

Le climat est très propice pour le hêtre si I est > à 400

Cet indice traduit notamment des conditions favorables pour le hêtre

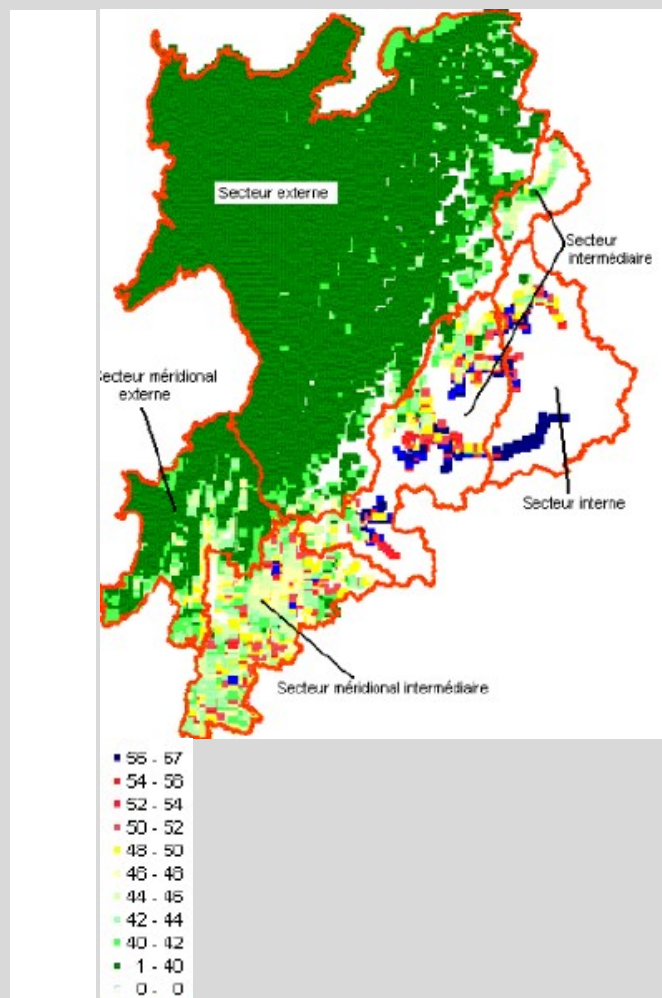
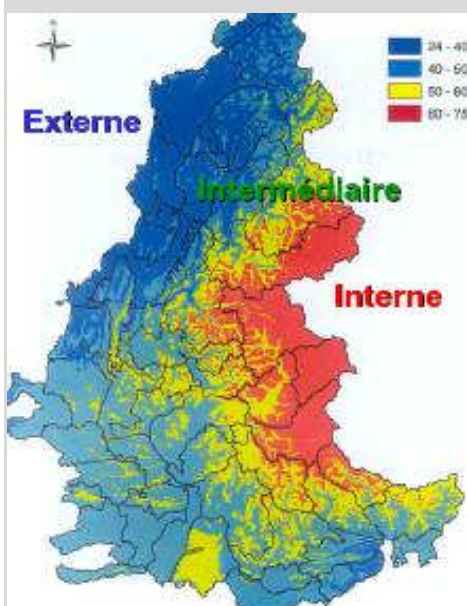
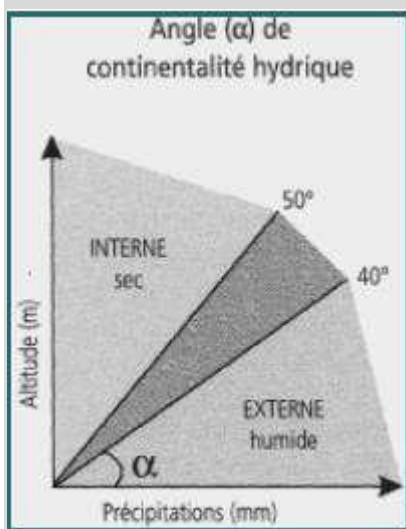
1.1.4. Indice de continentalité hydrique de Gams

Cet indice se calcule comme suit :

$$\cos(\alpha) = \frac{P \times \left[\frac{900 - Alt}{100} \times \frac{P}{10} \right]}{Alt}$$

avec P = Précipitations annuelles et Alt = altitude

Cet indice a par exemple été utilisé afin de définir les secteurs climatiques des alpes du Nord : les données climatiques fournies par Météofrance, ont permis de dresser une carte



Dans le cadre géographique du référentiel écologique des Alpes du nord, la disposition des massifs et les caractéristiques météorologiques conduisent finalement à proposer cinq secteurs climatiques :

- le secteur interne
- le secteur intermédiaire
- le secteur externe
- le secteur méridional externe
- le secteur méridional intermédiaire

Cette sectorialisation est utilisée dans le cadre de l'élaboration des catalogues de stations relatifs aux Alpes.

On distingue notamment la zone externe soumise à une forte humidité atmosphérique et la zone interne soumise au contraire à une sécheresse atmosphérique relative. Ces deux situations ont des conséquences sur la répartition de la végétation et sur les règles de sylviculture préconisées.

Exemple extrait de : « Rencontres “ Typologie des stations forestières : blocages et avancées ” - 21-22 novembre 2006 Paris » (IFN Rhone-Alpes)

1.2. Définition d'un mois sec

D'après BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois sec est un mois où les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne mensuelle ($P < 2T$).

On peut aussi définir les mois à tendance sèche (WALTER, 1955) comme étant ceux dont les précipitations sont comprises entre deux fois et trois fois la température moyenne mensuelle.

1.3. Représentation graphique d'un climat : l'exemple du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Un diagramme ombrothermique est un type particulier de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations selon des gradations standardisées : une gradation de l'échelle des précipitations correspond à deux gradations de l'échelle des températures ($P = 2T$).

Il a été développé par Henri Gaussen et F. Bagnouls, botanistes célèbres, pour mettre en évidence les périodes de sécheresses définies par une courbe des précipitations (ici histogramme bleu) se situant en dessous de la courbe des températures (ici courbe rouge). Ces diagrammes permettent de comparer facilement les climats de différents endroits (principalement en climats méditerranéens ou tempérés) d'un coup d'œil du point de vue pluviosité. Les températures sont indiquées à gauche et les précipitations sont indiquées à droite.

Pour affiner la caractérisation du climat, on peut utiliser une représentation comportant 3 courbes : la courbe des précipitations, la courbe $P=2T$ et une courbe $P=3T$. Ce type de représentation permet de mettre en évidence les périodes sèches (1) et les périodes à tendances sèches (2).

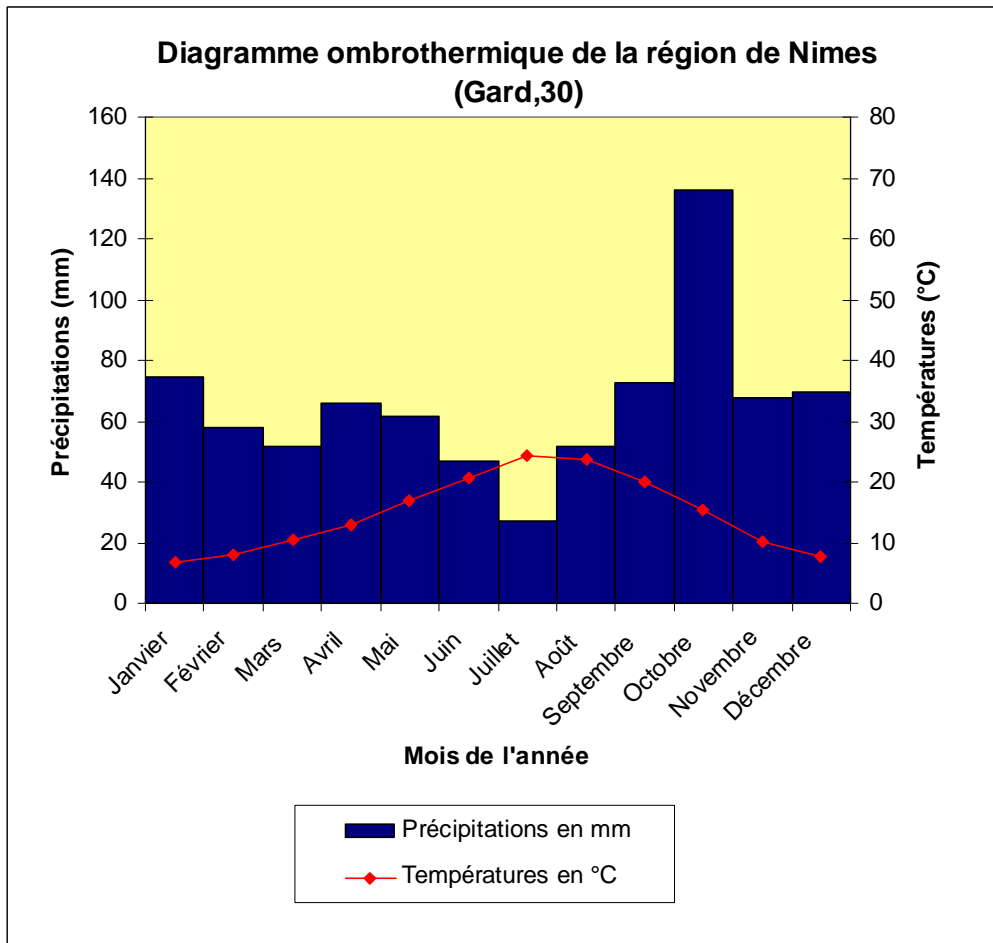


Figure 4 : Diagramme ombrothermique pour la région de Nîmes (période d'observation : 1971-2000) – Données Météofrance.

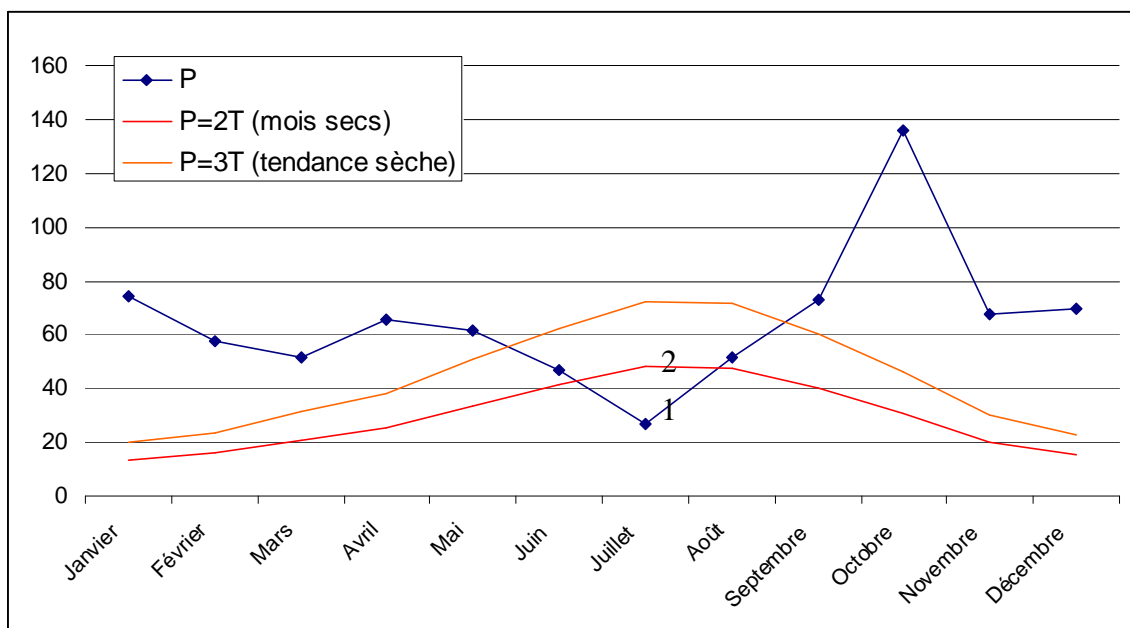


Figure 5 : Représentation du climat pour la région de Nîmes (période d'observation : 1971-2000) – Données Météofrance : courbes des précipitations (P), courbe P=2T et courbe P=3T

1.4. Diagramme des vents

Il existe différents diagrammes possibles pour indiquer la direction et la force moyenne du vent en un endroit. On peut les tracer pour la moyenne annuelle, mensuelle ou saisonnière. En général ce qui changera entre ces trois types est la fréquence des intensités car la direction est fortement influencée par la topographie du lieu. Cependant, si l'on se trouve dans un endroit sans direction privilégiée, les diagrammes mensuels montreront une variation de direction de la provenance des systèmes météorologiques.

À droite, on peut voir un diagramme radial qui utilise une rose des vents. La fréquence pour chaque intensité de vent dans une direction donnée est indiquée par la longueur du secteur et la vitesse en tons de gris. Ce type de diagramme est celui le plus souvent utilisé car il est très facile de voir les directions privilégiées et de faire des comparaisons avec la situation géographique de l'endroit. Dans cet exemple, il est facile de déduire que les vents dominant du sud-ouest et du nord-est sont probablement dus au fait que la station se trouve dans une vallée ayant cette orientation et qui canalise le flux d'air.

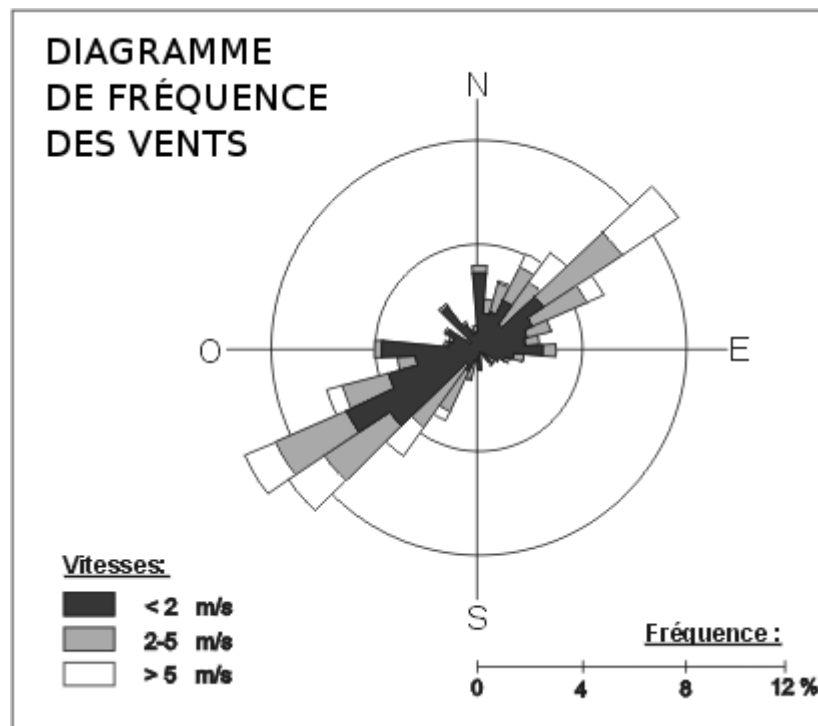


Figure 6 : Exemple de rose des vents (tiré de wikipedia)

II. Les facteurs géographiques du climat

Les facteurs géographiques déterminant le climat sont :

- *La latitude*
- *Les effets régulateurs des océans*
- *La continentalité*
- *L'altitude*
- *Le relief (exposition)*

2.1. Les effets de la latitude

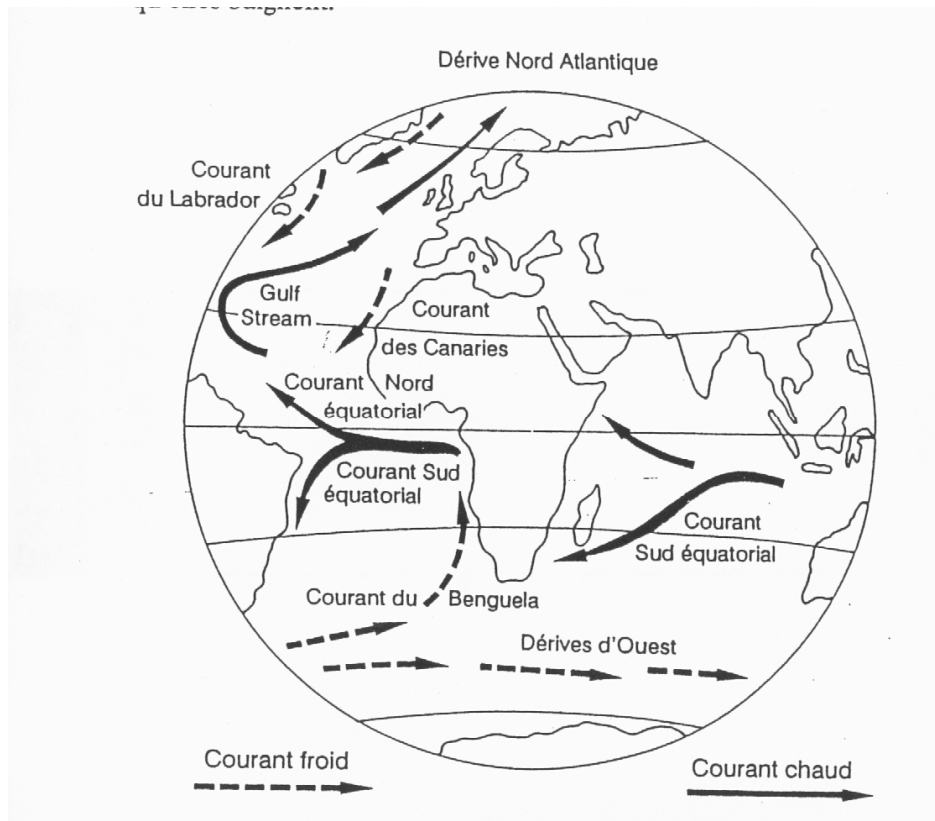
La latitude a un effet sur la quantité d'énergie reçue en un lieu du globe donné. C'est ainsi que les régions polaires reçoivent annuellement en moyenne $0,1 \text{ KW} / \text{m}^2$, les latitudes moyennes (30 à 60° de latitude) $0,5 \text{ KW}/\text{m}^2$ et les régions intertropicales $1 \text{ KW} / \text{m}^2$.

À l'échelle du globe, la pluviométrie annuelle moyenne varie également avec la latitude, toutes longitudes confondues, le maximum se situant entre 0° et 10° de latitude nord

2.2. Les effets régulateurs des océans

Les masses d'eau océaniques ont tendance à accumuler de la chaleur. Elles constituent alors un volant thermique qui atténue les variations de la température des régions terrestres côtières.

D'autre part, ces masses d'eau sont mobiles. Comme les masses d'air, elles sont soumises aux effets de la rotation terrestre et des différences de densité entre les eaux chaudes intertropicales et les eaux froides polaires. Il en résulte la formation d'un certain nombre de courants. Les courants chauds comme le Gulf Stream remontent le long des côtes d'Europe, procurant à la France et d'autres pays européens, un climat relativement doux eu égard aux latitudes où ces pays se situent.



2.3. Les effets de la continentalité

L'éloignement d'une localité des masses océaniques a pour effets principaux sur son climat :

Au niveau des précipitations :

Une diminution de la pluviométrie (lors de leur progression sur le continent, les nuages perdent leur humidité et s'éloignent de leur source d'approvisionnement) ;

Au niveau des températures :

Au voisinage de la mer ou des océans, les nuages atténuent les variations diurnes de la température et réduisent le refroidissement nocturne. De plus, la brise de mer brasse l'air et homogénéise les températures.

Les climats continentaux présentent des variations diurnes et annuelles plus accentuées que les climats océaniques.

2.4. Les effets du relief et de l'altitude

L'altitude influence les températures et les précipitations :

La **température moyenne annuelle diminue en moyenne de 0,5 à 0,6° pour 100 m d'altitude**. L'amplitude thermique journalière et saisonnière diminue aussi avec l'altitude.

Les précipitations augmentent avec l'altitude sur le versant exposé aux vents chargés d'humidité (souvent Ouest en France), ceci **de l'ordre de 50 à 200 mm par 100 m d'altitude**. Toutefois, dans beaucoup de cas, les précipitations augmentent jusqu'à un niveau d'altitude appelé optimum pluviométrique, puis diminuent à nouveau aux altitudes supérieures. Dans les Alpes, l'optimum pluviométrique varie entre 2200 et 3500 m et se place en général vers 300 à 500 m en dessous des sommets les plus élevés.

Effets du relief :

Dans le cas d'une barrière continue de collines assez hautes ou de montagnes, le massif engendre un phénomène d'« ombre pluviométrique ». Les versants sous le vent sont moins arrosés que les versants au vent. C'est le cas par exemple de la plaine d'Alsace à Colmar, à l'abri des Hautes Vosges.

Le relief peut agir aussi de plusieurs autres façons :

- Par sa rugosité, il intervient essentiellement sur la vitesse et la direction des vents, en exerçant un freinage et une déviation. C'est le cas par exemple d'un massif montagneux comme les Pyrénées qui oblige les vents d'Ouest à le contourner par le Nord, créant ainsi la **Tramontane** (vent provenant du Nord Ouest qui souffle dans le Languedoc-Roussillon). De même, le massif Central détourne les vents d'Ouest vers le nord et les rabats ensuite vers le sud en donnant un vent du Nord : **le mistral**.
- Par la disposition des massifs, qui donnent aux versants une exposition différente, qui joue sur la réception du rayonnement solaire et des précipitations, en créant des zones d'ombre ou des zones protégées. C'est ainsi que **les versants Nord (UBAC)** sont plus froids par manque d'ensoleillement. **Les versants sud (ADRET)** sont plus chauds car mieux exposés.
- En créant des effets de Foehn : lorsque le vent d'ouest rencontre une montagne plus ou moins perpendiculairement (exemple : les Vosges), il suit le relief et s'élève. En s'élevant la température diminue, l'air se sature en humidité, ce qui provoque les précipitations du côté exposé au vent. Lorsque l'air redescend sur l'autre versant, il est devenu plus sec et il se réchauffe, produisant un vent desséchant sur les plaines situées en contrebas (plaine d'Alsace dans la région de Colmar par exemple).

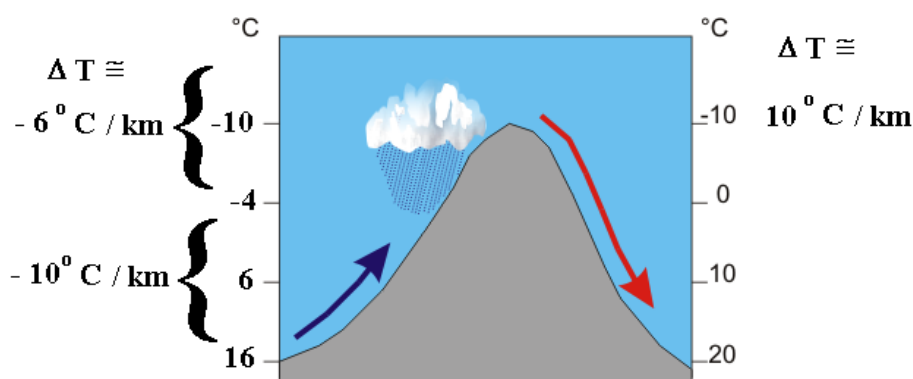


Figure 7 : Effet de FOEHN (tiré de wikipedia)

III. Les principaux types de climat en France et en Europe (UE)

En France, on distingue classiquement les principaux types de climats suivants :

- **Climat océanique (avec deux sous types : un premier à été frais et humide, l'autre à été chaud et à tendance sèche)**
- **Climat océanique dégradé**
- **Climat à tendance continentale**
- **Climat de montagne**
- **Climat méditerranéen**

Il n'y a pas de vrai climat continental en France

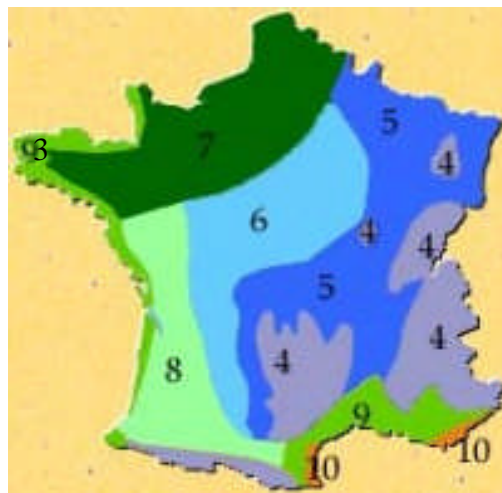


Figure 8: Carte des grands types de climats en France

4 : climat de montagne ; 5 climat semi-continentale ; 6 climat océanique dégradé ; 7 : climat océanique à été frais ; 8 climat océanique dégradé – Plaines du Sud Ouest ; 9+10 climat méditerranéen ; 3 : climat littoral

Dans les paragraphes qui suivent, nous allons caractériser les principaux types de climats.

3.1. Climat océanique

En France, les régions concernées sont celle de la façade Ouest.

Les caractéristiques du climat océanique sont, au niveau de la température :

- faible amplitude thermique saisonnière : la température moyenne annuelle est de l'ordre de 10 à 11 °C, variant entre 4 à 5 ° en hiver et 15-17 °C en été. L'amplitude est donc de 10 à 15 °C .
- L'océanisation du climat a pour conséquence un décalage de la courbe thermique annuelle par rapport à celle du rayonnement. Ainsi on remarque que les températures s'élèvent plus lentement au début de printemps, qu'en climat continental. En revanche, le début d'automne sera plus doux en climat océanique.
- Nombre de jours de gelées peu important à proximité des côtes : 17 jours à Brest (18 à Cannes)

Afin de bien comprendre les caractéristiques d'un climat océanique par rapport à un climat continental expliquées ci dessus, nous faisons figurer ci dessous une comparaison des courbes de température, entre d'une part une station représentative d'un climat océanique (Rouen) et celle d'un climat continental (Des Moines, USA).

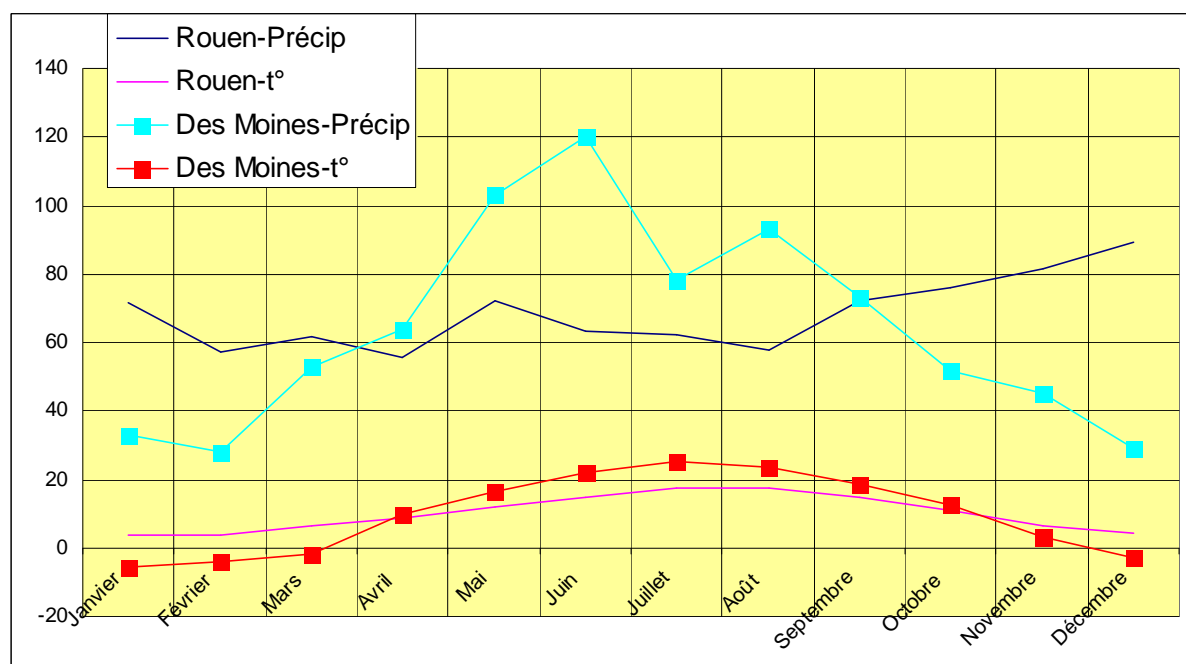


Figure 9 : Comparaison des données climatiques d'une station en climat océanique (Rouen) et d'une station en climat continental (Des Moines, USA) : Données MétéoFrance pour Rouen (1971-2000)

Sur le plan des précipitations :

Les hauteurs de pluie sont importantes : 1129 mm à Brest, 800 mm à Nantes, 900 mm à Rouen, 676 mm à Rennes et leur répartition est assez régulière tout au long de l'année, même si l'on remarque un maximum en automne. Si les quantités de pluie qui tombent sur la Bretagne et sur l'Aquitaine sont équivalentes sur l'année, leur répartition n'est pas la même. En effet, plus on se dirige vers le sud, et plus le nombre de jours de pluie diminue

Les côtes les plus arrosées (Pays basque, Bretagne, Normandie) sont situées au pied de massifs de collines ou de montagnes, tandis que des côtes plates et loin de tout massif (Nord, Charentes, Vendée) sont plus sèches.

Le nombre de jours de bouillard est élevé : 40 à 45.

L'ensoleillement annuel des côtes de la Vendée, voisin de 2200 h, est bien supérieur à celui des régions du Nord qui ne totalisent que 1600 à 1800 h.

Par comparaison avec l'ETP (Evapotranspiration potentielle), il n'y pas de déficit hydrique sur l'année entière (ETP voisine de 700 mm) , par contre le déficit est saisonnier (été)

En France, on distingue deux types de climats océaniques :

- un climat océanique humide, à été frais (Bretagne, Normandie)

- un climat océanique doux, à été à tendance sèche (Vendée, Landes)

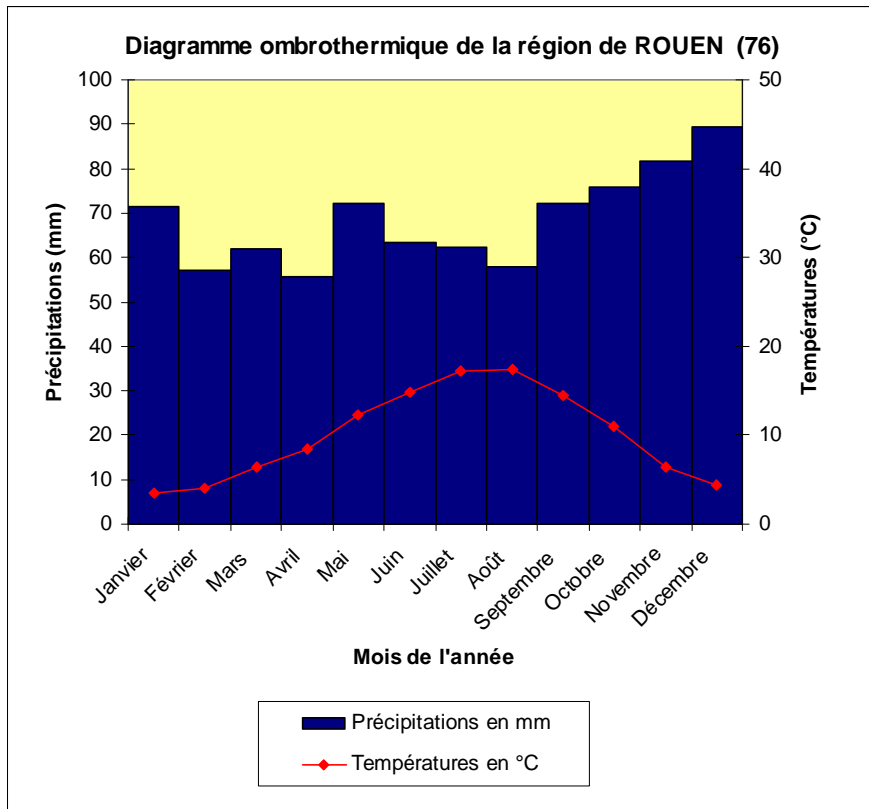


Figure 10 : Diagramme ombrothermique pour la région de Rouen (période d'observation : 1971-2000) – Données Météofrance.

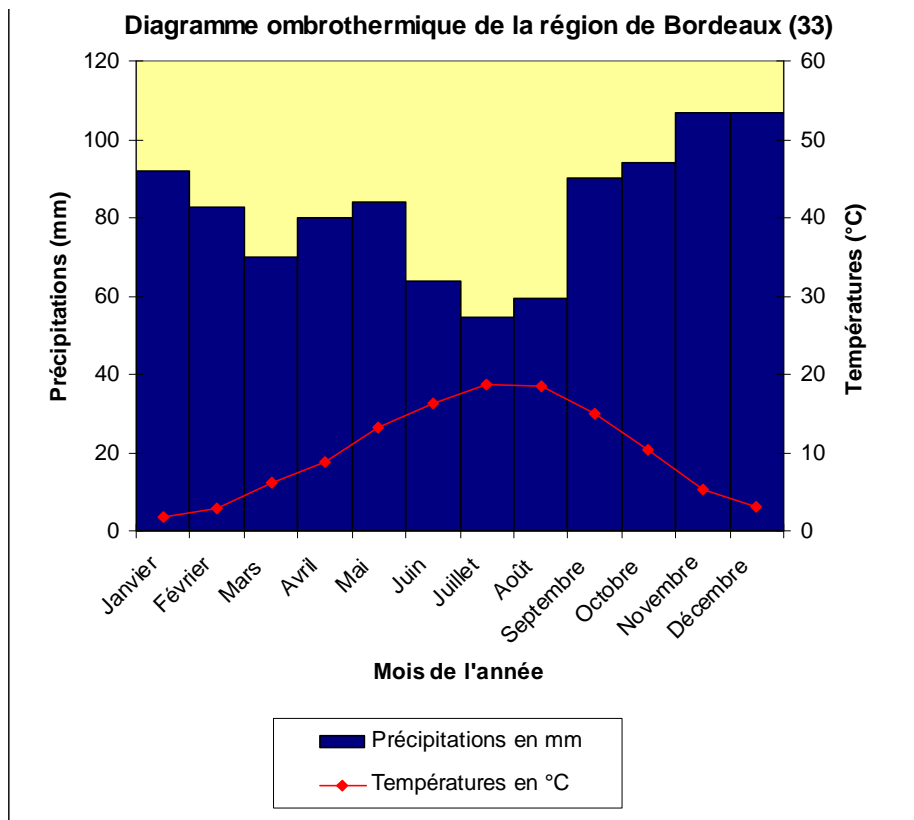


Figure 11 : Diagramme ombrothermique pour la région de Bordeaux (période d'observation : 1971-2000) – Données Météofrance.

3.2. Climat continental

Il n'y a pas de climat purement continental en France. Par contre celui-ci peut être observé en Sibérie, Centre des USA, Europe Centrale,...

En comparaison avec le climat océanique, les hivers deviennent plus froids et les été plus chauds ; l'amplitude des températures entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid peut souvent dépasser 20°C.

Les précipitations d'hiver diminuent, tandis que celle de la fin du printemps et de l'été augmentent (orages surtout). La part des précipitations neigeuses augmente.

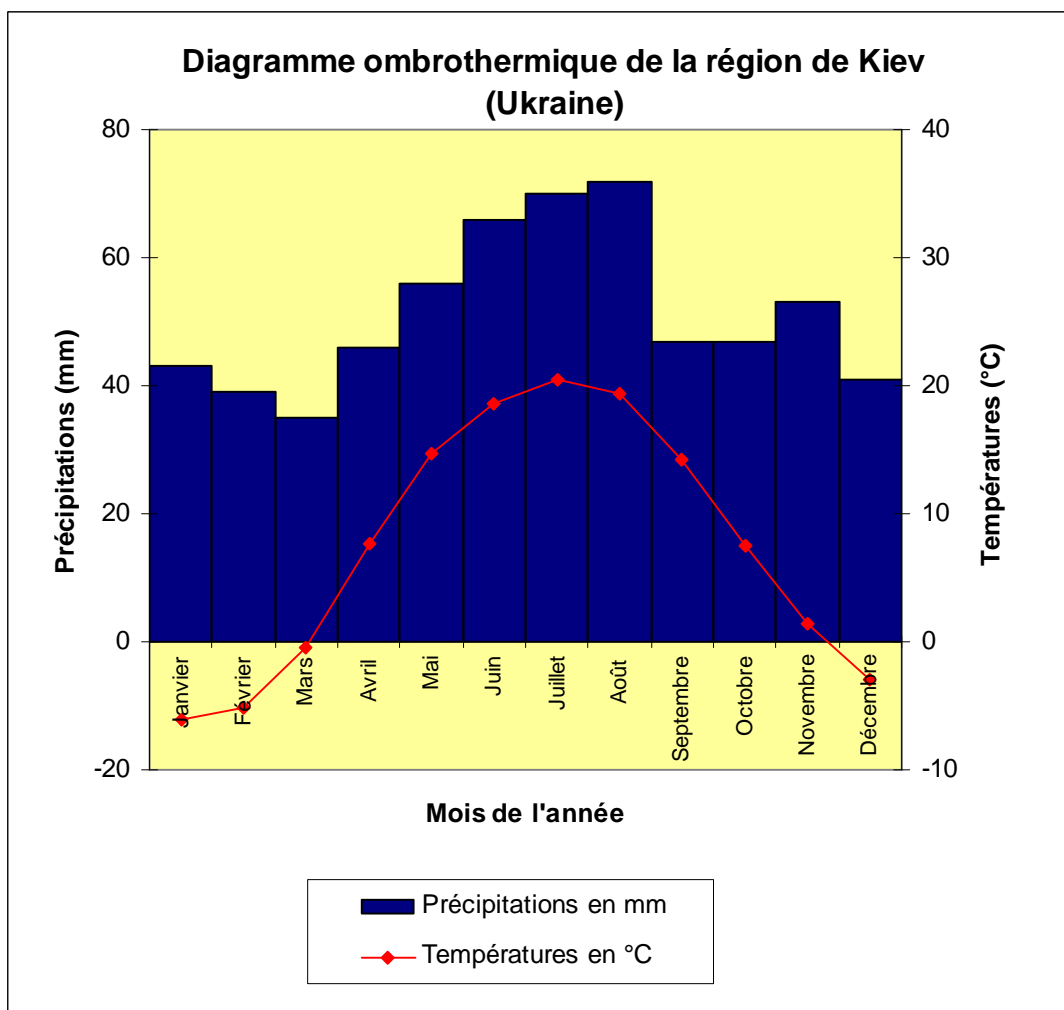


Figure 12 : Diagramme ombrothermique pour la région de Kiev

3.3. Climat océanique dégradé

3.3.1 Bassin Parisien

Il concerne des régions situées plus à l'intérieur. Cette vaste région possède une unité climatique et météorologique remarquable, car le climat change très peu sur des centaines de kilomètres. Le centre, le Bassin parisien en sont les bons exemples. **L'influence océanique reste prépondérante, mais elle souffre de l'éloignement du littoral.** Plus on s'avance dans l'intérieur du pays et moins l'influence de l'océan se fait sentir. La température des mois d'hiver oscille entre 2 ° et 5 °C (**plus froids qu'en climat océanique**). Celle des mois les plus chauds, de 17 ° à 20°C (**un peu plus chaud qu'en climat océanique**). Le nombre de jours de gelées est d'environ 50 en Île- de- France, 30 dans la ville de Paris. Il est plus élevé qu'en Bretagne ou Normandie. Il atteint 80 jours dans le Nord. Le nombre de jours de grand froid (températures inférieure à -10 °C) est inférieur à 1 jour dans l'Anjou. Il est d'environ 3 en région parisienne, 4 dans les villes du Nord.

Les passages pluvieux ne s'attardent pas trop en plaine. Ils donnent en général des quantités d'eau assez faibles. Le Bassin parisien est l'une des régions de France qui reçoit le moins de pluie. **Les précipitations sont fréquentes (au moins 120 jours par an) et uniformément réparties sur toute l'année, mais l'été tend à devenir la saison la plus arrosée quand on va vers l'est.** Les plaines les plus basses (vallée de la Loire, bassin parisien) sont peu arrosées (500 à 700 mm par an) tandis que les collines peuvent être nettement plus humides (plus de 1000 mm). Les hauteurs que l'on recueille dans le bassin Parisien, environ 600-700 mm, sont comparable à celles du Midi méditerranéen, mais la répartition de ces pluies tout au long de l'année n'est pas du tout la même. Les pluies les plus abondantes se produisent en fin d'automne.

Les vents dominants viennent du sud-ouest ou de l'ouest.

L'ensoleillement est compris entre 1600 et 1900 heures par an, du nord vers le sud.

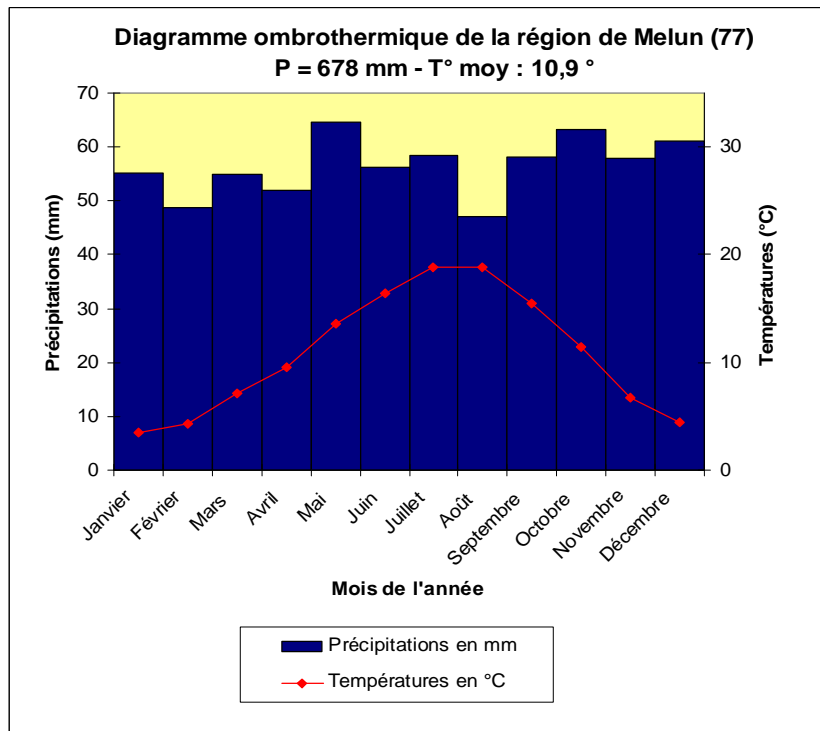


Figure 13 : Diagramme ombrothermique pour la région de Melun (période d'observation : 1971-2000) – Données Météofrance.

3.3.2. La plaine du Sud-Ouest

Le climat du Sud-Ouest est, comme celui du Nord et du centre, un climat océanique dégradé, mais plus chaud car plus au sud. Les hivers sont frais (4 à 7 °C), et les étés sont chauds (19 à 22 °C) et orageux. En automne et en hiver, le vent de sud à sud-ouest peut amener un temps sec et exceptionnellement chaud pour la saison, à cause de l'effet de foehn dû au franchissement des Pyrénées par une masse d'air doux en provenance d'Espagne.

Les précipitations sont régulières toute l'année, avec un petit minimum estival y compris quand on va vers l'est. On note aussi un maximum de printemps, en particulier au pied des Pyrénées, du côté de la façade Atlantique.

L'ensoleillement moyen est d'environ 1950 heures par an. Il diminue quand on s'approche des Pyrénées Atlantiques et augmente en allant vers les Charentes au nord-ouest et vers la Méditerranée au sud-est.

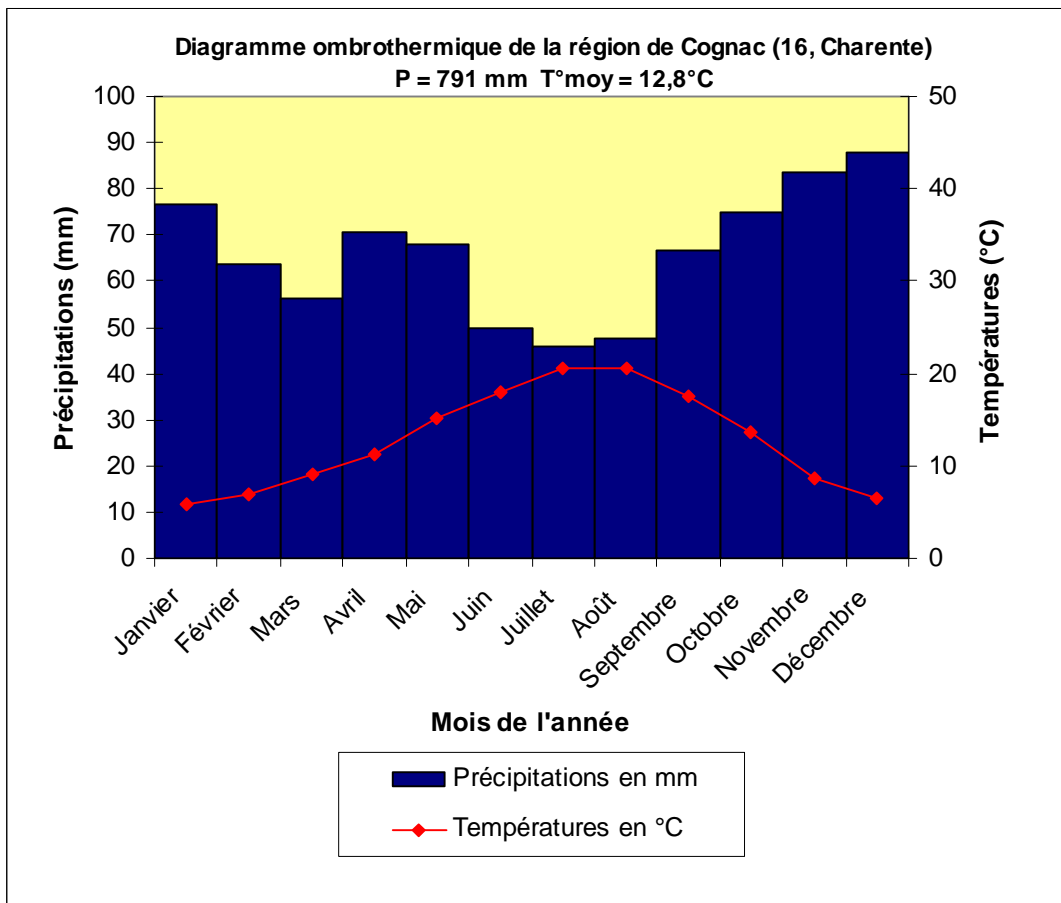


Figure 15 : Diagramme ombrothermique pour la région de Cognac (période d'observation : 1971-2000) – Données Météofrance.

3.4. Climat semi-continentale

Ce type de climat est intermédiaire entre le climat océanique et le climat continental, mais avec des influences continentales plus marquées que le climat océanique dégradé vu précédemment.

Il concerne essentiellement l'Alsace, la Franche-Comté, la Lorraine et, en partie le Massif Central. Son influence se prolonge le long de la vallée de la Saône. Les hivers sont froids et longs. **Les étés sont chauds et orageux.** L'amplitude des températures durant l'année est considérable: elle atteint au moins une cinquantaine de degrés. Le nombre moyen de jours de gelées varie entre 80 et 100. La température descend en de dessous de -5°C durant 20 à 30 jours par an, La température descend en de dessous de -10°C pendant 6 à 10 jours. Les températures les plus basses ont été observées pendant l'hiver 1879. Des minimums de -30°C ont été relevés à Nancy, -33°C sur le plateau de Langres, -40°C à Mouthe dans le département du Doubs.

Les pluies fournissent des hauteurs d'eau annuelles voisines de 700 à 750 mm. Elles sont réparties sur un peu plus de 150 jours. En plaine, le nombre de jours de neige varie de 20 à 30. Les vents dominants viennent du sud-ouest.

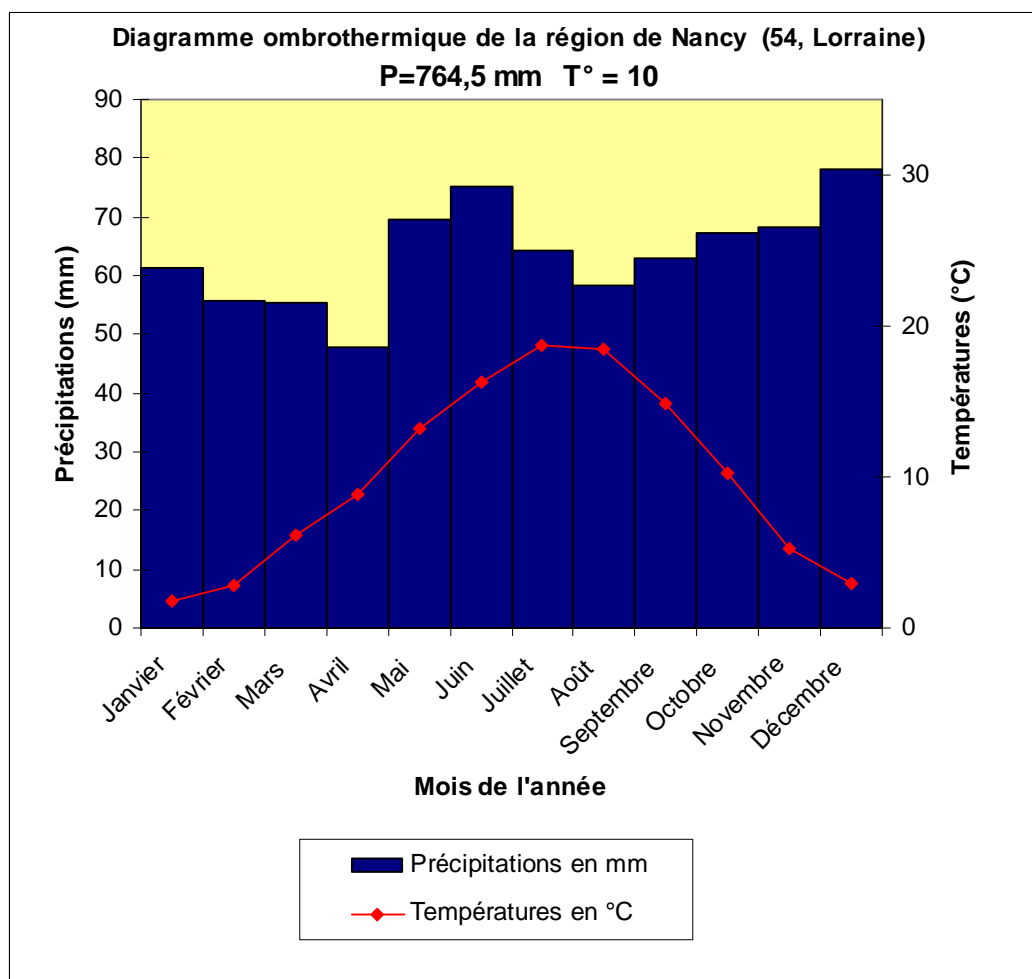


Figure 16 : Diagramme ombrothermique pour la région de Nancy (période d'observation : 1971-2000) – Données Météofrance.

3.5. Climat de Montagne

Les massifs montagneux français sont soumis à un climat montagnard, qui peut être très différent selon le massif et l'altitude. **Avec l'altitude, la température moyenne annuelle diminue (0,5 à 0,6°C par 100 m d'altitude) et pour les versants exposés aux vents pluvieux, les précipitations augmentent (2000mm à 1000 m d'altitude ; 3000 mm à 2000 m) jusqu'à l'optimum pluviométrique pour rediminuer ensuite.** Dans les petits massifs et les contreforts externes des grands massifs, le climat montagnard correspond au climat de la plaine voisine modifié par l'altitude. Là où la température moyenne hivernale est inférieure à 0 °C (au-dessus de 600 m dans les Vosges, 700 m dans le Jura, 900 m dans le Massif Central, de 600 à 900 m dans les Alpes du Nord, de 900 à 1300 m dans les Alpes du Sud et les Pyrénées), la neige tombe régulièrement et tient en hiver.

Les températures les plus basses ne sont pas enregistrées sur les plus hauts sommets mais plutôt sur les plateaux d'altitude protégés du vent par des rebords plus élevés, l'altitude favorise le refroidissement par rayonnement et les contours montagneux empêchent l'apport d'air extérieur plus doux par le vent. C'est dans cette configuration qu'a été enregistré le record de froid français, d'environ -41 °C dans le Jura à 1 000 m d'altitude seulement (Mouthe).

Outre la baisse des températures en altitude, la montagne présente bien des particularités:

La diminution de la température avec l'altitude n'est pas uniforme selon la saison, elle est plus marquée au printemps et en été qu'en automne et en hiver ce qui fait que l'amplitude annuelle tend à être plus faible en altitude que dans les plaines environnantes.

Le rythme de l'ensoleillement est différent, en hiver par temps anticyclonique, les massifs surplombent généralement la couche d'inversion, ils sont alors ensoleillés et relativement doux tandis que la plaine reste dans le froid et la grisaille. En été, les cumulus sont plus nombreux près des sommets, les massifs connaissent un temps nuageux avec parfois des orages en fin d'après-midi alors que le temps reste bien ensoleillé en plaine. La montagne tend à être plus ensoleillée que la plaine en hiver, en été c'est l'inverse.

L'effet de foehn se produit lorsqu'un vent pluvieux franchit une crête ou un massif, après avoir libéré son humidité sur le côté "au vent", l'air se réchauffe et s'assèche rapidement en redescendant le versant sous le vent si bien qu'il est beaucoup plus chaud et sec qu'auparavant en retrouvant son altitude d'origine. Ce vent amène des élévations de température spectaculaires. Il souffle sur les piémonts et dans les vallées ou bassins à l'intérieur des massifs.

C'est en montagne que la notion de topoclimat prend toute son importance : la différence d'exposition au soleil entre un adret et un ubac crée des variations d'ensoleillement de température importantes sur quelques centaines de mètres. Le vent peut être fortement accéléré lorsque sa direction est parallèle à une vallée, alors qu'une crête perpendiculaire au vent protège complètement la zone sous le vent. **Sur quelques kilomètres, à altitude égale, le climat peut donc varier sensiblement selon l'exposition et aussi selon l'orientation des massifs ou des vallées par rapport aux vents dominants.**

A basse altitude, dans les grandes vallées à l'intérieur des massifs comme le Sillon Alpin et dans les plaines d'effondrement, comme l'Alsace, la Limagne ou le Forez, on ne retrouve pas

tout à fait le climat de la plaine, **il faut plutôt parler de climat d'abri**, avec une continentalité plus marquée. Les hivers sont plus froids, avec des inversions de température et très peu arrosés par endroits, tandis que les étés sont plus chauds qu'à l'extérieur des massifs à altitude égale. Le cumul annuel moyen de précipitations est plus faible que sur les sommets voisins, il chute dans les endroits les mieux abrités à moins de 600 mm. Les vents sont souvent faibles sauf lorsque le flux général est parallèle au sens de la vallée.

Un des effets principaux des montagnes est de séparer les zones climatiques : plus elles sont hautes et plus la masse d'air est arrêtée ou modifiée par leur franchissement ou leur contournement. Les obstacles aux masses d'air océaniques que sont le Massif central, les Alpes et les Pyrénées expliquent en partie pourquoi les régions méditerranéennes et les vallées abritées connaissent un climat si différent du reste de la France.

L'ensoleillement des régions montagneuses, voisin de celui des plaines environnantes, est compris entre 1700 heures (Vosges) et 2600 heures (Pyrénées orientales et Alpes du sud).

3.6. Climat méditerranéen

Le bassin méditerranéen est soumis au climat méditerranéen. Sur le littoral, **les hivers sont un peu plus doux que ceux de la façade ouest (6 à 9 °C). Les étés sont plus chauds et secs (22 à 24 °C) que dans le reste de la France.** Les températures sont plus contrastées dans l'intérieur des terres, avec des hivers plus froids (3 à 6 °C) et des étés très chauds (température maximale moyenne d'environ 30 °C en juillet-août, mais minimales plus fraîches que sur le littoral) et un peu plus orageux. Selon les secteurs, exposés au vent (basse vallée du Rhône) ou protégés (Côte d'Azur), les hivers comportent des épisodes froids plus ou moins fréquents.

Le nombre moyen annuel de jours de gelée, qui est voisin de 2 dans la région de Nice et de 14 dans celle de Perpignan, atteint 35 à Montpellier. En général, on n'observe pas de température minimale inférieure à -10 °C, sauf exceptionnellement, dans l'arrière-pays

L'ensoleillement est très élevé : de 2400 à 2800 heures par an en moyenne. Les régions méditerranéennes sont peu affectées par les perturbations atlantiques, et les nuages bas et les brouillards y sont rares. Les vents dominants sont le Mistral (surtout en Provence) et la Tramontane (surtout en Languedoc). Généralement, ces vents assèchent l'air et dégagent le ciel, leur intensité très variable selon les lieux, dépend beaucoup de l'effet d'abri ou d'accélération dû aux massifs voisins.

Les précipitations sont moins régulières que sous les autres climats de France, d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre. Dans tout le bassin méditerranéen, **il pleut moins de 80 jours par an**, même si les cumuls sont équivalents à ceux d'autres régions françaises. **Les pluies tombent principalement à l'automne et au printemps (mois d'hiver pour l'Afrique du Nord). L'été est sec avec quelques orages surtout dans l'intérieur des terres. De la fin de l'été au début de l'hiver, des épisodes de précipitations très intenses, appelés épisodes cévenols, peuvent survenir, causant des crues soudaines particulièrement dangereuses.** En de pareilles circonstances, le ruissellement est trop abondant pour qu'elles puissent réellement et durablement profiter à la végétation

Sur les côtes de la Méditerranée, depuis les Pyrénées jusqu'à Toulon, ce sont les vents de nord-ouest (tramontane) à nord (mistral) qui soufflent les plus fréquemment, quel que soit le mois de l'année. Au contraire, depuis la région de Nice jusqu'à la frontière Italienne, ce sont des vents d'est qui prédominent. Cela explique la grande différence qui existe entre les deux côtes opposées de la Provence. Celle du golfe du Lion, entre le delta du Rhône et Toulon, est exposée au vent du nord qui descend de la Vallée du Rhône, tandis que la Côte d'Azur est protégée contre ces vent par les Alpes. Le ciel est le plus souvent bien dégagé dans toutes ces régions méditerranéennes

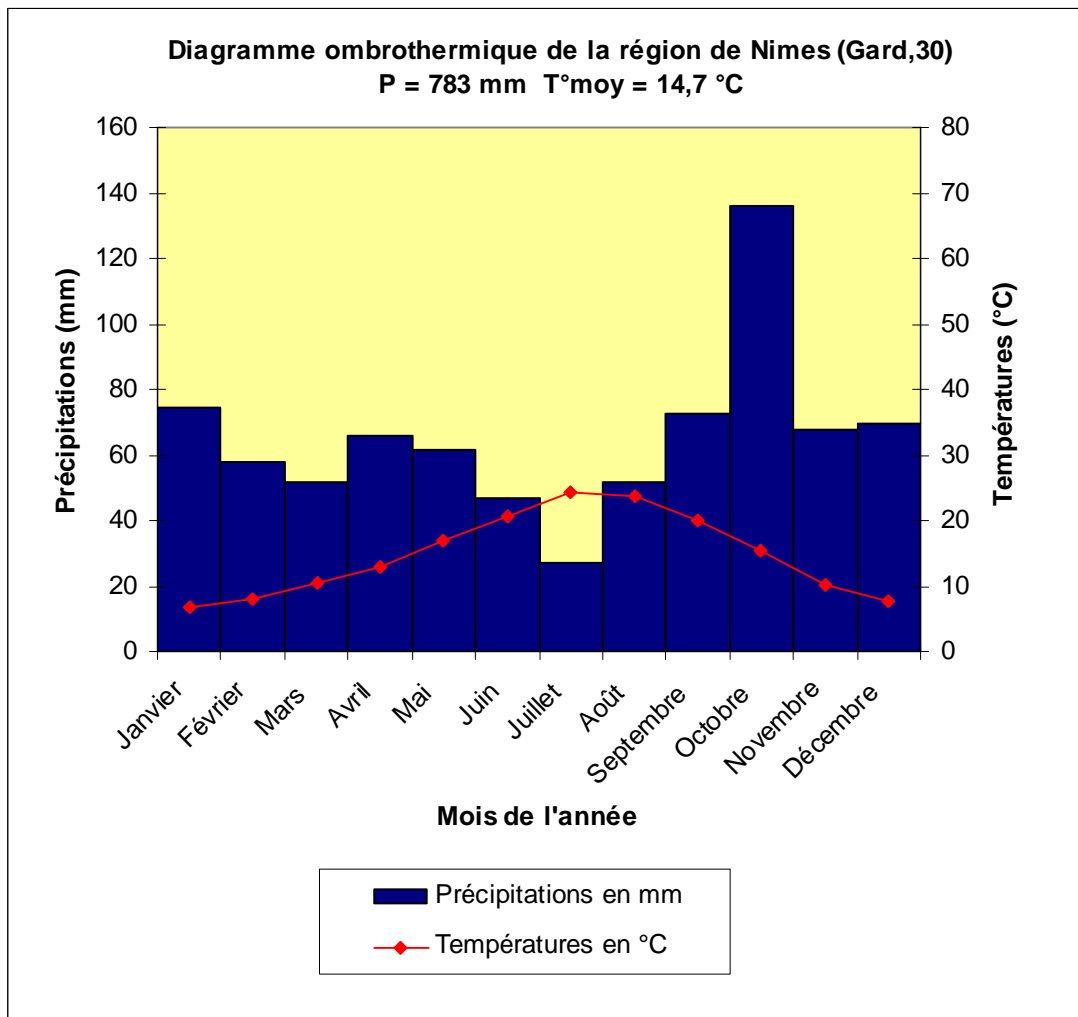


Figure 17 : Diagramme ombrothermique pour la région de Nîmes (période d'observation : 1971-2000) – Données Météofrance.

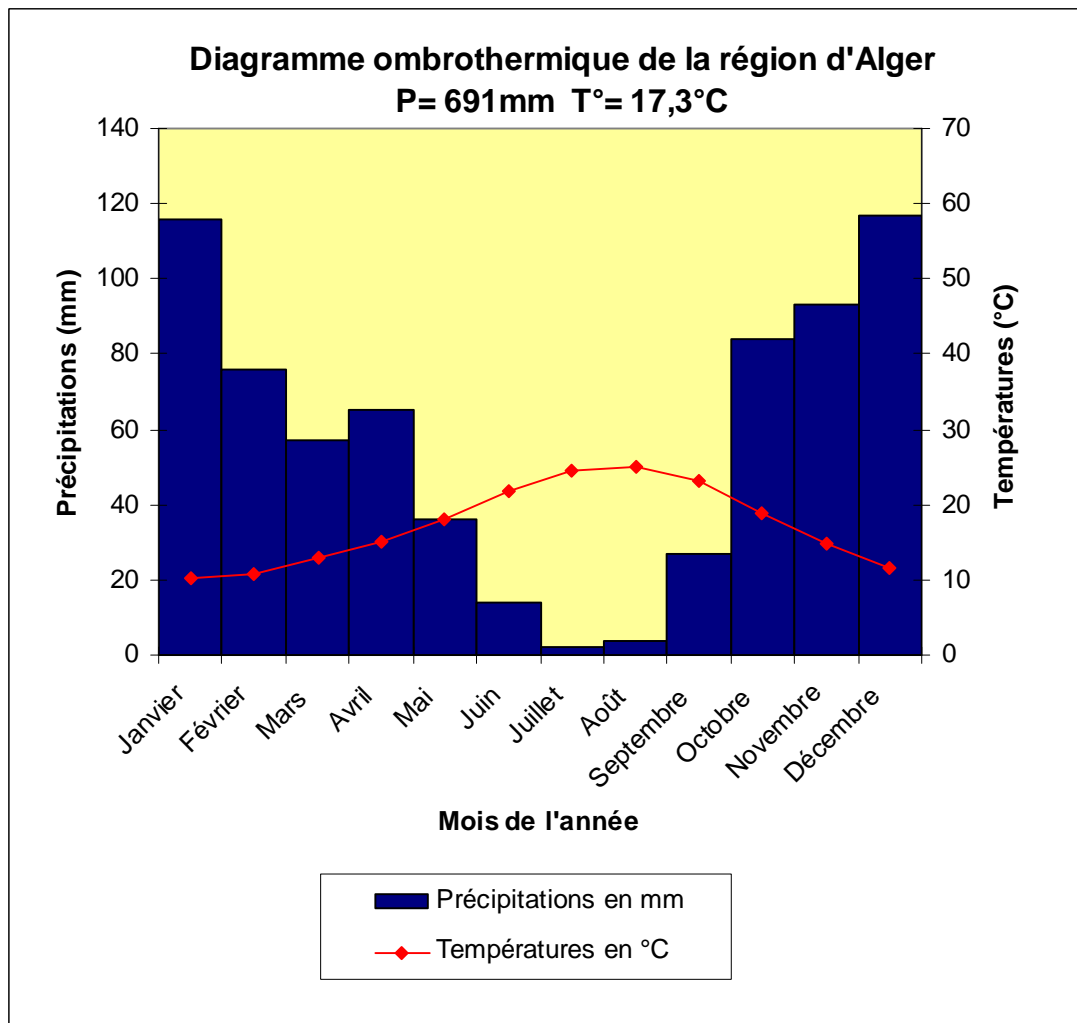


Figure 18 : Diagramme ombrothermique pour la région d'Alger

3.7. Climat de la vallée du Rhone

Largement ouverte vers le nord et le sud, elle connaît le phénomène bien connu du Mistral, vent du nord accéléré par effet de tuyère et de couloir entre le Massif Central et les Alpes. Le mistral est peu sensible vers Lyon mais il se renforce lorsqu'on descend vers le sud, suivant le rétrécissement de la vallée et connaît son maximum d'intensité dans le nord-ouest du Vaucluse

C'est une des régions françaises où le climat est le plus contrasté: en deux cents kilomètres environ, on passe d'un climat encore assez océanique au nord, Lyon par exemple, avec précipitations régulières (maximas de printemps et d'automne, hiver plus sec que l'été) à un climat franchement méditerranéen au sud, Pierrelatte par exemple, avec pluies contrastées (maximum surtout en automne et un peu au printemps, été plus sec que l'hiver). Du fait de ce contraste, c'est aussi une zone d'affrontement privilégiée où se trouvent canalisés l'air méditerranéen, doux et humide et l'air plus froid qui vient du nord, ce conflit donne parfois lieu à des précipitations particulièrement intenses, orages en été et en automne, neige en hiver.

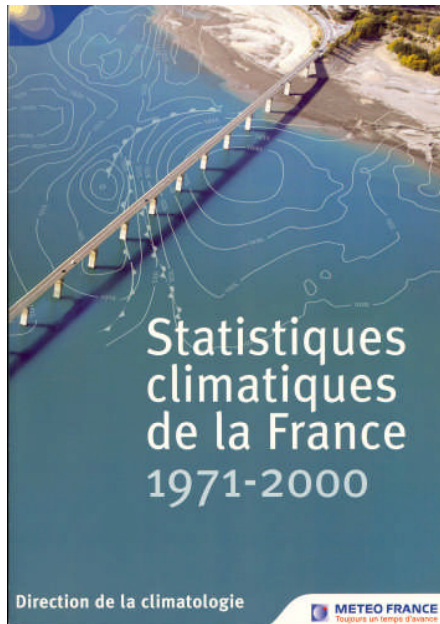
L'hiver, le nord de la vallée du Rhône connaît parfois des brouillards tenaces avec une température de janvier d'environ 2,5 °C, ces brouillards sont rares au sud et la moyenne est nettement plus douce, 7 °C environ sur la côte, qui peut cependant connaître des épisodes froids à cause des coups de mistral. L'été est moins contrasté en température, la moyenne de juillet va de 21 °C (Lyon) à 23,5 °C en basse vallée du Rhône (Orange).

L'ensoleillement croit fortement du nord vers le sud et passe de 1950 heures annuelles à Lyon à près de 2800 heures annuelles au bord de la Méditerranée.

IV. Sources d'informations

Les données climatiques pour une région données peuvent être obtenues soit :

- **En consultant les recueils** de fiches climatiques de Météo-France (disponible dans les CDI) :



- **En commandant les fiches climatiques de la climathèque** (payant) sur le site internet de METEO France : <http://france.meteofrance.com/> ; espace professionnel
- **En écrivant à la station METEO FRANCE concernée par le lieu d'étude** : voir adresses sur le site de METEO France (la lettre de demande concernant les normales climatiques doit contenir le ou les nom(s) des station(s) météorologique(s) concernées , la liste des données désirées (normales climatiques ; rose des vents) , la photocopie de la carte d'étudiant, des infos concernant l'utilisation des données (dans le cadre d'un rapport de stage par exemple)).
- **En consultant les catalogues de station ou autres études**

V. Le climat futur et conséquences forestières

5.1. Constats et causes des changements climatiques

A. Constats

En un siècle (1906-2005), la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté d'environ 0,74 °C. L'augmentation des températures en France au cours du XX^{ème} siècle est de l'ordre de 1°C.

La hausse des températures planétaires est loin d'être homogène géographiquement. Les continents s'échauffent ainsi plus vite que les océans, et les hautes latitudes plus rapidement que les zones tropicales, particulièrement dans l'hémisphère nord.

Élévation du niveau des mers et océans :

Ces observations montrent que le niveau des océans s'est élevé **de 12 à 22 cm** au cours du XX^e siècle. Cette élévation s'est accélérée durant la seconde moitié du 20^{ème} siècle, puisque le niveau moyen de la mer a crû de l'ordre de 1,8 mm (entre 1,3 à 2,3 mm) par an de 1961 à 2003, et encore plus rapidement de 1993 à 2003, l'élévation étant de l'ordre de 3,1 mm (entre 2,4 à 3,8 mm) par an.

Cette élévation provient en premier lieu de la dilatation thermique des eaux océaniques consécutive au réchauffement planétaire, et dans une moindre mesure, de la fonte des glaciers continentaux.

Recul des glaciers :

Presque partout dans le monde, les glaciers de montagne ont reculé au 20^{ème} siècle : au Canada, dans les Alpes, en Asie et en Afrique, mais également dans les Andes et en Indonésie.

Le réchauffement des régions arctiques

En moyenne sur l'Arctique, la température a augmenté deux fois plus vite que sur le reste de la planète. La surface occupée par la banquise arctique (ou glace de mer) a considérablement diminué depuis 1950, surtout en été. Elle occupait dans les années 1970 une surface de 8 millions de km². Aujourd'hui, elle représente seulement 5,5 millions de km². Cette réduction équivaut à 5 fois la surface de la France

Bibliographie

DE MARTONNE E. ,1950 – Traité de Géographie physique – Tome 1/3 : Notions générales : climat – hydrogéographie – 8^{ème} édition. – Paris, Edition Armand Colin – 496 p ;

KESSLER J., CHAMBRAUD A., 1990 – Météo de la France – Ed JC. Lattès – 391p.

METEO France, 2009 – Statistiques climatiques de la France : 1971 -2000.

