



LE CLIMAT MEDITERRANEEN ET SES CONSEQUENCES CONSTRUCTIVES



**Jean-Louis IZARD
Laboratoire ABC
ENSA-Marseille**

LE CLIMAT MEDITERRANEEN ET SES CONSEQUENCES CONSTRUCTIVES

Jean-Louis IZARD
Laboratoire ABC
ENSA-Marseille

Les conditions climatiques sont responsables des échanges thermiques entre le bâtiment et l'extérieur et lorsqu'on a pour objectif de maîtriser ces échanges pour des raisons énergétiques ou liées au confort, il est nécessaire de connaître ces conditions et la manière dont elles agissent sur le bâtiment.

Dans le climat méditerranéen, les températures en hiver sont souvent modérées, sauf dans les zones d'altitude. En été, les températures peuvent être élevées notamment dans l'intérieur des terres. Dans les deux cas, les oscillations de températures journalières conduisent à des amplitudes élevées.

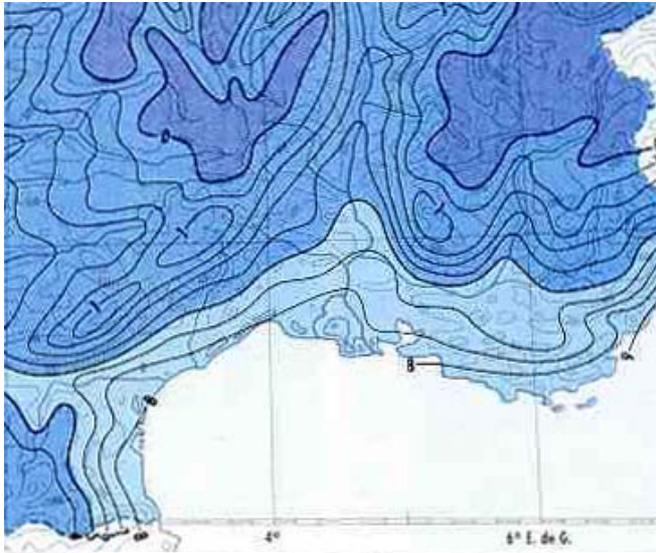
L'ensoleillement joue un rôle important en fournissant de l'énergie récupérable en hiver et en aggravant les surchauffes en été. Le vent vient souvent suractiver les échanges thermiques mais peut aussi être mis à contribution pour ventiler les locaux la nuit. Le niveau hygrométrique est souvent faible, sauf au bord de la mer, pour que le refroidissement évaporatif soit tout à fait opérationnel. Quant au régime pluviométrique, il est suffisamment capricieux pour rendre très problématiques les stockages d'eau de longue durée.

Les principales données climatiques sont passées en revue dans ce qui suit, avec des illustrations empruntées à des atlas dont les références sont données dans la bibliographie.

En couverture : l'abri météo de la station de Nîmes-Garons

1 - Les données thermo-hygro-métriques

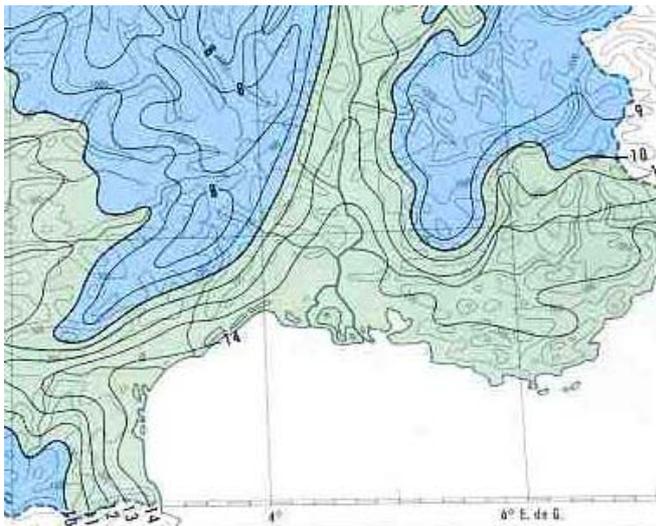
1-1. La température d'air : moyennes mensuelles



Isothermes de Janvier

(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).

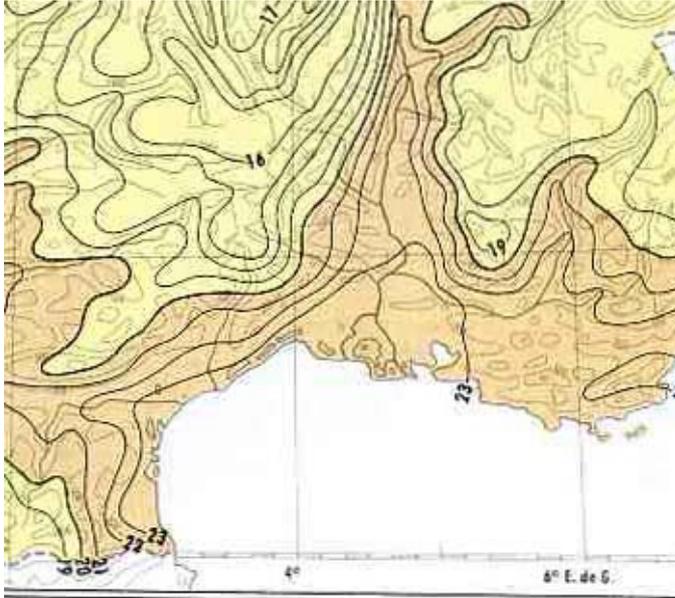
L'influence du littoral (8 à 9°C) se fait sentir, notamment sur la Côte d'Azur.
Celle de la continentalité et de l'altitude aussi : 0°C (et moins) dans les Alpes (jusqu'à 1000 m d'altitude, attention !). Cela fait au minimum 9 degrés de différence.



Isothermes d'Avril

(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).

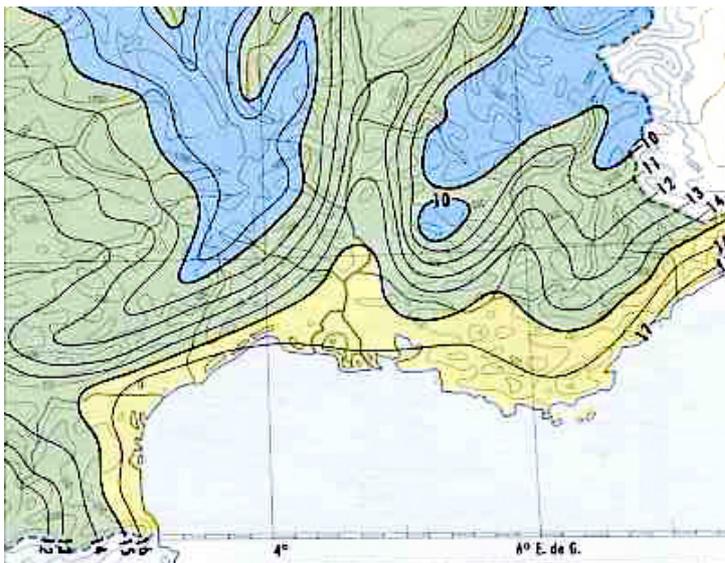
L'influence du littoral (13 à 14°C) est moins nette.
Celle de la continentalité et de l'altitude aussi : 9°C dans les Alpes (jusqu'à 1000 m d'altitude, attention !). Cela ne fait plus que 5 degrés de différence.



Une valeur de référence : **23°C** sur le littoral et 19°C dans les Alpes (jusqu'à 1000 m d'altitude, attention !). Cela fait encore 5 degrés de différence sur la moyenne mensuelle.

Isothermes de Juillet

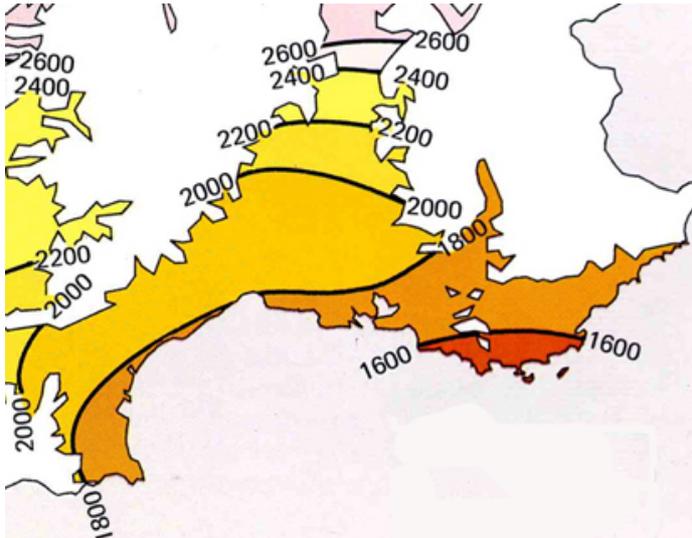
(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).



16 à 17°C sur le littoral et 10°C dans les Alpes (jusqu'à 1000 m d'altitude, attention !). Cela fait 7 degrés de différence.

Isothermes d'Octobre

(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).



Les **Degrés-Jours** de la saison de chauffage s'échelonnent de 1600 à plus de 2600, en ignorant sur cette carte les zones d'altitude supérieure à 500m (ils dépassent les 3000 à Briançon).

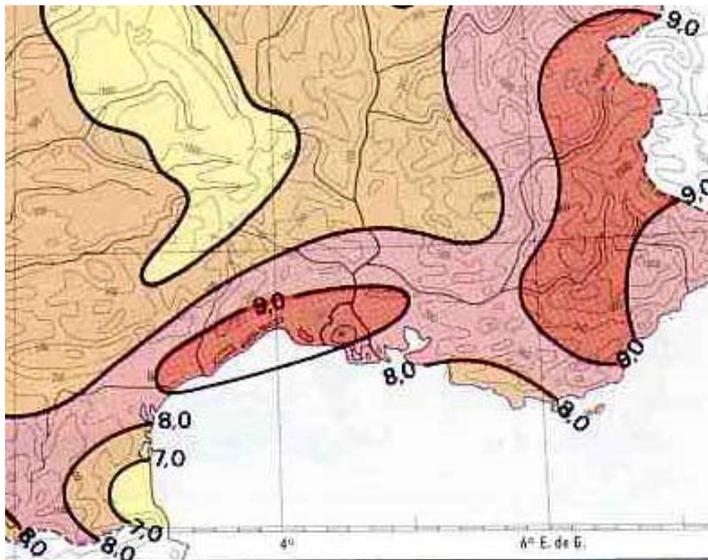
Degrés-jours saison de chauffage

(D'après l'Atlas climatique de la construction ; CSTB)

Le nombre restreint de Degrés-Jours (les plus faibles de France), à l'exception des zones d'altitude non figurées sur la carte, est là pour nous rappeler que le chauffage n'est pas le principal souci du maître d'œuvre en région méditerranéenne. Cela réduit quelque peu la rentabilisation de surcoûts liés à la construction de systèmes passifs. En contrepartie, la forte disponibilité du rayonnement solaire adoucit quelque peu cette difficulté.

D'autres perfectionnements (tels par exemple que la chasse aux ponts thermiques) sont moins justifiés que dans des zones plus froides.

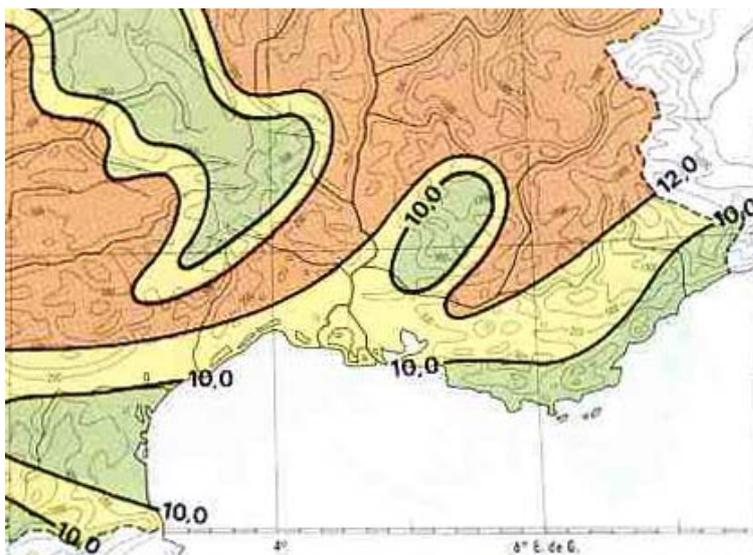
1-2. Amplitudes diurnes : moyennes mensuelles



7 à 9°C d'amplitudes diurnes moyennes en janvier selon les endroits de la région : un ordre de grandeur à retenir.

Amplitudes moyennes Janvier (°C)

(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).

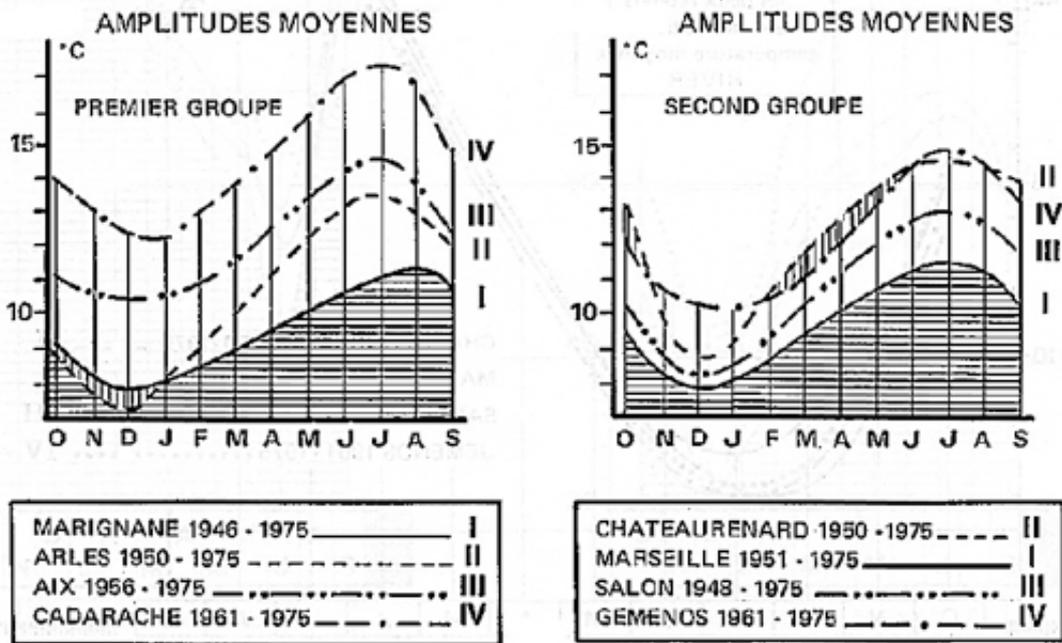


9 à 12°C d'amplitudes diurnes moyennes en Juillet selon que l'on est proche de la mer ou de la montagne : des valeurs plus élevées qu'en hiver..

Amplitudes moyennes Juillet (°C)

(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).

Les fortes amplitudes, couplées au fort ensoleillement, justifient pleinement la recherche des inerties thermiques « de transmission » et « par absorption » en hiver comme en été. Cela a un fort impact sur le choix des procédés constructifs (léger/lourd), au même titre que l'usage que l'on désire faire du rayonnement solaire.



Evolution annuelle des amplitudes de températures dans diverses stations des Bouches-du-Rhône

Des disparités locales conduisent à des valeurs parfois très élevées d'amplitudes thermiques, comme c'est le cas sur les graphes de Cadarache (17°C en Juillet et 12°C en janvier), Châteaurenard (15°C) ou Gémenos (15°C).

Ces graphes confirment que les amplitudes sont toujours minimales en décembre-janvier et maximales en juin-juillet.

Données de la station de Marignane

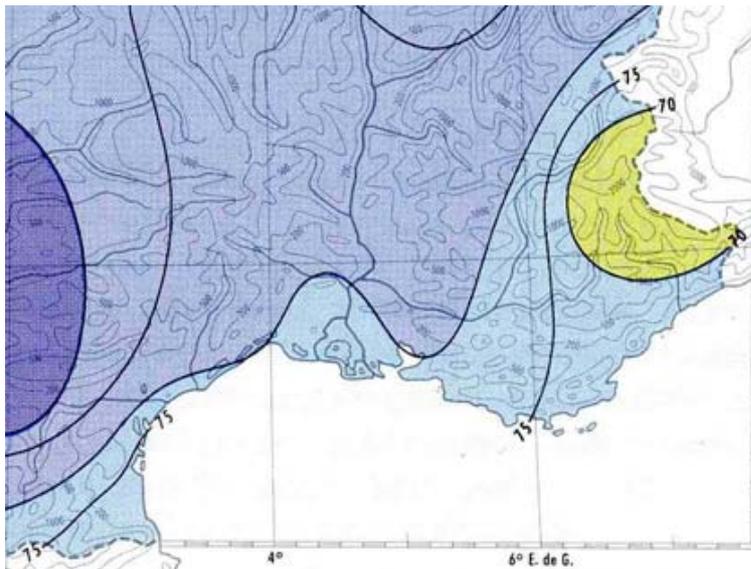
	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	
Tmoy	5,5	6,6	10,0	13,0	16,8	20,8	
Tmax	10,0	11,5	15,0	17,9	21,8	26,1	
Tmin	1,5	2,1	5,1	7,6	11,1	14,7	
Absmax	20,0	21,9	24,0	28,5	33,0	36,0	
Absmin	-10,7	-16,8	-10,0	-2,4	0,0	5,4	
	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNEE
Tmoy	23,3	22,8	19,9	15,0	10,2	6,9	14,2
Tmax	28,9	28,3	25,1	19,8	14,7	10,9	19,2
Tmin	17,1	17,0	14,7	10,4	6,0	3,0	9,2
Absmax	39,0	36,6	34,3	30,2	22,8	20,2	39,0
Absmin	7,8	8,6	1,0	-2,2	-5,4	-12,8	-16,8

- **Tmoy** = Température moyenne du mois
- **Tmax** = Moyenne des températures maximales du mois
- **Tmin** = Moyenne des températures minimales du mois
- **Absmax** = Température maximale la plus élevée pendant la période
- **Absmin** = Température minimale la plus basse pendant la période

Les valeurs données par le tableau proviennent de séries relativement anciennes et ne tiennent pas compte des évolutions récentes liées à l'échauffement de la planète. Il est probable qu'il faille aujourd'hui considérer le mois de juillet comme ayant une moyenne supérieure à 23,3°C. Néanmoins, aux dernières nouvelles, la température maximale la plus élevée dans l'absolu détient toujours la médaille (39°C).

Au sujet de Marignane, il est important de noter que ces données ne concernent pas la ville de Marseille qui occupe un site maritime très différent de celui de l'aéroport. Outre « l'effet d'îlot de chaleur urbain » qui intéresse la ville de Marseille, les effets thermiques des vents par la topographie et la position des surfaces d'eau sont différents dans les deux sites.

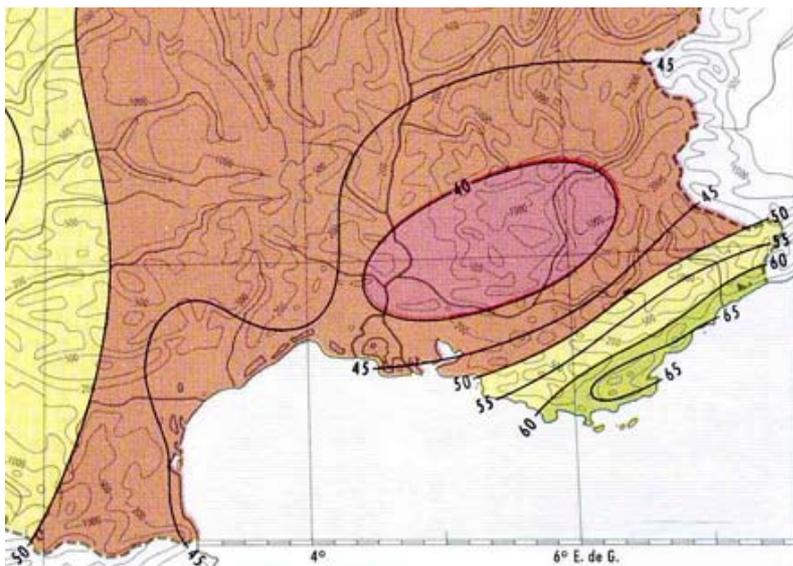
1 - 3. Humidité relative moyenne



L'humidité relative moyenne de Janvier est assez homogène, ce qui, compte tenu des isothermes, indique une sécheresse de l'air plus importante dans les zones d'altitude : la « poche à <70% » des Alpes du Sud le montre bien.

H.R. moyenne de Janvier (%)

(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).



L'humidité relative moyenne de Juillet est sensible à la présence de la mer, notamment sur la Côte d'Azur. A noter la poche de sécheresse de l'air (< 40%) dans la zone Lubéron-Ventoux.

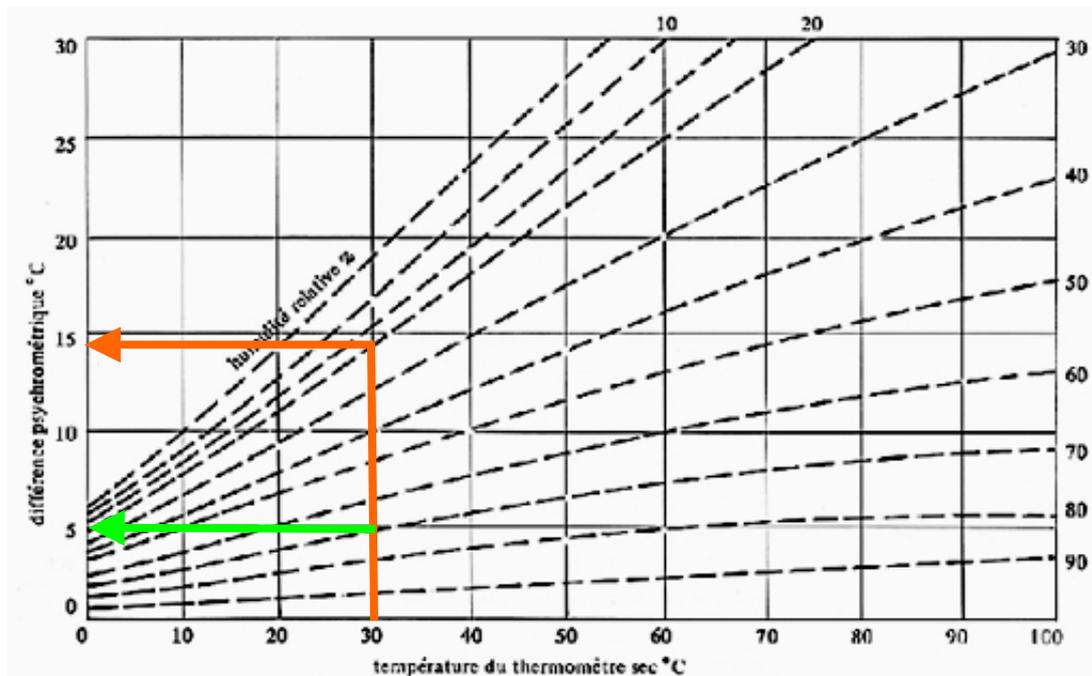
H.R. moyenne de Juillet (%)

(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).

En hiver, les humidités relativement élevées associées à des températures douces favorisent à l'intérieur des locaux producteurs de vapeur d'eau et insuffisamment ventilés le développement des acariens responsables par leurs excréments de la production d'allergènes fatals aux personnes souffrant de maladies respiratoires.

Les faibles humidités d'été (sauf sur le littoral Côte d'Azur) sont favorables à l'utilisation de systèmes de refroidissement évaporatifs (brumisation).

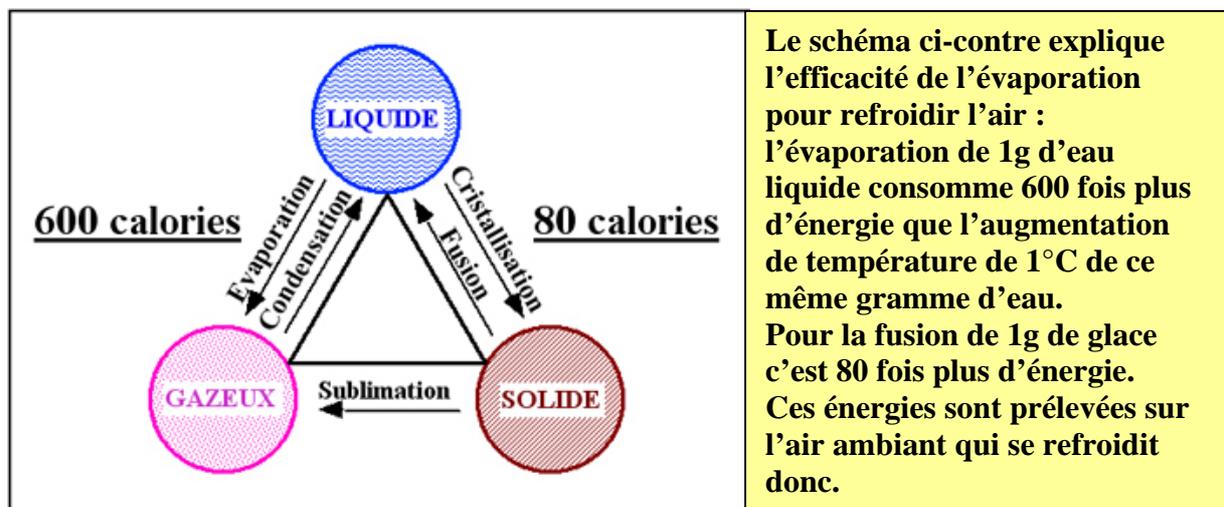
Capacités de refroidissement de l'air par humidification



Abaque donnant la différence (Température sèche – Température Humide) en fonction de l'Humidité Relative et du niveau de Température sèche.

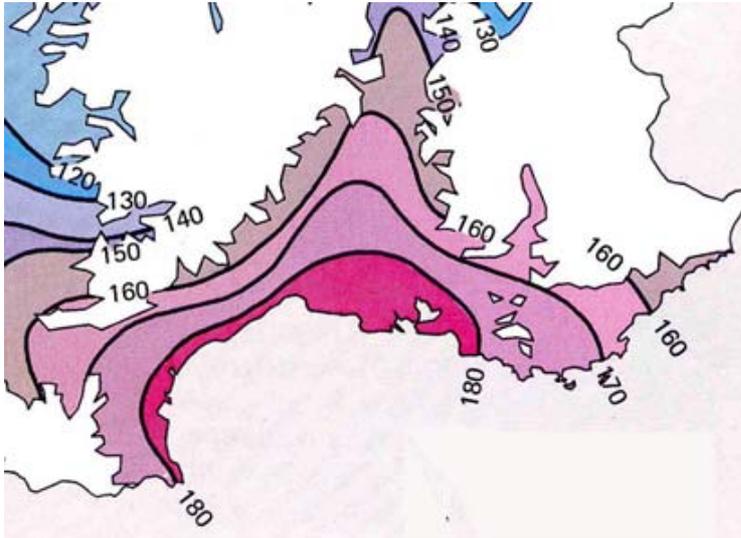
Par exemple, si la température sèche est de 30°C et l'Humidité Relative de 20% (flèche orange), la température de bulbe mouillé (« Température humide ») est de 14°C inférieure à la température sèche, soit $30 - 14 = 16^\circ\text{C}$. Le refroidissement évaporatif peut parfaitement fonctionner.

Par contre (flèche verte), si l'Humidité Relative est de 70%, la différence n'est plus que de 5°C, soit une température humide de 25°C. Le refroidissement évaporatif est beaucoup moins efficace.



Le schéma ci-contre explique l'efficacité de l'évaporation pour refroidir l'air : l'évaporation de 1g d'eau liquide consomme 600 fois plus d'énergie que l'augmentation de température de 1°C de ce même gramme d'eau. Pour la fusion de 1g de glace c'est 80 fois plus d'énergie. Ces énergies sont prélevées sur l'air ambiant qui se refroidit donc.

1 – 4. L'évapotranspiration potentielle



L'évaporation potentielle pendant le mois de Juillet atteint 180 mm dans le delta du Rhône, ce qui dépasse de beaucoup les précipitations du mois (voir plus loin). Ici, on ignore les zones d'altitude supérieure à 500m.

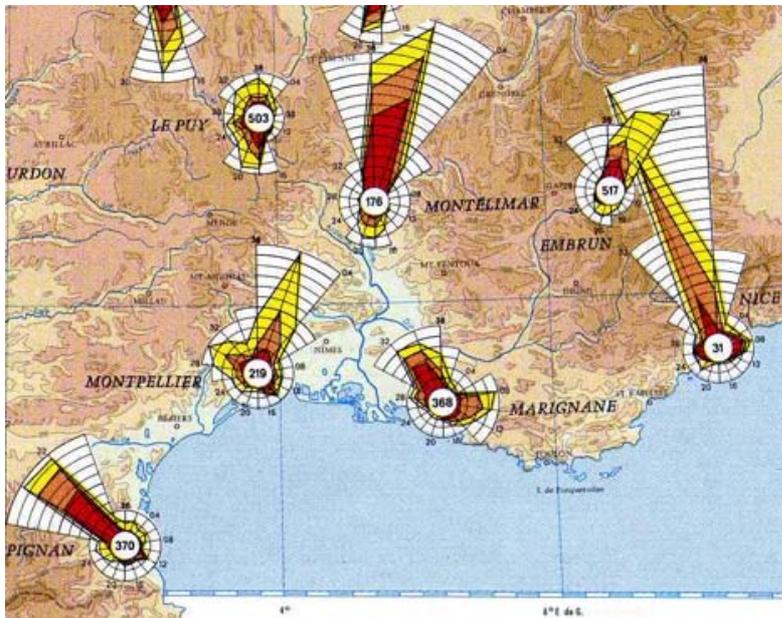
Evaporation totale de Juillet (mm)

(D'après l'Atlas climatique de la construction ; CSTB)

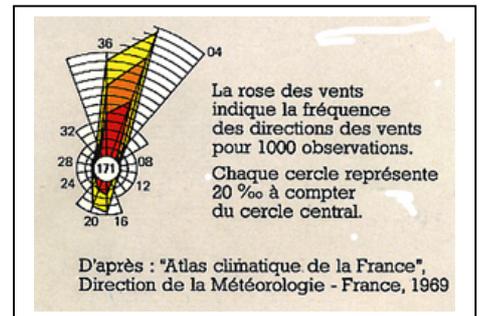
Ce paramètre est un indicateur des besoins en eau des plantes : les conditions climatiques sont capables de faire disparaître (par évaporation) en un mois une épaisseur d'eau de 18 cm : il faudra donc en apporter localement plus pour qu'il y ait de l'eau disponible dans le sol proche de la surface. C'est aussi la raison pour laquelle il est indispensable d'arroser plutôt la nuit, moment où ce phénomène est moins intense.

2 – Les données du vent

2 – 1. Vitesse et fréquence : les roses des vents

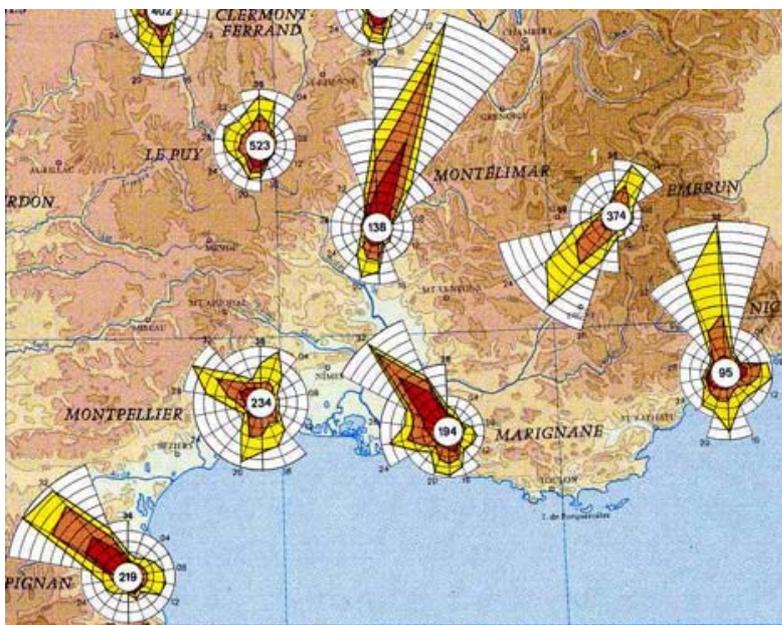


Le vent en hiver :
prédominance des
vents de secteur
NORD/NORD-OUEST.



Rose des vents de Janvier

(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).

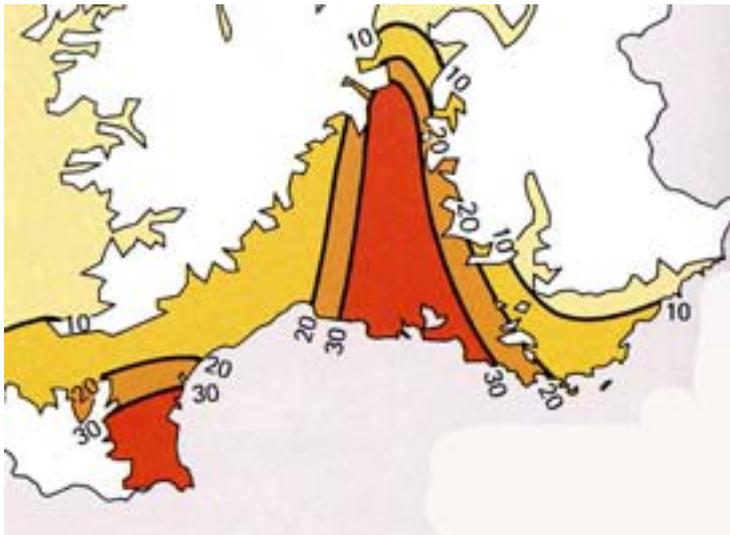


Le vent en été :
prédominance des
vents de secteur
NORD/NORD-OUEST.
Pour Embrun, on note
l'apparition du
phénomène de brise de
vallée.

Rose des vents de Juillet

(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).

2 – 2. Vents forts



Le nombre de jours de vent fort (>21m/s) dépasse les 30 unités en basse vallée du Rhône et en Roussillon.

Nombre de jours où $V_a > 21 \text{ m/s}$
(D'après l'Atlas climatique de la construction ; CSTB)

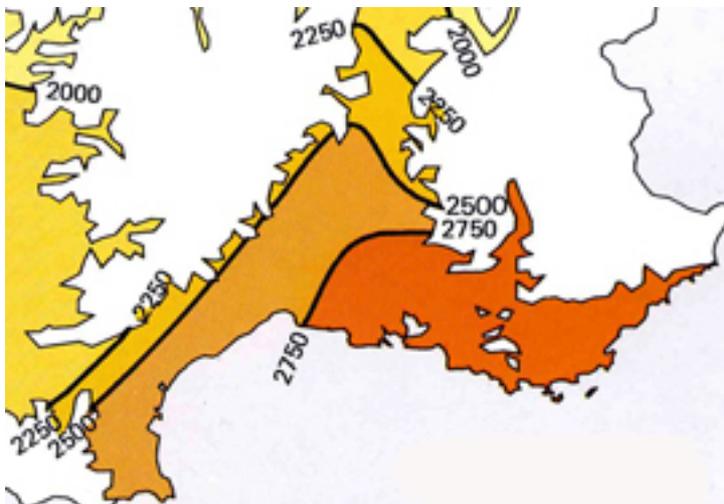
Le vent est un facteur important dans le climat méditerranéen français. La prédominance des vents de NORD-OUEST s'explique par l'influence du couloir rhodanien qui, par effet Venturi, « canalise » les vents venus du Nord de l'Europe. Ce « Mistral » est en général un vent sec, particulièrement en été, qui peut souffler violemment en toutes saisons.

Son effet thermique dépend de la température de l'air : en hiver il accroît toujours la sensation de froid alors qu'en été, il peut soit apporter un peu de fraîcheur, soit au contraire rendre l'atmosphère irrespirable lorsque la température d'air dépasse 33 à 34°C.

Pour le bâtiment, il constitue une aggravation des charges thermiques du chauffage par infiltration par les menuiseries. Il peut être tentant d'exploiter son énergie avec des éoliennes : la vallée et le delta du Rhône sont des sites favorables.

3 - L'ensoleillement

3 - 1. La durée d'insolation



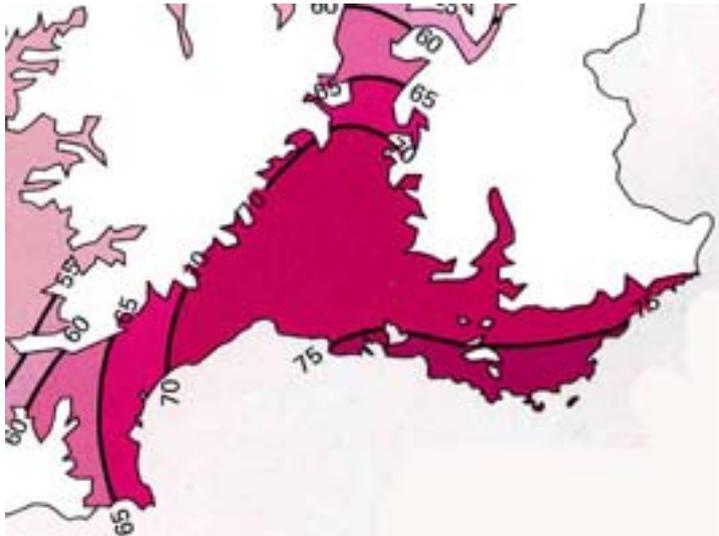
Le nombre d'heures d'ensoleillement annuel : la Provence bat les records nationaux avec plus de 2750 heures.

Nombre d'heures ensoleillement annuel
(D'après l'Atlas climatique de la construction ; CSTB)



Fraction d'insolation des mois d'hiver : elle dépasse les 50% en Provence.

Fraction d'insolation d'hiver
(D'après l'Atlas climatique de la construction ; CSTB)



Fraction d'insolation des mois d'été : elle dépasse les 75% en Provence proche du littoral.

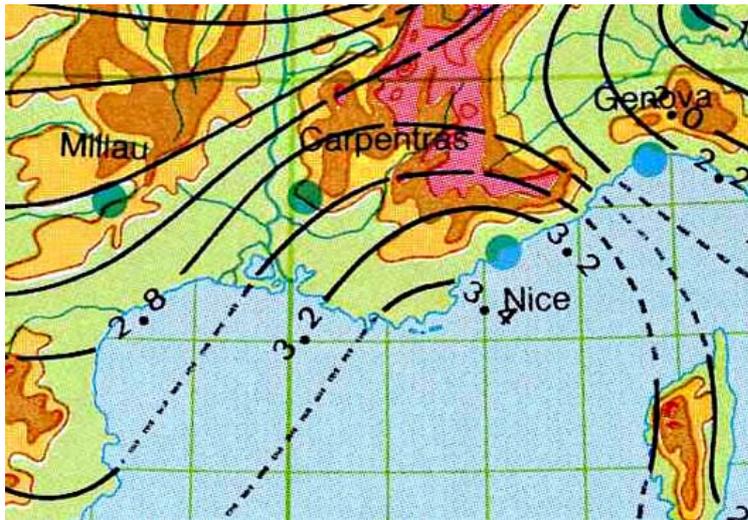
Fraction d'insolation d'été (%)

(D'après l'Atlas climatique de la construction ; CSTB)

Les taux d'ensoleillement que représentent les fractions d'insolation sont très élevés et dépassent en permanence les 50%. Ces valeurs sont bien entendu très favorables à l'utilisation de l'énergie solaire sous forme thermique, soit pour produire de l'ECS, soit pour chauffer les locaux par le système du plancher solaire direct.

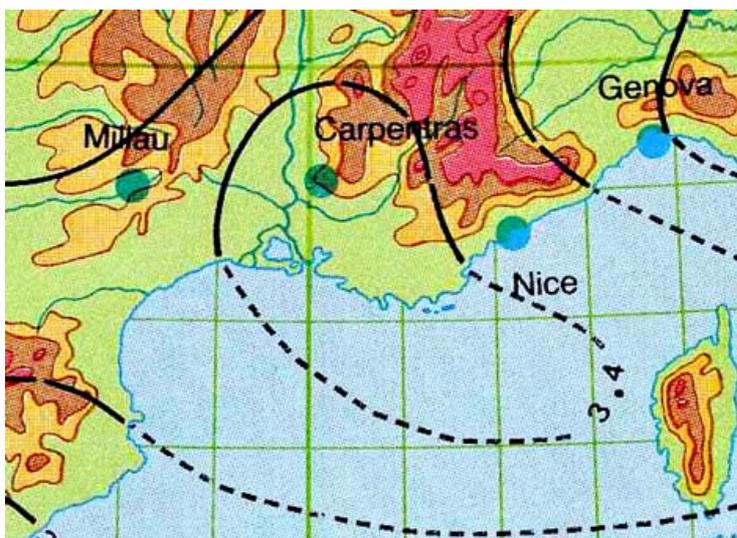
Le photovoltaïque est également envisageable, car sa productivité sera dans cette région la plus importante imaginable, donc la plus apte à rentabiliser l'investissement.

3 - 2. L'énergie solaire selon l'exposition



Valeur de référence : **3,4 kWh/m²** par jour reçus par une façade verticale SUD vers Toulon. Une énergie solaire à récupérer avec des systèmes passifs.

Energie solaire verticale SUD en Janvier (kWh/m².jour)
(D'après l'Atlas Européen du Rayonnement Solaire ; CEE)

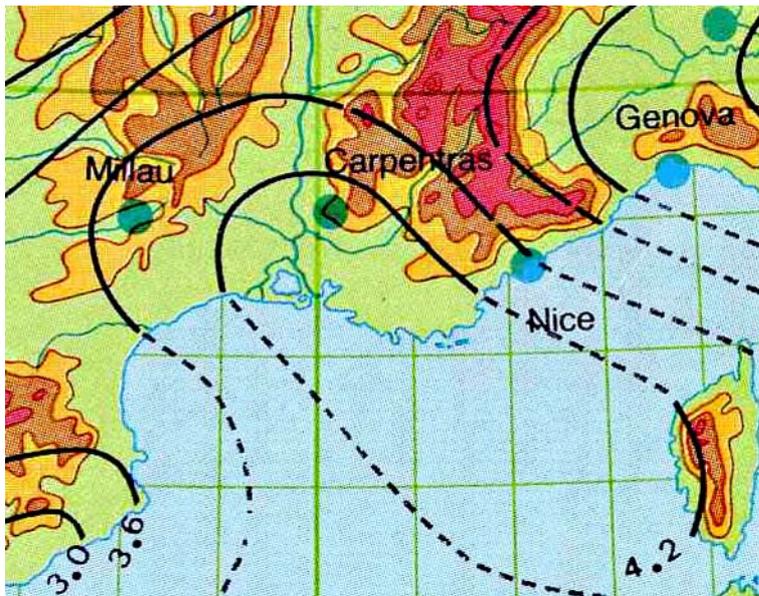


Il n'y a pas plus d'énergie solaire incidente sur façade SUD en été qu'en hiver : **3,4 kWh/m²** par jour.

Energie solaire verticale SUD en Juillet (kWh/m².jour)
(D'après l'Atlas Européen du Rayonnement Solaire ; CEE)

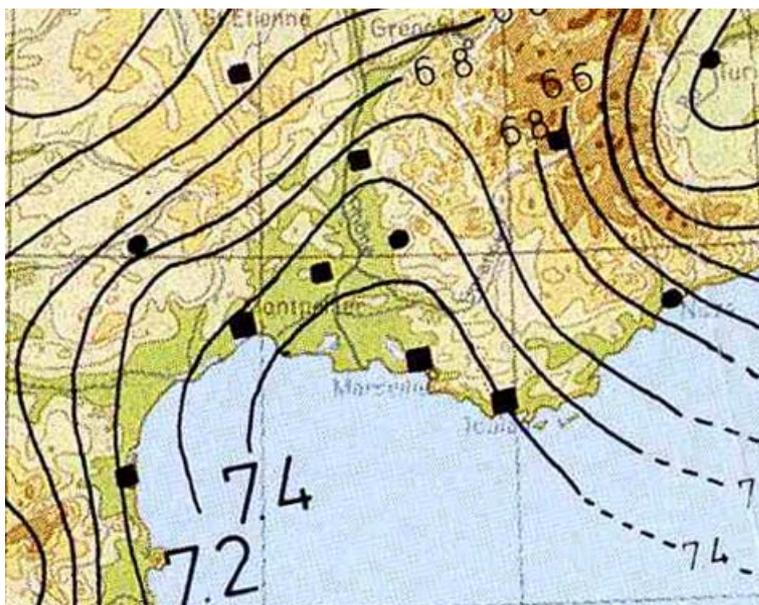
L'énergie solaire utilisée directement par le bâtiment (systèmes passifs) est très intéressante par la densité du flux solaire incident sur une façade SUD en hiver. Dans les zones enneigées, la valeur de 3,4 kWh/m².jour peut être largement dépassée grâce à l'albédo du sol.

En été, la façade SUD ne reçoit pas plus d'énergie solaire qu'en hiver, ce qui n'est pas une raison de ne pas la protéger, mais on sait qu'un simple avancée de toiture suffira ; cependant, un arbre à feuilles caduques est bien préférable car son ombre est en phase avec les besoins de protection et couvre aussi le sol au pied de la façade, supprimant les effets de l'albédo.



Autre valeur de référence : **4,2 kWh/m²** reçus par jour par une façade verticale OUEST en juillet dans toute la Provence occidentale ! Voilà qui explique pourquoi il y a de la surchauffe derrière une façade OUEST (ou EST).

Energie solaire verticale OUEST en Juillet (kWh/m².jour)
(D'après l'Atlas Européen du Rayonnement Solaire ; CEE)



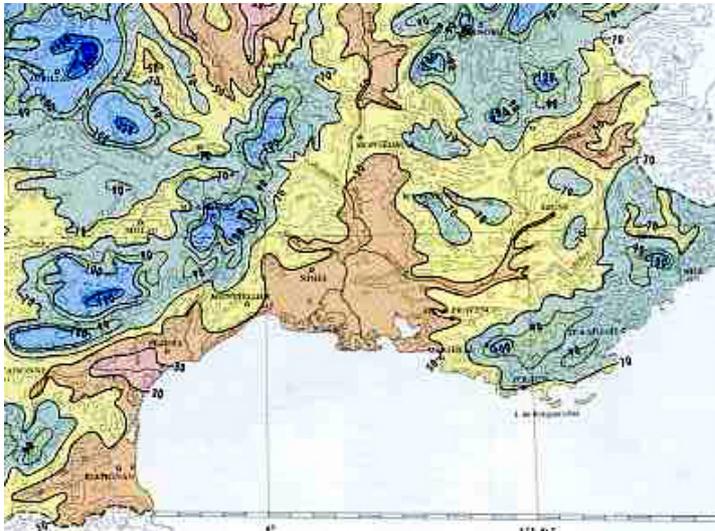
Encore une valeur de référence : **7,4 kWh/m²** reçus par jour par une toiture horizontale en juillet dans toute la Provence occidentale ! On comprend le pourquoi de l'hérésie d'un vitrage en position zénithale et l'inconfort d'un local situé au dernier étage!

Energie solaire Horizontale en Juillet (kWh/m².jour)
(D'après l'Atlas Européen du Rayonnement Solaire ; CEE)

L'énergie solaire est la pire des choses en été car elle travaille exclusivement dans le sens des apports d'énergie. On se méfiera donc des expositions à risque : les façades EST et OUEST (mais aussi NORD-OUEST) et les toitures dans lesquelles il ne faut pas pratiquer d'ouvertures vitrées, qu'il faut isoler thermiquement et, mieux, mettre à l'ombre.

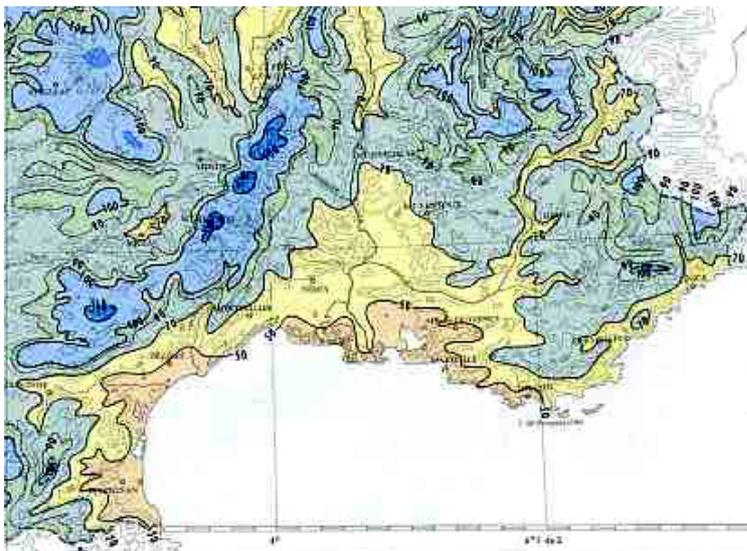
4 - Les précipitations

4 – 1. Quantités



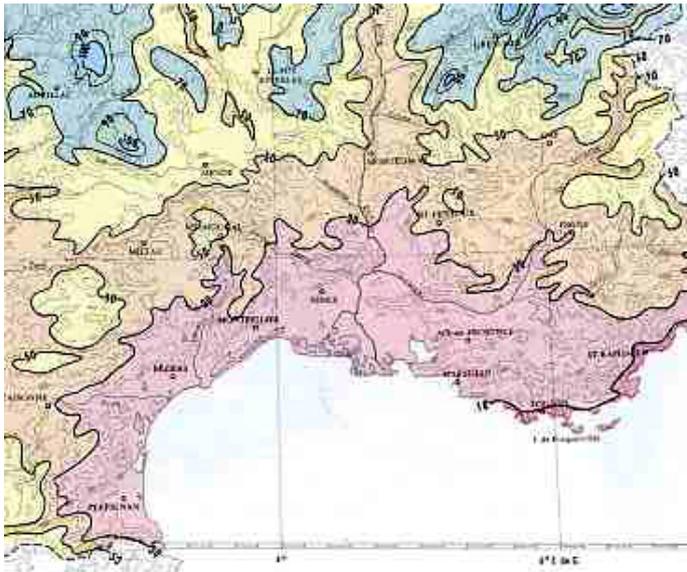
Précipitations du mois de Janvier (mm)
(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).

Des îlots de sécheresse relative en basse vallée du Rhône et en haute Durance (< 50 mm) coexistent avec des zones fortement arrosées (> 100 mm) sur les reliefs des Ecrins, des Cévennes et des massifs côtiers (Sainte-Beaume).



Précipitations du mois d'Avril (mm)
(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).

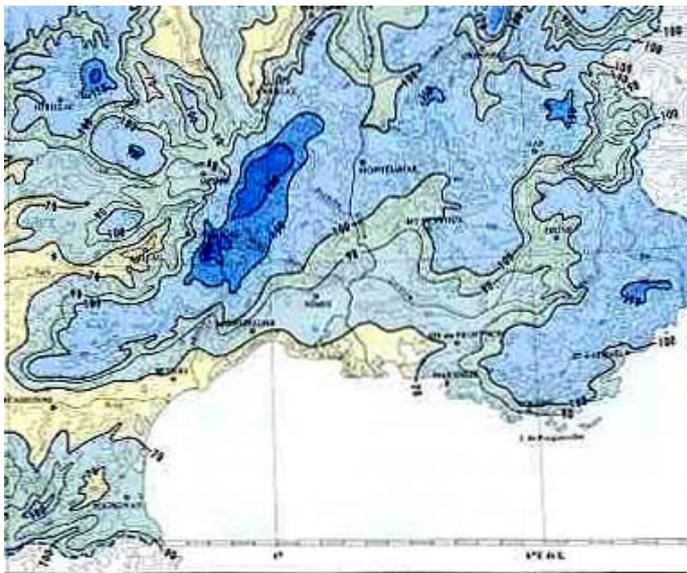
Les Bouches du Rhône, le val de Durance et le littoral se distinguent par leur sécheresse relative (< 70 mm).



La sécheresse d'été qui caractérise le climat méditerranéen apparaît clairement sur cette carte : < 30 mm sur la quasi totalité du territoire de PACA !

Précipitations du mois de Juillet (mm)

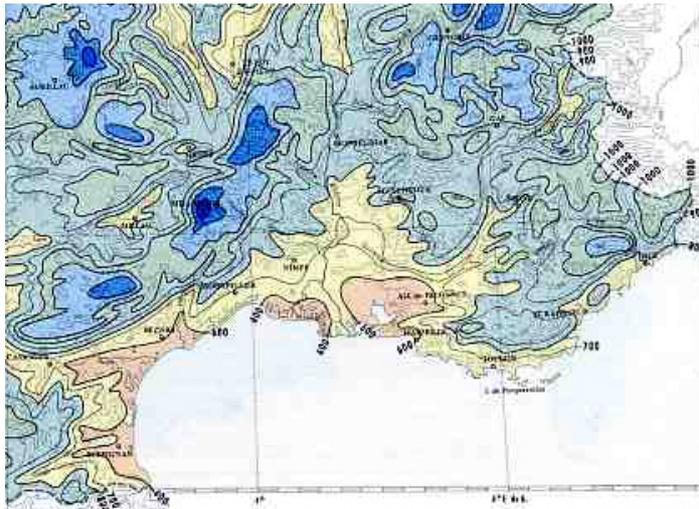
(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).



Octobre est l'un des mois les plus pluvieux , mais moins de 70 mm tout de même sur le littoral entre Provence occidentale et Languedoc.

Précipitations du mois de d'Octobre (mm)

(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).



En résultat annuel, il y a une zone de précipitations < 600 mm sur les Bouches du Rhône la côte du Languedoc-Roussillon. Les Cévennes avec > 1500 mm possèdent la station la plus arrosée de France (Mont Aigoual).

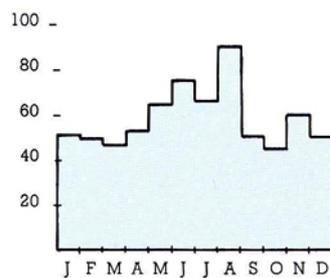
Précipitations annuelles (mm)

(D'après « Le climat de la France », Météorologie Nationale).

4 – 2. Régime annuel

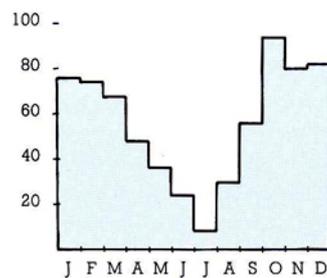
QUELQUES EXEMPLES DE RÉGIMES PLUVIOMÉTRIQUES

TOTAL ANNUEL : 705 mm



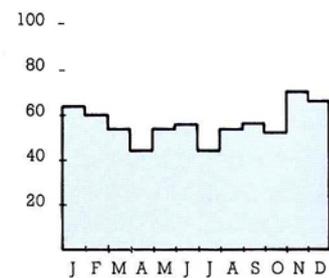
Bâle-Mulhouse

TOTAL ANNUEL : 675 mm



Porquerolles

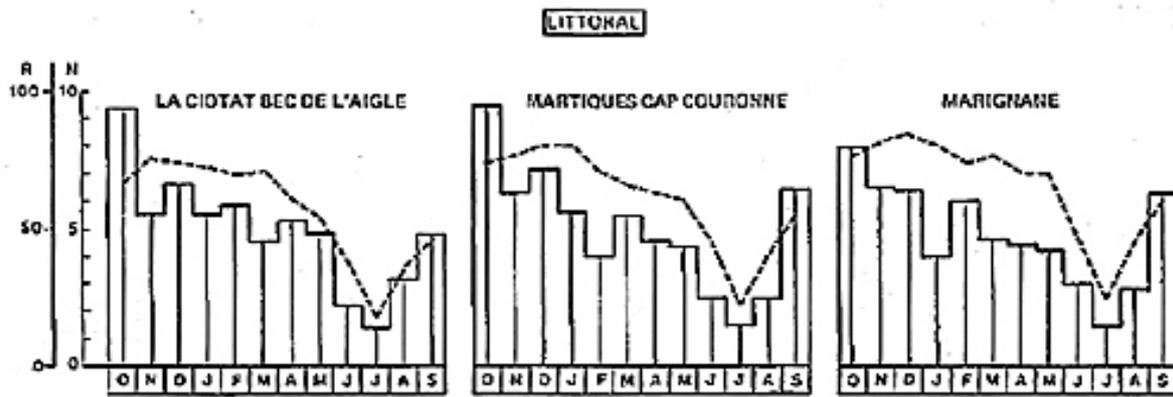
TOTAL ANNUEL : 679 mm



Le Mans

La comparaison des régimes pluviométriques de stations appartenant à des climats différents fait apparaître, pour la même pluviométrie annuelle :

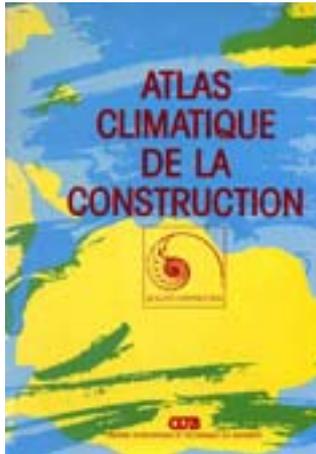
- Bâle-Mulhouse connaît un régime « continental » avec des pluies d'été ;
- Le Mans est arrosé de manière équilibrée toute l'année (climat océanique) ;
- L'île de Porquerolles est sèche en été (climat méditerranéen).



Pluviométrie de trois stations provençales de littoral

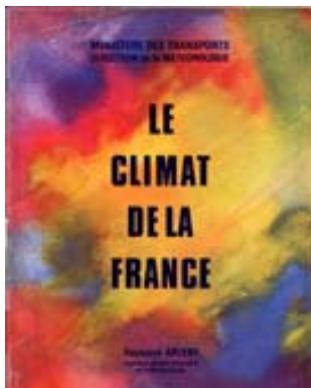
En région méditerranéenne, il est probablement illusoire de prévoir un système de stockage de l'eau pour arroser en été : la saison sèche dure bien trop longtemps. Il y aura par contre intérêt à prévoir des systèmes de rétention car les pluies peuvent être ponctuellement très abondantes, en particulier en automne.

5 – Bibliographie



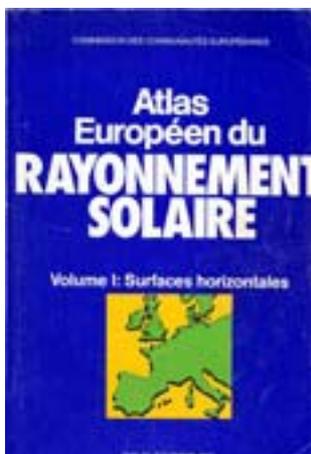
P. Duchêne-Marullaz, L. Chemery ; « *Atlas Climatique de la construction* » ; CSTB-IRBAT, 1987.

Ouvrage très bien illustré et traitant de nombreux paramètres utiles à la construction. L'option a été prise de limiter l'interprétation des iso-valeurs aux zones d'altitude inférieure à 500 m.



Raymond Arlery ; « *Le climat de la France* » ; Météorologie Nationale,

Ouvrage présentant les données climatiques de l'ensemble du territoire le plus souvent de manière mensuelle.



Divers auteurs ; « *Atlas Européen du rayonnement solaire* » ; CEE,

Ouvrage donnant les éclairagements énergétiques solaires du plan horizontal à travers toute l'Europe et pour chaque mois de l'année, calculés à partir des mesures disponibles.

Un deuxième tome traite des surfaces verticales et inclinées avec la même précision.

Autres éléments de bibliographie :

Atlas climatique de la France, édition réduite, J. Bessemoulin, Paris 1974

Le rayonnement solaire au sol et ses mesures, C. Perrin de Brichambaut, G. Lamboley; Cahiers AFEDES N°1, Janvier 1968

Typologie et description de différents principes d'habitat bioclimatique et adaptation aux climats; atlas des indices climatiques français; Groupe ABC et Collectif Avenir; Février 1982

Eléments de climatologie, G. Viers; Fernand Nathan éditeur, 1971

La météorologie, Vie série, N°15, Décembre 1978