

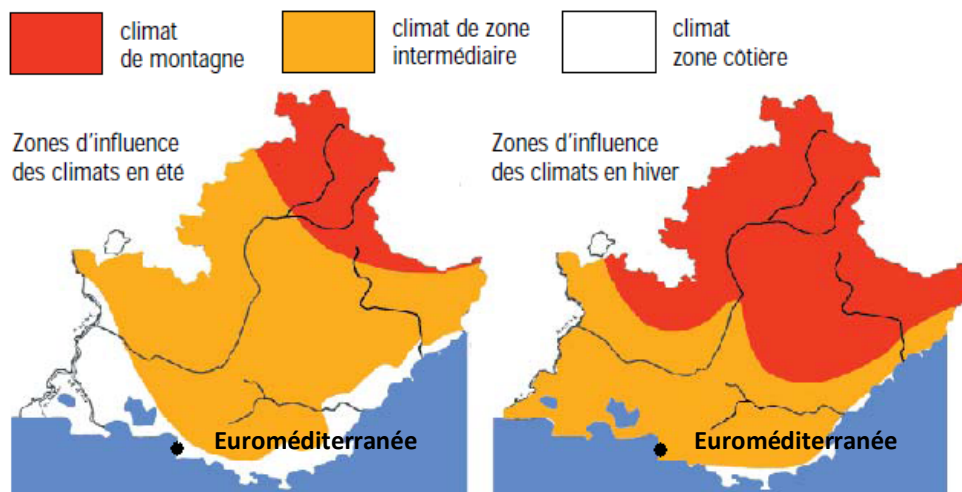
#### CLIMAT MEDITERRANEEN

##### Principe

Le Climat méditerranéen s'étend des latitudes 30 à 40 ° au nord de l'équateur. Il englobe la ville de Tunis, et tout le bassin du golfe méditerranéen. Cette zone connaît deux saisons : un été chaud, voire très chaud et un hiver court tempéré à froid. Les saisons du climat maritime sont plus homogènes que celles du climat continental.

1. **En été :** la région subit l'influence du vent chaud et sec du Sahara. Les températures moyennes maximales varient de 25 à 38 °C le jour et de 16 à 30°C la nuit. L'amplitude thermique diurne est relativement forte mais plus faible qu'à l'intérieur des terres. En saison chaude, l'humidité relative est élevée, de 70 à 80%. Les vents locaux sont faibles, pendant les grosses chaleurs, la brise de mer joue un rôle régulateur et rafraîchissant. A certaines heures de la journée, un vent du sud-est est très chaud et sec, le « sirocco », circule avec sifflements, et envoie du sable du désert jusqu'au littoral méditerranéen. Le ciel dégagé permet des rayonnements solaires intenses.
2. **En hiver :** les masses d'air d'origine polaire envahissent le bassin méditerranéen. La région connaît un passage de perturbations frontales. Les températures moyennes maximales diurnes atteignent 8 à 21°C et les températures moyennes minimales nocturnes varient de 0 à 18°C. L'amplitude thermique est faible. Les précipitations s'élèvent jusqu'à 500mm. L'humidité relative, de 60 à 70%, est importante, mais moins élevée qu'en été. Les vents sont variables.

Si le climat méditerranéen français, caractérisé par la sécheresse, l'ensoleillement et la chaleur de l'été semble relativement uniforme, la région PACA, soumise à plusieurs influences (Méditerranée, Mistral, reliefs), présente différentes zones climatiques. Pour une bonne conception thermique de l'habitat : l'ensoleillement, les vents et les températures sont les critères déterminants. Les précipitations, l'humidité et le gel interviennent moins directement. A partir de ces 3 critères on peut définir trois zones climatiques de référence : la montagne, la zone intermédiaire (avec l'influence sensible du climat de montagne en hiver) et la zone côtière. Dans chaque zone des critères locaux peuvent également déterminer des micro-sites (vallée/colline, ville/campagne).



Zones climatiques

Source : conception thermique de l'habitat, SOLA.I.R.

Conditions climatiques	Période	Vallées	Collines
Température minimale	diurne	bien plus basse	plus élevée
Variation de température	diurne et annuelle	plus grande	plus petite
Gel	la nuit	plus abondant	moins abondant
Vitesse du vent	la nuit	plus faible	plus élevée
Brouillard	le matin	plus abondant	moins abondant

Ville	Campagne
Brume légère et brouillard et fumées, mêlés	Ciel clair
Température plus élevée	Température plus basse
Vitesse du vent et rayonnement moindre	Vitesse du vent et rayonnement plus élevés

Critères locaux et micro-sites

Source : conception thermique de l'habitat, SOLA.I.R.



#### Paramètres du climat

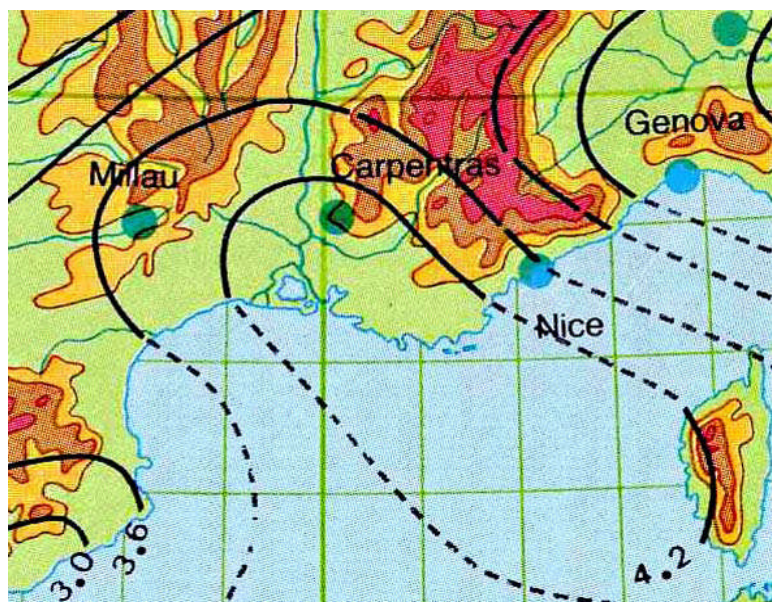
##### L'ensoleillement

La caractéristique commune à l'ensemble des zones climatiques est son ensoleillement important, supérieur à 2500 h/an. La Provence bat les records nationaux avec plus de 2750 h.

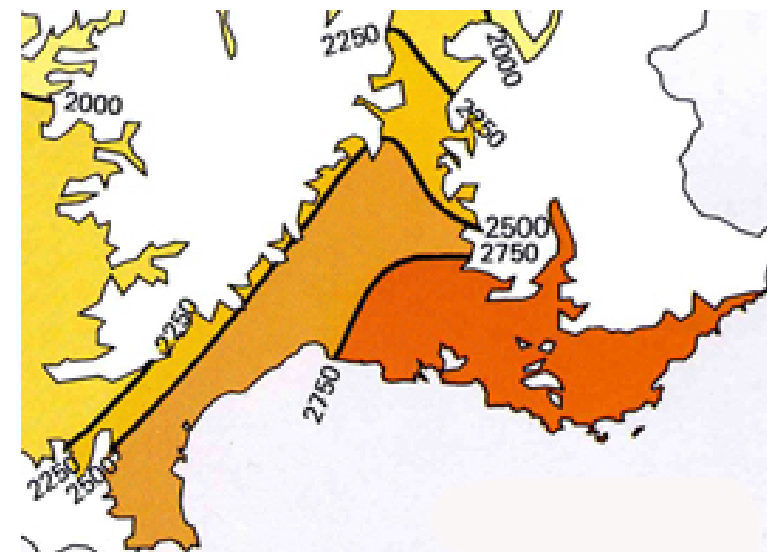
La fraction d'insolation d'hiver, pendant les périodes de chauffage reste très importante : de 54% à 56% selon les sites, pour une **fraction moyenne d'insolation annuelle de 56% à 66%**, elle dépasse les 75% les mois d'été en Provence proche du littoral.

L'ensoleillement joue un rôle important en fournissant de l'énergie récupérable en hiver et en aggravant les surchauffes en été. La luminosité et la transparence du ciel sont peu troublées. On peut constater que sur une année on a rarement en moyenne des séquences de mauvais temps supérieures à 2 jours.

A noter que la position du soleil étant symétrique par rapport aux équinoxes, la durée d'ensoleillement est la même en mars et en septembre. Par contre, durant l'été, le sol s'étant chargé progressivement de chaleur, produira en septembre des températures plus importantes qu'en mars.



**Energie solaire verticale OUEST en Juillet (kWh/m<sup>2</sup>.jour)**  
Source : Atlas Européen du Rayonnement Solaire ; CEE



**Nombre d'heures d'ensoleillement annuel**  
Source : Atlas climatique de la construction, CSTB

##### L'énergie solaire

L'énergie solaire reçue par jour par une **façade sud**, est en moyenne **supérieure à 3 kWh/m<sup>2</sup> en janvier et proche de 3,4kwh/m<sup>2</sup> en juillet**. Il est intéressant, en hiver, de récupérer cette énergie par des apports solaires passifs. Dans les zones enneigées, ces valeurs peuvent être largement dépassées grâce à l'albédo du sol.

Autre valeur de référence pour toute la Provence occidentale en juillet : 4,2 kWh/m<sup>2</sup> reçus par jour par une façade verticale ouest et 7,4kWh/m<sup>2</sup> reçus par jour par une toiture horizontale. Ceci explique les problèmes de surchauffe et met l'accent sur l'importance des questions d'orientation dans la conception bioclimatique des bâtiments.

#### Les vents

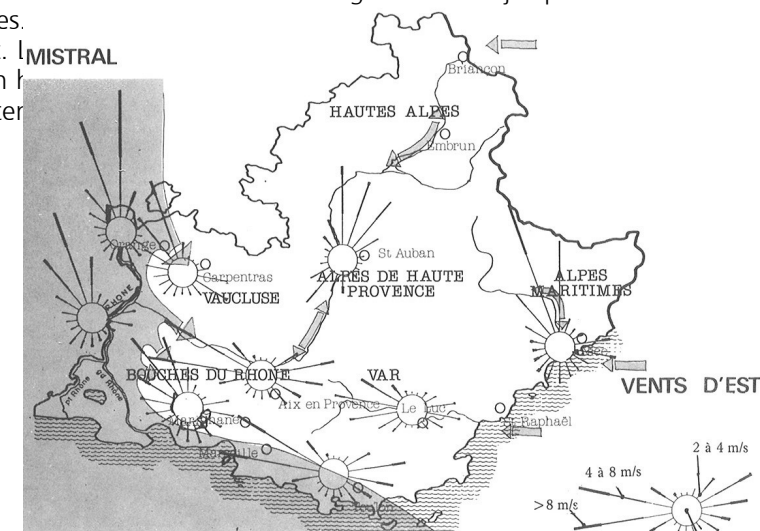
La région PACA est soumise à des **vents importants et violents**, avec une prédominance des vents de **Nord-ouest**. Ces vents perturbent le confort de l'habitat (mistral, vents d'est, vents de vallée) ou, au contraire, permettent une amélioration du confort (brises d'été).

**Le mistral** : C'est un vent généralement sec (particulièrement en été), souvent violent (supérieur à 5m/s), et fréquent (de l'ordre de 15j/mois), qui se forme dans la vallée du Rhône et se dirige vers les dépressions du golfe de Gênes et/ou du golfe du Lion. Son influence se fait sentir le long de la côte jusqu'à Toulon et à l'intérieur de la zone intermédiaire. La montagne et la Côte d'Azur n'y sont pas directement sensibles. en haute altitude, il dégage le ciel des nuages et garantit généralement un très fort ensoleillement. Il souffle en janvier, avril, juillet, août et septembre. Son effet thermique dépend de la température de l'air : en hiver, il peut soit apporter un peu de fraîcheur, soit au contraire rendre l'atmosphère irrespirable lorsque la température est élevée.

**Les vents d'est** : ou vents marins, vents levants. Ce sont les vents qui apportent les pluies. Ils sont modérés à forts et sont responsables des diminutions de l'ensoleillement. Ils soufflent souvent en rafales violentes. Ces vents tempèrent le climat de la zone côtière, de la zone intermédiaire et atteignent peu les zones de montagnes.

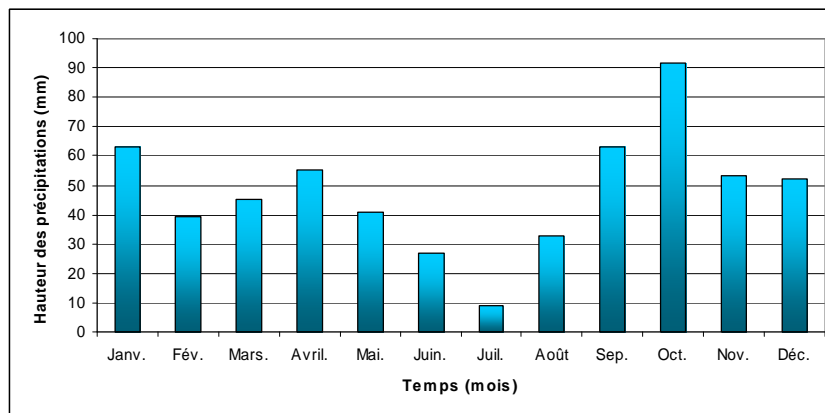
**Les vents de vallée** : ces vents locaux soufflent dans les vallées des massifs montagneux. Ils sont comparables au mistral en violence et fréquence (vallée basse du Var, vallée de la Durance). Ils sont plus violents en descendant les vallées. Ils nettoient les fonds des vallées de l'humidité et des brouillards.

**Les brises de mer et de terre** : ces vents réguliers, faibles à modérés, alternent selon un rythme journalier. Les brises de mer soufflent le jour et apportent les embruns marins, augmentant ainsi l'humidité de l'air, les brises de terre au contraire, nocturnes, viennent de la terre vers la mer. Ils sont plus forts que les brises de mer. Le périmètre d'Euroméditerranée est particulièrement concerné par les brises marines.



Les vents dominants en PACA

Source : conception thermique de l'habitat ; SOL.A.I.R



Précipitations moyennes sur 30 ans Station de Marseille (alt. : 75m, lat. : 43°18'18"N, lon. : 05°23'48"E)

La hauteur de pluie recueillie en un an est proche de **893 mm**, mais le nombre de jours de pluie est faible : **78 jours** (moyennes pour la région PACA).

Les automnes (septembre à novembre) et les hivers (décembre à février) sont les périodes pendant lesquelles les précipitations sont les plus abondantes en quantité avec le cumul le plus important au mois d'octobre/ novembre. En janvier, 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 Beaufort).

En avril : les Bouches du Rhône, le Val de Durance et le littoral se distinguent par leur sécheresse relative (< 70 mm).

**La sécheresse d'été** caractérise le climat méditerranéen : moins de 30mm de précipitations sur la quasi-totalité du territoire PACA en juillet. Les précipitations peuvent néanmoins se produire en été sous forme d'orage près des reliefs intérieurs ou côtiers.

#### Les températures

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. Les différents caractères climatiques de la région peuvent être chiffrés au travers des températures, ainsi :

**Les températures moyennes annuelles :** permettent de remarquer le passage très rapide des régions au climat doux, comme Marseille et ses alentours, au région au climat de montagne, notamment par le resserrement des isothermes dès que l'on monte en altitude.

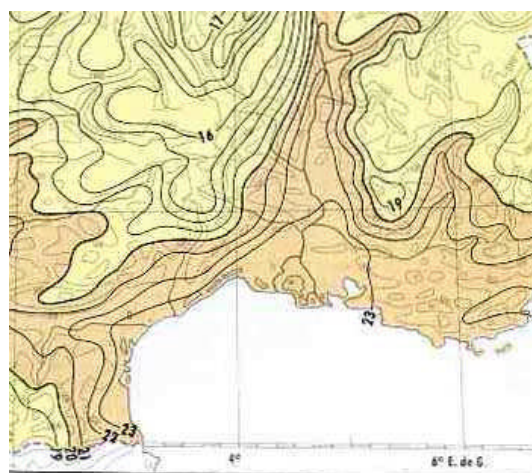
**Les températures moyennes mensuelles :** indiquent une différence entre les zones montagneuses et le reste de la région, ainsi qu'une forte influence du littoral. On note par exemple un écart de 9°C entre le littoral (9°C) et les zones montagneuses (0°C et moins dans les Alpes) en janvier, la différence est moindre en été ou aux mi-saisons (environ 5°C). Pour la zone intermédiaire et la zone littorale, il y a des faibles différences de températures entre les stations en mi-saison et en été et des écarts plus importants en hiver. Le périmètre d'Euroméditerranée, caractérisé par sa proximité aux côtes, bénéficie de températures relativement douces tout au long de l'année.

**Les degrés jours unifiés :** 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). En moyenne leur nombre est restreint et est le plus faible de France.

**Les amplitudes annuelles** de températures entre hiver et été sont importantes dans les régions de montagne et, dans la zone intermédiaire, les écarts sont atténués pour les stations situées le long du littoral, comme la ville de Marseille.

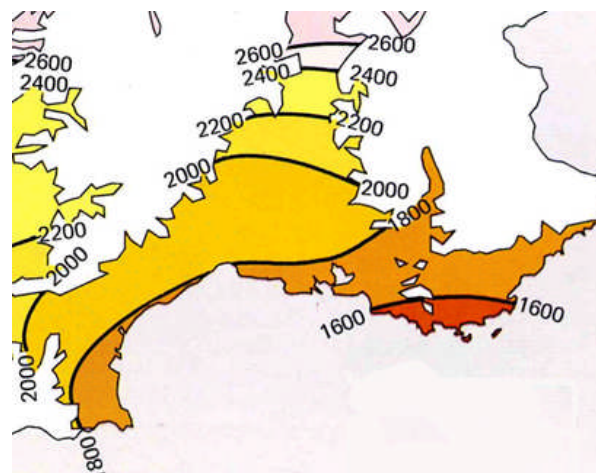
**Les amplitudes journalières** qui indiquent partiellement le réchauffement par le soleil, sont très importantes dans les zones de montagnes et intermédiaires. Les plus fortes de France se trouvent dans les vallées des Alpes de Hautes Provence (Castellane, Nyons). Par contre, sur le littoral, elles sont plus faibles et à peu près constantes sur l'ensemble de l'année. En moyenne les amplitudes journalières sont plus faibles en hiver qu'en été.

**Les fortes chaleurs et le froid :** La période critique pour les fortes chaleurs se situe en juillet et dans la première quinzaine d'août. Sur l'année le nombre de jour de forte chaleur est important particulièrement dans la zone intermédiaire (ex. Le Luc avec 45J de température maximum supérieure à 30°C). Lors des mois les plus froids (janvier), le nombre de jours avec gel est faible sur le littoral et relativement important sur l'ensemble de la région. Le gel est peu persistant (sa durée est en moyenne inférieure à 24 heures), sauf en montagne.



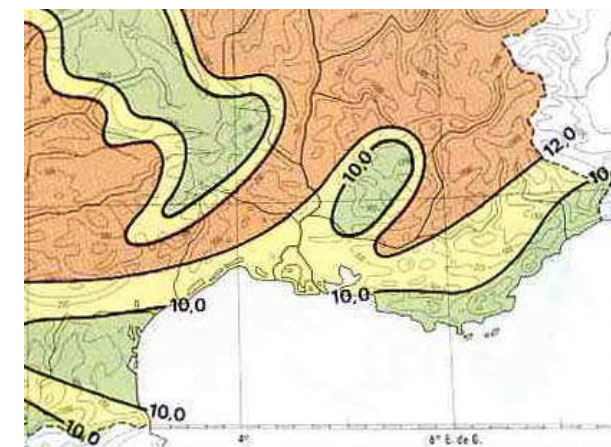
**Isothermes de Juillet**

Source : Le climat de la France ; Météorologie Nationale



**Degrés-jours saison de chauffage**

Source : Atlas climatique de la construction ; CSTB



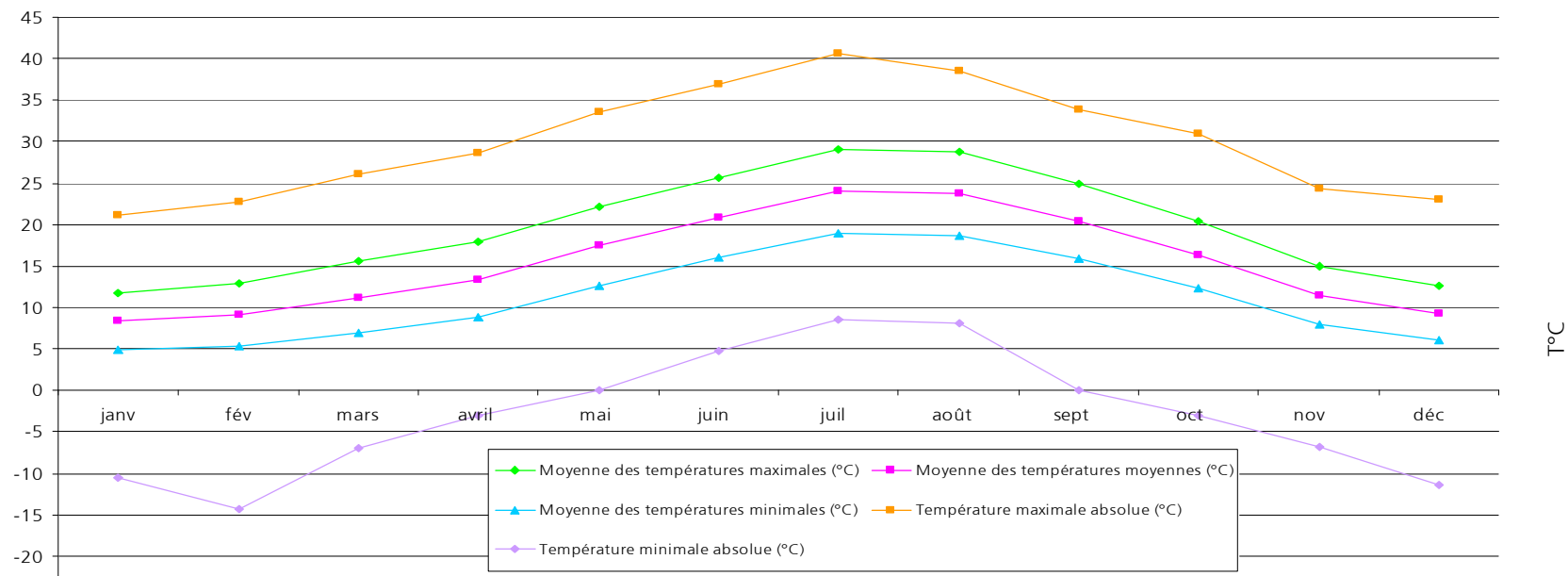
**Amplitudes moyennes Juillet (°C)**

Source : Le climat de la France ; Météorologie Nationale

#### LES DONNEES CLIMATIQUES SUR LE PERIMETRE D'EUROMEDITERRANEE

La ville de Marseille est située en zone maritime, sur la côte, au débouché de la vallée du Rhône. Les données générales vues précédemment s'applique donc à son climat, en particulier celle de la **zone côtière, soumise à l'influence du littoral**.

**La température moyenne** annuelle s'élève à 15,5 °C (moyenne des températures diurnes et nocturnes). Le nombre moyen de jours avec des températures dépassant les 25°C s'élève à 100 (de mars à octobre), dont 27 jours avec des températures dépassant les 30°C.



Températures moyennes mensuelles sur 30 ans

Sur la période estivale (juin, juillet, août et septembre), **l'amplitude thermique jour/nuit moyenne est de l'ordre de 10°C**, offrant un potentiel très intéressant aux stratégies bioclimatiques valorisant le rafraîchissement nocturne par surventilation naturelle.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
Température moyenne °C	8.4	9.1	11.2	13.4	17.5	20.8	24	23.7	20.4	16.3	11.5	9.3	15.5
Nombre moyen de jours avec T >= 30°C	-	-	-	-	0.2	2.8	12.7	10.2	1	-	-	-	26.9
Amplitude thermique moyenne jour/nuit en °C	6	8.1	9.8	9	8.6	8.8	9.4	10.2	10.1	7.9	6.5	5.7	-
DJU (moyenne en °C)	298.9	252	211.4	139.3	42.9	45	0.1	0.1	8.4	66.3	195.4	270.2	1489.5
Hauteur de précipitations (moyenne en mm)	63.3	39.5	45.5	55.2	41	26.8	8.8	32.8	63.3	91.6	53.3	52.3	573.4

Données climatologiques de la ville de Marseille

### CARACTERISTIQUES DU CLIMAT MEDITERRANEEN

Les précipitations sont irrégulières et parmi les plus faibles de France : 573,4 mm annuellement avec 55 jours de pluie et seulement 17 pendant lesquels les précipitations dépassent 10 mm. Elles sont très réduites en été mais peuvent tomber sous forme d'orage violent en automne. Le nombre de jours de gel est faible et les chutes de neige rares. L'humidité moyenne relative au niveau de la cité phocéenne s'élève à 75% en hiver et environ 50% en été. La proximité de la mer est l'explication de telles valeurs.

La ville de Marseille bénéficie d'un ensoleillement important, **plus de 2750 heures de soleil par an**. Le ciel est nuageux seulement 12% du temps, ce qui laisse un très bon potentiel pour l'utilisation passive ou active de l'énergie solaire.

Fréquence mensuelle où le ciel est													
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
Ensoleillé	56	74	72	58	67	71	81	79	75	59	53	50	67
Variable	27	19	20	24	24	18	13	14	16	25	29	33	21
Nuageux	17	7	8	18	9	11	6	7	9	16	18	17	12

Le rayonnement global annuel horizontal est très bon, il se situe à environ **1 634 kWh/m<sup>2</sup>** ; il provient pour 497 kWh/m<sup>2</sup> du rayonnement diffus et pour 1137 kWh/m<sup>2</sup> du rayonnement direct.

Irradiation cumulée (en kWh/m <sup>2</sup> )													
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
Global	57	85	131	155	211	216	232	197	148	97	60	48	1634
Diffus	23	28	45	53	62	59	54	51	41	36	25	21	497
Direct	34	57	86	102	149	157	178	146	107	62	35	27	1137

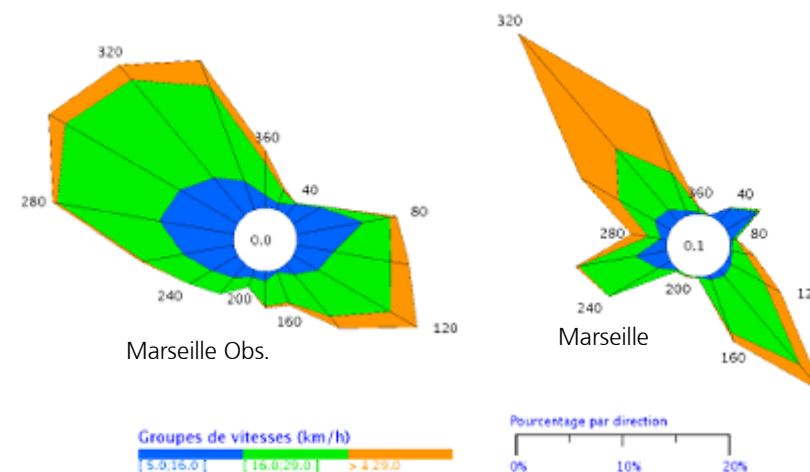
Cumulé sur une saison de chauffe moyenne, estimée d'octobre à avril, le rayonnement global horizontal s'élève à 633 kWh/m<sup>2</sup>, ce qui constitue un potentiel en apports solaires passifs important.

Ceci peut contribuer à accentuer l'**effet d'îlot de chaleur urbain**.

**Le vent souffle quasiment continuellement** sur le site (99,9% du temps). Les vents dominants sont Nord-Ouest/Sud-Est.

La côte marseillaise fait l'objet d'une alternance de brises thermiques (brises de mer et de terre) favorisée par des journées de beau temps. Le périmètre d'Euroméditerranée est directement concerné par ce phénomène qui joue notamment un rôle important sur la pollution de l'air et le microclimat urbain. Il contribue également à l'atténuation de l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Les effets thermiques des vents par la topographie et la position des surfaces d'eau sont à prendre en compte.



#### Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %

« Marseille-Obs » : à environ 1,5 km à l'Est de la gare Saint-Charles  
 « Marseille » : à environ 5 km au Sud de la Porte d'Aix, à proximité du parc Borely



## Influence des paramètres climatiques dans la conception des bâtiments méditerranéens

### L'ensoleillement

Les taux d'ensoleillement que représentent les fractions d'insolation sont très élevés et dépassent en permanence les 50%. Ceci est très favorable à l'utilisation de l'énergie solaire, depuis la conception solaire passive (apports gratuits de chaleur) à la valorisation au travers la production d'ECS (solaire thermique) ou la production d'électricité (solaire photovoltaïque). Il faudra également s'en protéger afin d'éviter l'inconfort thermique (cf. fiche protections solaires).

### Le vent

Pour le bâtiment, il constitue une aggravation des charges thermiques du chauffage par infiltration par les menuiseries. Il vient souvent suractiver les échanges thermiques mais peut aussi être mis à contribution pour ventiler les locaux de jour comme de nuit. 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. Il peut être tentant d'exploiter son énergie avec des éoliennes : la vallée et le delta du Rhône sont des sites favorables.

### Les DJU

Le nombre de Degrés Jours est restreint, ce qui signifie que le chauffage ne sera pas un poste de consommation élevé, à l'exception des zones d'altitude. De même le traitement des ponts thermiques sera moins nécessaire que dans des zones plus froides.

### Les amplitudes

Les fortes amplitudes, couplées à un taux d'ensoleillement très élevé, 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). De même, l'écart des températures entre le jour et la nuit, d'une dizaine de degré permet de mettre à profit une ventilation nocturne, quand cela est possible (suivant la zone de bruit)

### L'humidité

Du fait de la proximité de la mer l'humidité moyenne relative sur le périmètre d'Euroméditerranée s'élève à 50% en été et 75% en hiver, ce qui est relativement élevé. Combinée à des températures douce cela pourra influencer sur les niveaux de confort : une ventilation performante devra être mise en place pour garantir le confort thermique et la qualité de l'air.

### L'évapotranspiration potentielle

Ce paramètre est un indicateur des besoins en eau des plantes. A Marseille, l'évaporation potentielle pendant le mois de juillet atteint 180 mm. Ce phénomène étant moins intense la nuit, il faudra privilégier, quand cela est nécessaire, un arrosage nocturne.

### Pluviométrie

La région méditerranéenne est caractérisée par sa saison sèche, mais également par ses pluies orageuses abondantes en automne. Il faudra donc tenir compte du risque d'inondation et prévoir des systèmes de rétention adaptés.



#### Insertion dans le climat méditerranéen

#### Limites & points de sensibilité : intégrer le Changement Climatique

La Méditerranée a été recensée par le 4ème rapport du GIEC comme l'une des régions du monde dans lesquelles le réchauffement climatique devrait marquer le plus l'environnement. Les analyses des spécialistes du climat convergent vers un certain nombre de pronostics en ce qui concerne la Méditerranée : hausse moyenne des températures de 3 à 4 °C, baisse quasi-générale des précipitations et plus grande occurrence d'évènements extrêmes d'ici 2100.

D'ici la fin du siècle, l'augmentation de la moyenne annuelle des températures se situerait entre 2,2°C et 5,1 °C en Méditerranée. Dans les régions subsahariennes, l'augmentation en été pourrait atteindre 4 °C. En revanche, sur la rive Nord, c'est en hiver que l'augmentation devrait être plus marquée, autour de 3 °C. Pour ce qui concerne les précipitations, en raison d'effets thermodynamiques comme la diminution de l'humidité relative au-dessus des continents, les précipitations moyennes seront très probablement en réduction dans la majeure partie de la région par rapport au climat actuel. Le nombre de jours de pluie devrait très probablement diminuer et le risque de sécheresse sensiblement augmenter. La durée de la période enneigée serait raccourcie. Selon les différents modèles utilisés, toutes les saisons devraient voir une diminution des précipitations. En moyenne, celle-ci pourrait atteindre 24% en été.

En ce qui concerne les évènements climatiques extrêmes, les modèles convergent vers :

- Une multiplication des vagues de chaleur, avec augmentation de leur fréquence, de leur intensité et de leur durée,
- Des sécheresses continentales en nette augmentation : baisse du nombre de jours de précipitations, augmentation de la durée des épisodes les plus longs sans pluie.

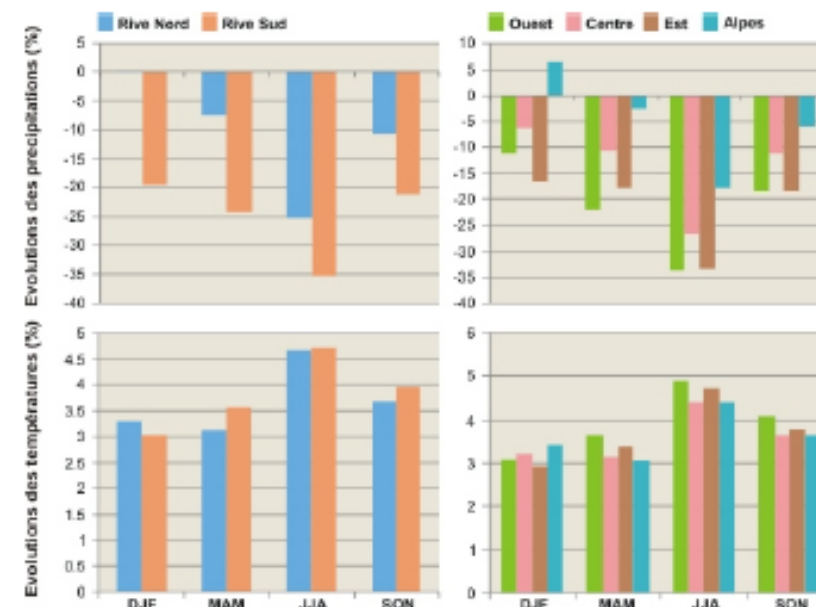
Source : Plan Bleu Sophia Antipolis

#### Enjeux : privilégier l'architecture bioclimatique

Les centres historiques de Rome, Venise, Florence, Athènes, Barcelone, Marseille, Istanbul ou les médinas des villes arabes, sont autant d'exemples de villes «bioclimatiques », dont la construction avait été guidée par le souci de préservation de l'énergie et par des principes d'architecture aujourd'hui revalorisés, tels que :

- Orientation choisie pour capter le soleil en hiver et réduire les apports de chaleur en été ;
- Isolation des murs et toitures, réduction des pertes de chaleur ;
- Réduction des besoins de rafraîchissement (ventilation, ombrages extérieurs, couleurs, protection solaire des vitres, murs et toitures) ;
- Éclairage intérieur en tenant compte de la luminosité spécifique en Méditerranée.

Les inquiétudes écologiques planétaires toutes récentes suscitent un retour vers les principes de l'architecture bioclimatique, dont le potentiel peut être démultiplié grâce à l'utilisation des technologies actuelles. En matière d'isolation thermique et d'éclairage, des solutions techniques adaptées existent pour réduire les consommations d'énergie des bâtiments : étude d'ensoleillement initiale, utilisation de l'énergie solaire disponible (sous forme de lumière ou de chaleur) en évitant la surchauffe estivale, isolation thermique, ventilation naturelle diurne et nocturne..., pour le parc des logements neufs.



Variations moyennes de températures et de précipitations entre 1961-1980 et 2081-2100, tirées de 21 modèles climatiques mondiaux  
Source : Giorgi, 2007, résultats du modèle CMIP-3





### Sources documentaires – bibliographie

- [www.regionpaca.fr](http://www.regionpaca.fr) (confort d'été, fiche A : confort d'été et climat)
- Le climat méditerranéen et ses conséquences constructives – *enviroB.A.T méditerranée, Jean-Louis Izard*
- Les perspectives du Plan Bleu sur le développement durable en Méditerranée – *Plan Bleu Sophia Antipolis*
- Changement climatique et énergie en méditerranée – *Plan Bleu Sophia Antipolis*
- La maison passive en climat méditerranéen – *Ecole d'architecture de Lyon*
- Fiche climatologique ville de Marseille – *Météo France*
- Etat des lieux et identification des enjeux de la qualité environnementale dans le périmètre d'Euroméditerranée, Cahier 2 : données techniques – *CSD Azur*
- Conception thermique de l'habitat, guide pour la région PACA – *Architectes Ingénieurs SOL.A.I.R*
- Traité d'urbanisme et d'architecture bioclimatiques – *Alain Liébard et André de Herde*