

Méthodologie pour trouver une palette végétale adaptée au milieu urbain / changements climatiques



Umbellularia californica (Sugarloaf state park, Californie)

Hortis, Albi 12 janvier 2023
Thierry Lamant, ONF Vegetis Arbre Conseil®

- I. Itinéraire technique conseillé**
- II. Paramètres climatiques pris en compte**
- III. L'outil ClimEssences**
- V. Exemple d'une étude climatique : la ville de Carcassonne**
- VI. Quelles espèces pour l'avenir ?**



Artemisia tridentata (Onion valley, Californie)

I. Itinéraire technique conseillé

- **Données météorologiques du secteur concerné (par mois)** : précipitations, extrêmes thermiques ; nombre de jours de gel ; insolation ; hygrométrie minimale ; évapotranspiration potentielle (ETP) ; diagramme ombrothermique
- **Scenarii climatiques du GIECC**
- **Recherche de données climatiques européennes** suivant les écarts de températures envisagés
- **Contexte sociologique local** : « microforêts ? », espèces « locales et envahissantes », approvisionnement, contrats de culture...
- **Consultation des listes de végétaux** en fonctions des critères de résistance au froid, au chaud et au sec :
 - *avec excès climatiques chauds et secs sous influence maritime , sans froid hivernal notable
 - *avec excès climatiques froids, chauds et secs sans influence maritime

II. Paramètres climatiques pris en compte

Principe de base : recherche hors de nos frontières d'un climat actuel qui correspondrait à la simulation envisagée par les climatologues

Paramètres :

- diagrammes ombrothermiques
- températures extrêmes
- précipitations (quantité / répartition)
- influence océanique ou méditerranéenne
- Régime éolien

- latitude de la France métropolitaine : entre 42,7° et 51° Nord soit de l'autre côté de l'Atlantique entre la Nouvelle-Angleterre et le Nord de Terre-Neuve



Source : <https://gignac-en-quercy.fr>

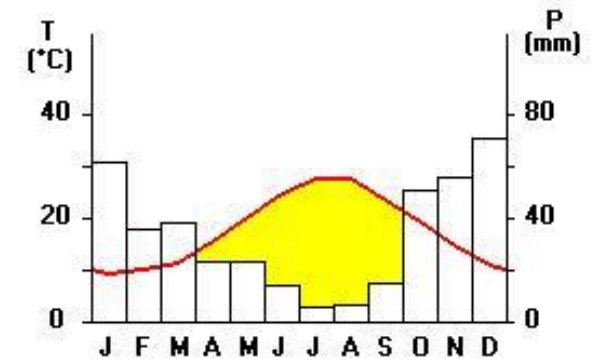
II. Paramètres climatiques pris en compte

Le diagramme ombrothermique :

- variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations
- une gradation de l'échelle des précipitations correspond à deux gradations de l'échelle des températures ($P = 2T$).
- comparaison facilitée des climats de différents endroits d'un point de vue des précipitations et températures (moyennes).
- températures indiquées à gauche et les précipitations sont indiquées à droite (en ordonnées).
- la zone « sensible » se trouve entre la courbe des températures et le cumul mensuel des précipitations

ATHENES (GRECE - 38°N)

	Temp. (°C)	Précipit. (mm)
Janvier	9,3	62
Février	9,9	36
Mars	11,3	38
Avril	15,3	23
Mai	20,0	23
Juin	24,6	14
Juillet	27,6	6
Août	27,4	7
Septembre	23,5	15
Octobre	19,0	51
Novembre	14,7	56
Décembre	11,0	71



Température annuelle moyenne : 17,8°

Total des précipitations : 402 mm

Microgéo 5.4d - avec l'autorisation de l'auteur

II. Paramètres climatiques pris en compte

L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

Quantité d'évaporation qui pourrait se produire en cas d'approvisionnement en eau suffisant

L'évapotranspiration réelle correspond à la demande nette de l'atmosphère en humidité par rapport à ce qu'une surface de sol peut fournir aussi sous influence diverses (température de l'air, ensoleillement, vent).

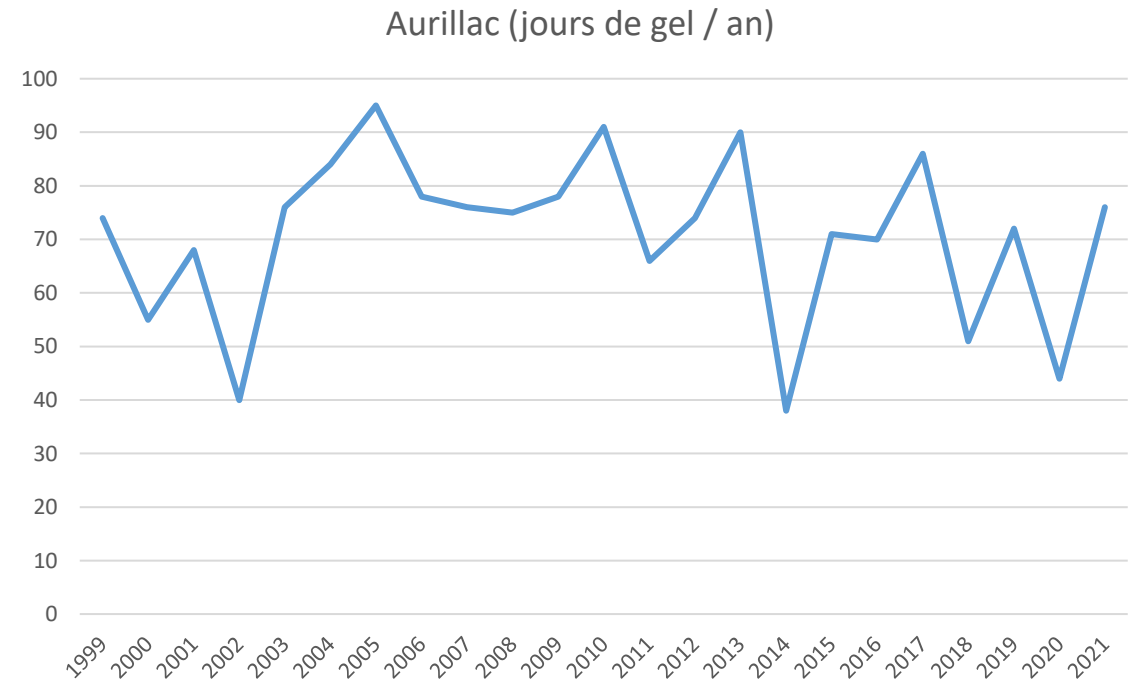
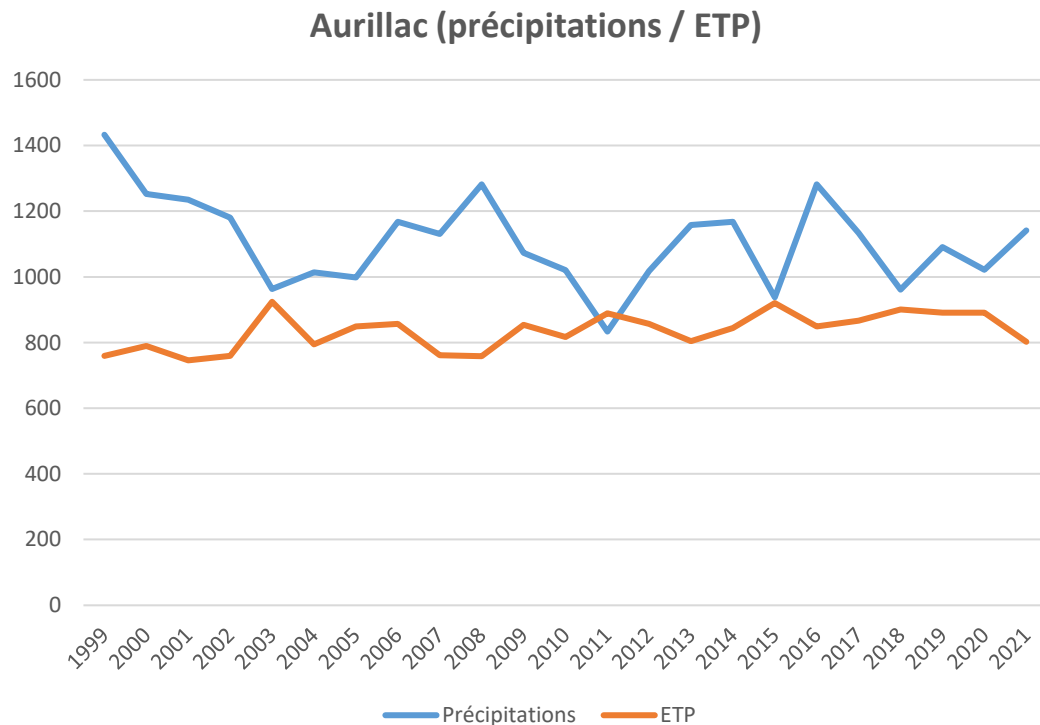
Une zone aride est un endroit où le potentiel annuel d'évaporation excède les précipitations annuelles.



Sequoia sempervirens, Angers

II. Paramètres climatiques pris en compte

Evolution des précipitations / ETP et du nombre de jours de gel par mois à Aurillac de 1999 à 2021



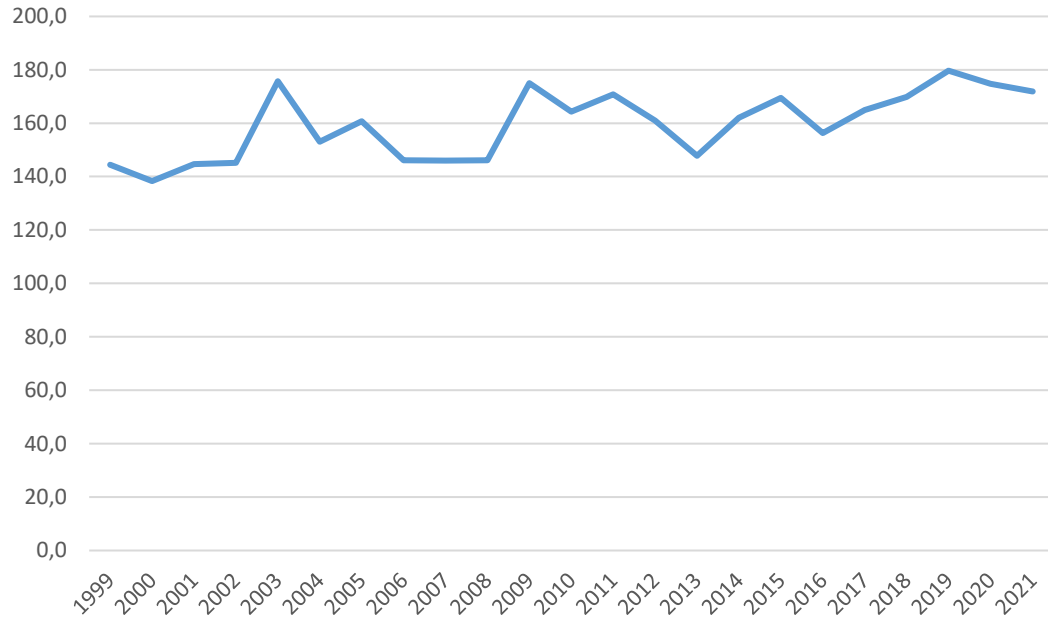
Minima : -24,5 C en janvier 1985 (-18° C en février 2012)

Maxima : 38,1° C en juin 2019

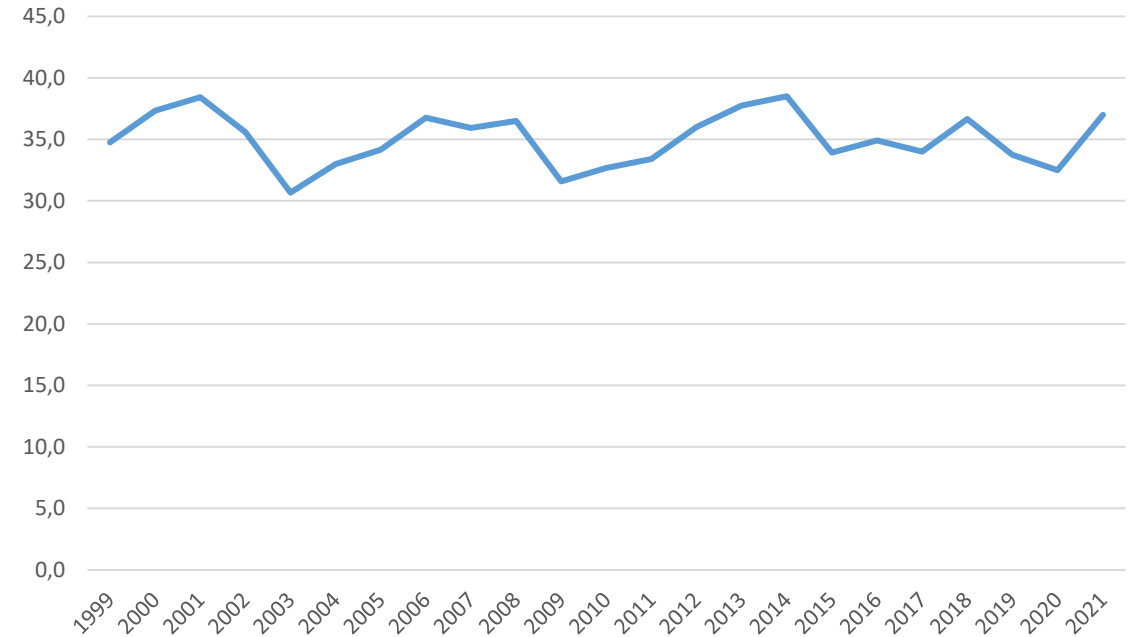
II. Paramètres climatiques pris en compte

Evolution de l'insolation et de l'hygrométrie minimale moyenne à Tours de 1999 à 2021

Tours (insolation)



Tours (hygrométrie minimale moyenne annuelle)

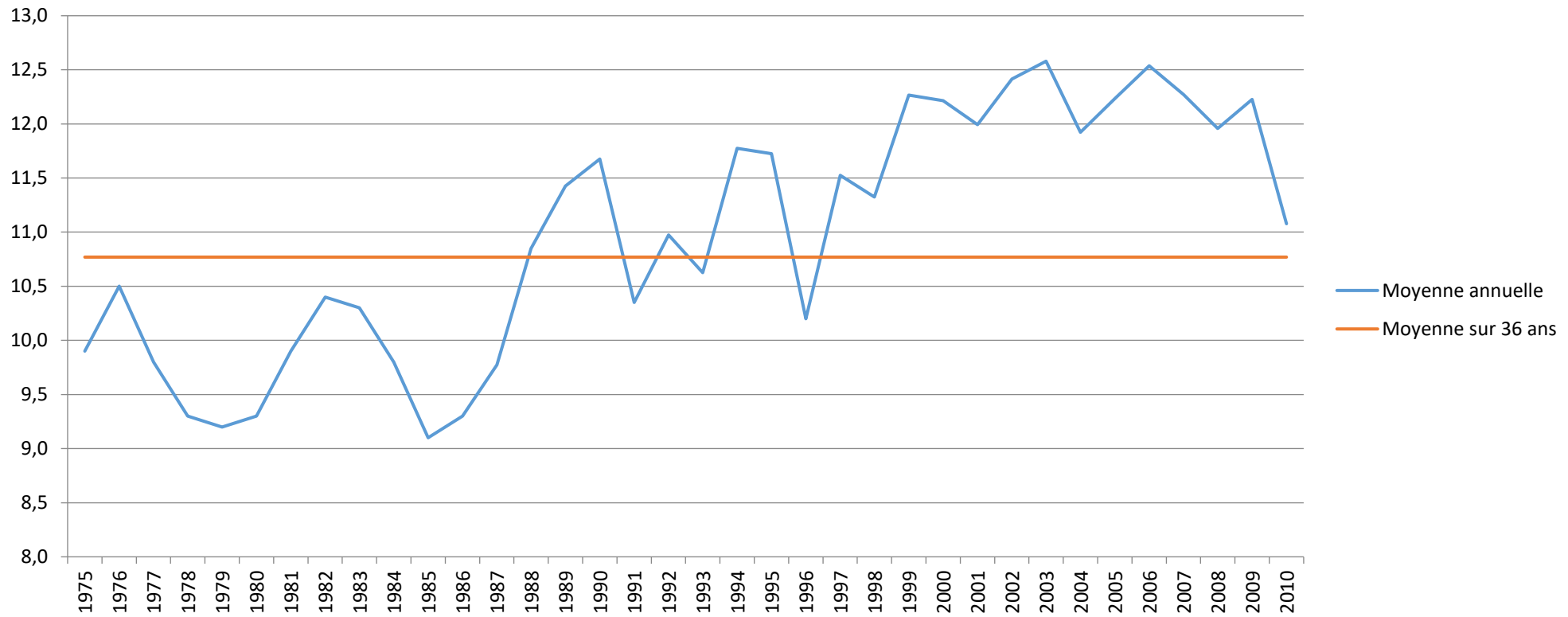


Minima ; -13° C en janvier 2009
Maxima : 40,8° C en juillet 2019
(année la plus ensoleillée)

16% en juillet 2015 et 2019 ;
août 2016

II. Paramètres climatiques pris en compte

Evolution des températures moyennes à Roumare (76) de 1975 à 2010



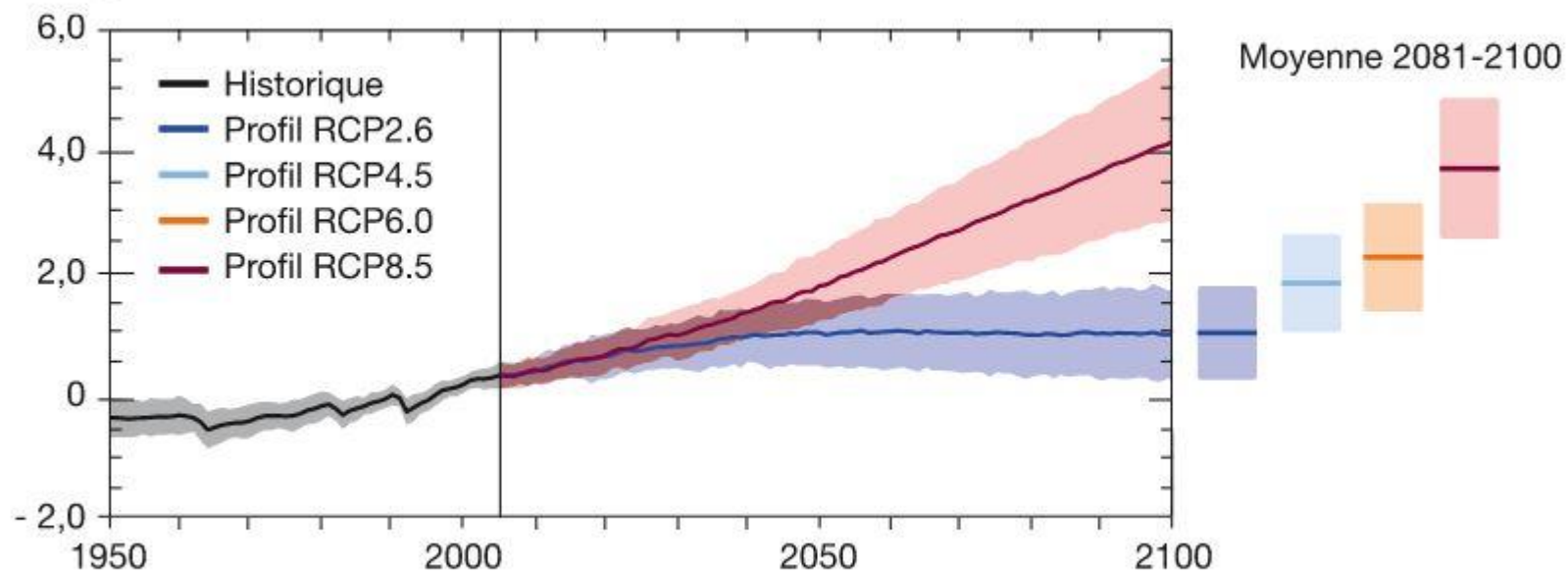
II. Paramètres climatiques pris en compte

Les anciens scenarii du Giec

GIEC

Projection de la variation de température moyenne mondiale suivant différents scénarios

En °C



Note : variation de la température par rapport à la période 1986-2005.

Source : Giec, 1^{er} groupe de travail, 2013

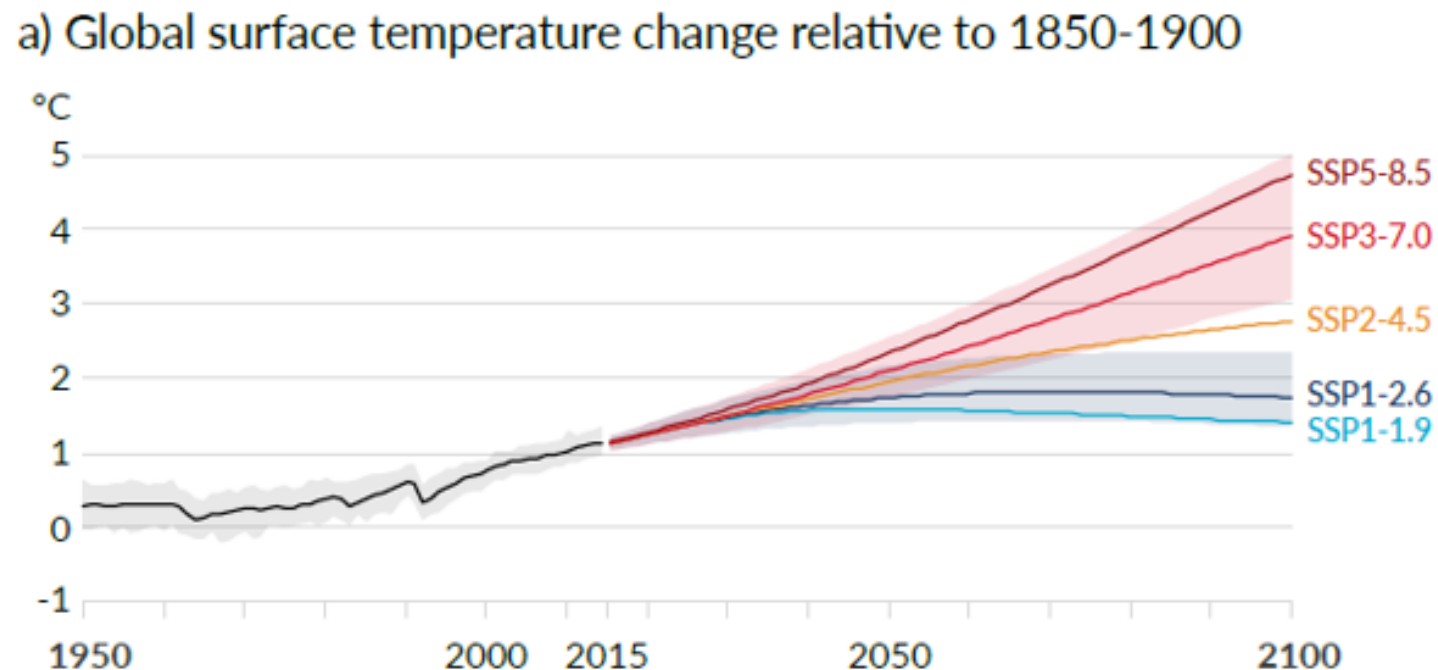
II. Paramètres climatiques pris en compte

Les nouveaux scénarii du Giec (14 septembre 2021)

- **SSP1-1.9** : scénario très ambitieux pour représenter l'objectif 1,5°C de l'Accord de Paris
- **SSP1-2.6** : scénario de développement durable
- **SSP2-4.5** : scénario intermédiaire
- **SSP3-7.0** : scénario de rivalités régionales
- **SSP5-8.5** : développement basé sur les énergies fossiles

les scénarios SSP ambitieux décrivent un pic des émissions plus tardif que dans les RCP ambitieux car les émissions réelles n'ont pour l'instant pas suivi la trajectoire des scénarios les plus optimistes.

Figure 2 : Augmentation de la température de surface dans chacun des scénarios par rapport aux niveaux de 1850-1900



Sur cette figure, les lignes représentent la valeur moyenne obtenue par l'ensemble des modèles climatiques utilisés. Les aires colorées représentent les valeurs obtenues dans 90% des simulations pour le SSP3-7.0 et le SSP1-2.6. Cette fourchette n'est pas représentée sur les autres scénarios par souci de lisibilité.

Source : Sixième rapport d'évaluation du premier groupe de travail du GIEC, 2021

II. Paramètres climatiques pris en compte

La classification climatique de Köppen-Geiger

- 1ère lettre : type de climat
- 2ème lettre : régime pluviométrique
- 3ème lettre : variations de températures

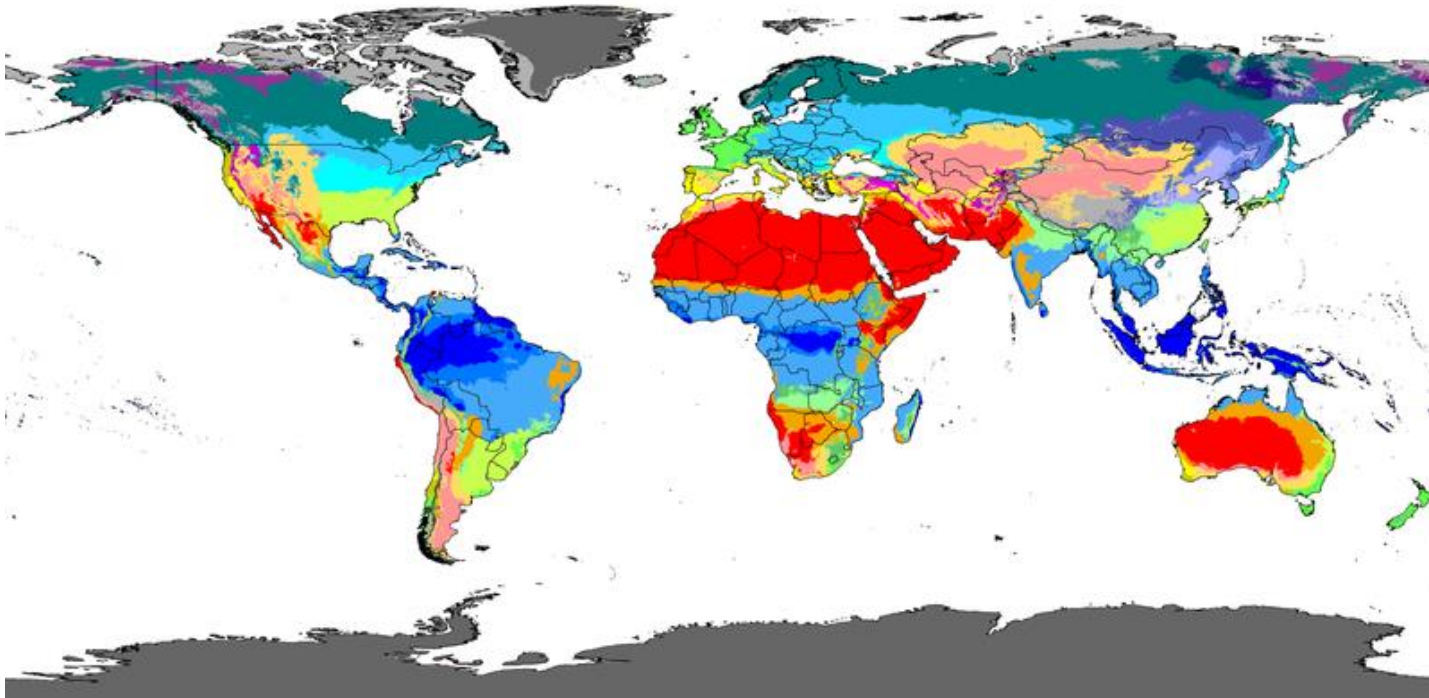
Code	Type	Description
A	Climat tropical	Température moyenne de chaque mois de l'année > 18 °C
		Pas de saison hivernale
		Fortes précipitations annuelles (supérieure à l'évaporation annuelle)
B	Climat sec	Evaporation annuelle supérieure aux précipitations annuelles. Ce seuil est calculé de la manière suivante :
		Si moins de 30 % des précipitations tombent en été (avril à septembre dans l'hémisphère nord) : Précipitations annuelles moyennes (mm) < 20 × température annuelle moyenne (°C)
		Si plus de 70 % des précipitations tombent en été : Précipitations annuelles moyennes (mm) < 20 × température annuelle moyenne + 280
		Autrement : Précipitations annuelles moyennes (mm) < 20 × température annuelle moyenne + 140
C	Climat tempéré	Température moyenne du mois le plus froid comprise entre -3 °C et 18 °C
		Température moyenne du mois le plus chaud > 10 °C
		Les saisons été et hiver sont bien définies
D	Climat continental	Température moyenne du mois le plus froid < -3 °C
		Température moyenne du mois le plus chaud > 10 °C
		Les saisons été et hiver sont bien définies
E	Climat polaire	Température moyenne du mois le plus chaud < 10 °C
		La saison d'été est très peu marquée

https://fr.wikipedia.org/wiki/Classification_de_K%C3%B6ppen

II. Paramètres climatiques pris en compte

La classification climatique de Köppen-Geiger

En France : Csa ; Csb, Dfa



- Af : climat équatorial
- Aw : climat de savane avec hiver sec
- As : climat de savane avec été sec (catégorie parfois utilisée en analogie avec Aw dans les rares cas où la saison sèche se produit dans les mois où le soleil est au plus haut.)
- Am : climat de mousson
- BS : climat de steppe (semi-aride)
- BW : climat désertique
- Cf : climat tempéré chaud sans saison sèche
- Cw : climat tempéré chaud avec hiver sec (chinois)
- Cs : climat tempéré chaud avec été sec (méditerranéen)
- Df : climat continental froid sans saison sèche
- Dw : climat continental froid avec hiver sec
- Ds : climat continental froid avec été sec (continental méditerranéen)
- ET : climat de toundra
- EF : climat d'inlandsis
- EM : climat subpolaire océanique

II. Paramètres climatiques pris en compte

La classification climatique de Köppen-Geiger

Code	Description	S'applique à
a : été chaud	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus chaud > 22 °C 	C-D
b : été tempéré	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus chaud < 22 °C • Températures moyennes des 4 mois les plus chauds > 10 °C 	C-D
c : été court et frais	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus chaud < 22 °C • Températures moyennes mensuelles > 10 °C pour moins de 4 mois • Température moyenne du mois le plus froid > -38 °C 	C-D
d : hiver très froid	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne du mois le plus froid < -38 °C 	D
h : sec et chaud	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne annuelle > 18 °C 	B
k : sec et froid	<ul style="list-style-type: none"> • Température moyenne annuelle < 18 °C 	B

Classe	Types de climats
A	<ul style="list-style-type: none"> • Équatorial : Af • Mousson : Am • Savane : Aw, As
B	<ul style="list-style-type: none"> • Désertique : BWh, BWk, BWn • Semi-aride : BSh, BSk, BSn
C	<ul style="list-style-type: none"> • Subtropical humide : Cfa, Cwa • Océanique : Cfb, Cwb, Cfc, Cwc • Méditerranéen : Csa, Csb, Csc
D	<ul style="list-style-type: none"> • Continental humide : Dfa, Dwa, Dfb, Dwb • Subarctique : Dfc, Dwc, Dfd, Dwd • Continental méditerranéen : Dsa, Dsb, Dsc, Dsd
E	<ul style="list-style-type: none"> • Toundra : ET • Inlandsis ou calotte glaciaire : EF

II. Paramètres climatiques pris en compte

Les climats méditerranéens et l'indice xérothermique de Gaussen



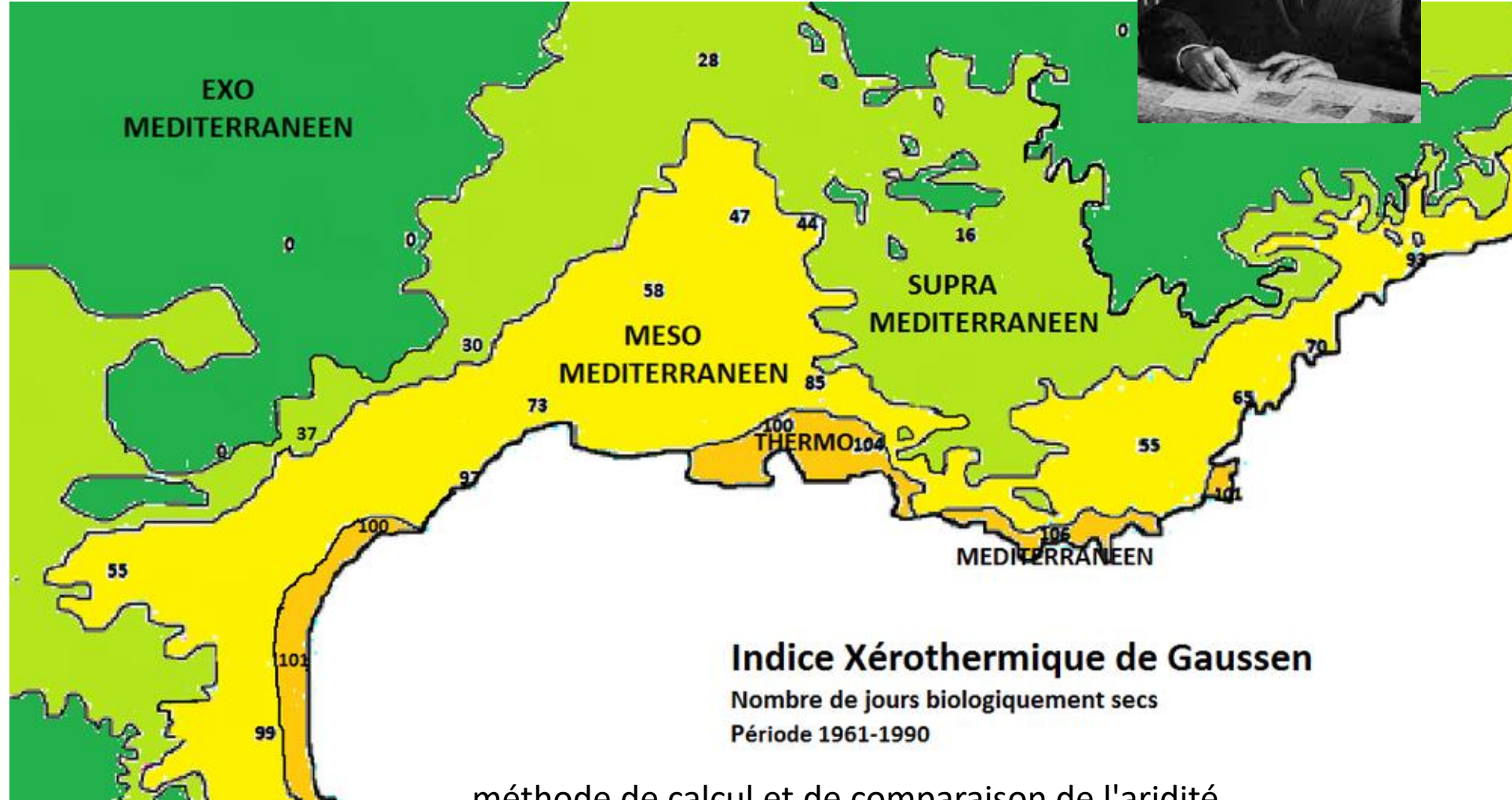
Subméditerranéen : 1
ou 2 mois secs

Mésoméditerranéen :
3 ou 4 mois secs

Thermoméditerranéen
: 5 ou 6 mois secs

Xérothermoméditerranéen : 7 ou 8 mois
secs

**Xérothérique : 1 ou 2
mois secs**



méthode de calcul et de comparaison de l'aridité

III. L'outil ClimEssences

Outil d'aide au choix d'essences mis en place par le RMT Aforce (réseau mixte technologique) qui a pour objectif d'accompagner les forestiers dans l'adaptation des forêts aux changements climatiques tout en renforçant leur capacité d'atténuation. Ce projet a fusionné de 2 projets « Caravane » (fiches espèces) ainsi que IKSMAP1 et IKSMAP2 (modèle de compatibilité climatique IKS).

Lien



Documentation

Fr

tiamantONF
Mode Expert

Fiches espèces

Variables climatiques

Analogie climatique

Compatibilités climatiques

Comparaison de scénarios climatiques *

Le site **ClimEssences**, proposé par le **RMT AFORCE**, met à disposition une **série d'aides pour le choix des essences** (espèces forestières arborées) dans le contexte **du changement climatique**.

Les fonctionnalités proposées permettent :

- d'améliorer sa **connaissance des essences**,
- de comprendre les **évolutions du climat** selon différents scénarios de changements climatiques, à l'échelle d'une région forestière,
- d'outiller la réflexion sur le **choix des essences** en climat changeant.

Deux approches complémentaires sont proposées :

- Des **fiches espèces** regroupant les connaissances disponibles sur les essences d'après 37 critères,
- Des **modélisations cartographiques de la compatibilité climatique des essences** à l'aide du **modèle IKS**.

Gestion des services

1

11:01

Les trois indicateurs IKS sont :

DHYa : le Déficit Hydrique annuel, qui au-dessus d'un seuil maximal correspond au facteur limitant manque d'eau,

TMIa : la Température Minimale annuelle, qui en-dessous d'un seuil minimal correspond au facteur limitant excès de froid,

SDJa : la Somme des Degrés Jours annuelle, qui en-dessous d'un seuil minimal correspond au facteur limitant manque de chaleur.

On peut utiliser ces trois indicateurs :

- Soit pour caractériser le climat, pour faire par exemple de l'analogie climatique,
- Soit en calant les seuils par essences pour caractériser leur aire de compatibilité climatique.

III. L'outil ClimEssences

simulée avec de nombreux modèles climatiques et sur deux trajectoires RCP extrêmes : RCP 2,6 et RCP 8,5. Les halos formés par les différents résultats des modèles illustrent ce que l'on appelle **l'incertitude de simulation du climat**.

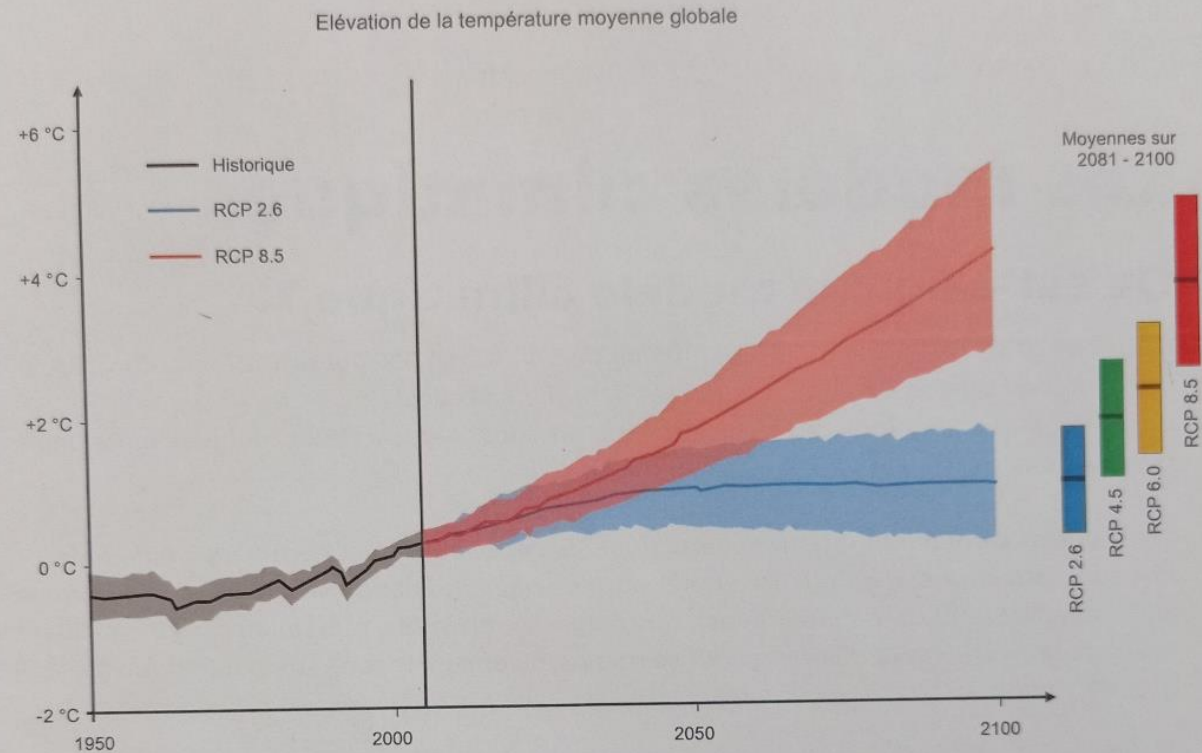


Figure 2 : Élévation de la température moyenne du globe en surface (d'après 5ème rapport du GIEC, période de référence 1986-2005). Les faisceaux colorés représentent la variabilité des simulations des différents modèles climatiques.




III. L'outil ClimEssences

Trente-sept critères permettant de décrire leurs exigences et leur comportement sont organisés dans 8 thèmes de connaissances :

- Les facteurs climatiques limitants,
- Les facteurs édaphiques limitants,
- La connaissance de la diversité génétique,
- La croissance et la production de bois,
- Les autres services écosystémiques,
- La mise en œuvre sylvicole,
- La vulnérabilité aux risques biotiques,
- La vulnérabilité aux risques abiotiques.

Alnus cordata Desf. - Auline de Corse | ClimEssences <https://climesences.fr/alnus-cordata-desf-auline-de-c>

Taxonomie de GRIN	Alnus cordata (Loisel.) Duby	Taxonomie Plant List	Alnus cordata (Loisel.) Duby
Classification Hillier	Alnus cordata Desf.		

CRPF PACA © CNPF Thierry Lamant © ONF Thierry Lamant © ONF

Aspect général

C'est un arbre indigène (présent en Corse) où il atteint 25 à 30 m de hauteur pour 1 m de diamètre. Ses feuilles sont arrondies à ovales, luisantes, cordées à la base avec une bordure très finement dentée et longues de 3 à 12 cm pour une largeur comprise entre 4 et 8 cm. La pétiole atteint 3 cm de long. Il produit de grands chatons mâles jaunâtres (10 cm) puis de gros cônes pour le genre Alnus car longs de 2,5 à 3 cm.

Bibliographie : 7, 8.

Localisation

L'espèce est présente entre 800 et 1400 m d'altitude en Corse, au Sud de l'Italie (Basilicate, Calabre et Campanie) et au Nord Ouest de l'Albanie. Descendant parfois à 300-400 m dans les zones à pluviométrie plus forte. Au 20ème siècle il a été planté dans de nombreux pays européens (France continentale, Espagne, Portugal, Angleterre, Pays Bas, ...) et plus récemment au Chili et en Nouvelle Zélande

Bibliographie : 2, 7, 8, 9, 12.

Aire naturelle de distribution

En cours de chargement...

sur 16 28/09/2021 à 14h

Alnus cordata Desf. - Auline de Corse | ClimEssences <https://climesences.fr/alnus-cordata-desf-auline-de-c>

1.2 Résistance adultes aux fortes sécheresses

Il résiste plutôt bien à la sécheresse à l'état jeune comme au stade adulte s'il arrive à s'enraciner profondément. Il a très bien traversé les épisodes caniculaires de 2003 et 2006 et les années avec déficits hydriques qui ont suivi.

Note **A** Fiabilité Terrain Expert Bibliographie : 7

1.3 Adaptation aux climats déficitaires en eau

Bien que plus tolérant que les autres aulnes à la sécheresse, il ne se trouve que dans les zones où les expositions permettent une pluviométrie de 1000mm par an.

Note **D** Fiabilité Terrain Expert Bibliographie : 12

1.4 Résistance aux fortes chaleurs (canicules)

Il supporte des extrêmes thermiques allant de -20° à 40° C. Il a très bien traversé les épisodes caniculaires de 2003 et 2006 et les années avec déficits hydriques qui ont suivi. Son feuillage vernissé est résistant aux fortes insulations.

Note **A** Fiabilité Terrain Expert Bibliographie : 7

1.5 Résistance aux grands froids

Il supporte des extrêmes thermiques allant de -20° à 40° C. La résistance aux grands froids est assez bonne (présent dans des jardins botaniques de Lorraine et d'Alsace et au col des trois sœurs). Au col des Trois Sœurs, la survie est de 20%.

Note **B** Fiabilité Terrain Expert Bibliographie : 7

1.6 Résistance aux gels précoces

Il ne semble pas craindre les gels précoces.

4 sur 16 28/09/2021 à 14h

III. L'outil ClimEssences

Les fiches essences : **185** espèces décrites dont **111 Gymnospermes** et **74 Angiospermes**, complétées depuis par **13 Angiospermes supplémentaires**

Alnus cordata Desf. - Auline de Corse | ClimEssences

ces sols

Note **C** Fiabilité ○○○○ Terrain ☹☹☹ Expert 🌳☹☹ Bibliographie : 13, 9

Ecogramme

XXX						
XX						
X						
m						
f						
h						
hh						
H						
AA	A	aa	a	n	b	

© Flore Forestière Française, plaines et collines (2018)

3 Connaissance de la diversité génétique

3.1 Rusticité et plasticité potentielles (déduites de l'aire de distribution)

28/09/2021 à 14

16

Alnus cordata Desf. - Auline de Corse | ClimEssences

brise vent en Italie.

Note **A** Fiabilité ○○○○ Terrain ☹☹☹ Expert 🌳☹☹ Bibliographie : 12

8.2 Résistance et/ou résilience aux incendies

Sa résistance au feu n'est pas connue, mais il présente une forte capacité à se régénérer après incendie.

Note **B** Fiabilité ○○○○ Terrain ☹☹☹ Expert 🌳☹☹ Bibliographie : 12

8.3 Tolérances particulières connues (sel, pollution...)

Il supporte les embruns salés et il est très résistant aux pollutions atmosphériques.

Bibliographie : 9 ;10 ;11 ;12 ;14 ;15 ;16 ;1 ;2 ;3 ;4 ;5 ;6 ;7 ;8 ;13.

Note **A** Fiabilité ○○○○ Terrain ☹☹☹ Expert 🌳☹☹ Bibliographie : 7

Recommandation

Cet auline est l'un des rares à supporter les sols filtrants. C'est de plus une espèce intéressante pour la production de bois-énergie de même que pour fixer les sols (calcaires altérites peu dessaturés, terrils). Bon couvert vis-à-vis des incendies et résistance à la pollution atmosphérique. Feuillage très résistant à l'ensoleillement. Il présente ainsi des qualités susceptibles de l'utiliser aussi dans le contexte des changements climatiques. Son système racinaire est associé à des ecto-mycorhizes fixatrices d'azote. Ne pas utiliser en haute altitude. Il tolère la mi-ombre et supporte d'être cultivé en peuplements mélangés.

Bibliographie

1 Allemand, P. – Espèces exotiques utilisables pour la reconstitution du couvert végétal en région méditerranéenne – Techniques et Pratiques, INRA :1989.

28/09/21

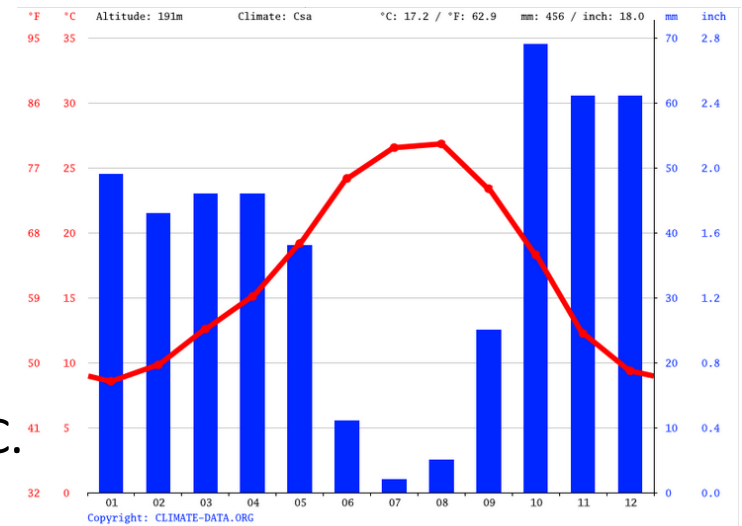
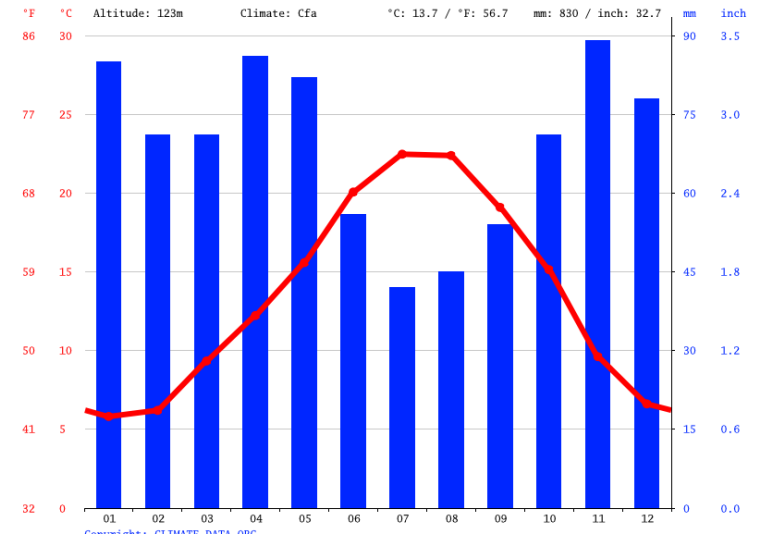
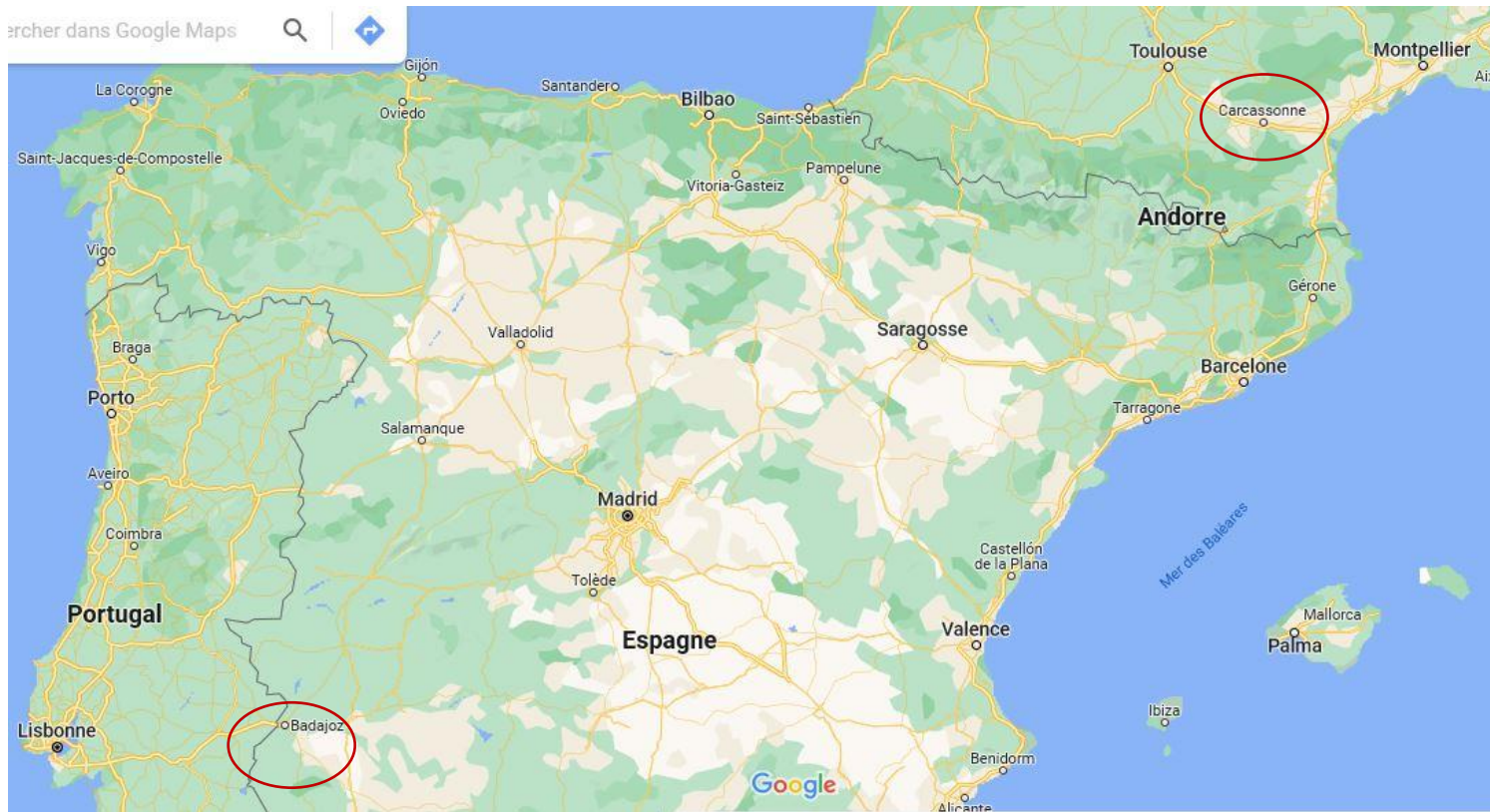
13 sur 16



Alnus cordata (aire naturelle)

V. Exemple d'une étude climatique : la ville de Carcassonne

Recherche d'un futur climat



Transposition de Carcassonne vers Badajoz

- Influence de la mer modérée
- Températures moyennes supérieures de 3,5° et minima moyens sup. de 2 à 3° C.
- Hygrométrie comparable

VI. Quelles espèces pour l'avenir ?

Consultation de documents de base :

- Bibliographie dendrologique personnelle (Flore forestière, Guide illustré des chênes, *Hillier manual of trees and shrubs*, Bulletin de l'APBF...);
- Notes d'expéditions botaniques (Etats-Unis, Mexique, Maroc) et de visites d'arboretums ;
- Plantations expérimentales personnelles et expérience en R&D de l'ONF (1998/2018) et de gestion des collections botaniques de l'arboretum national des Barres (1991/1998) ;



Quercus afares, Clos Gaillard (30)

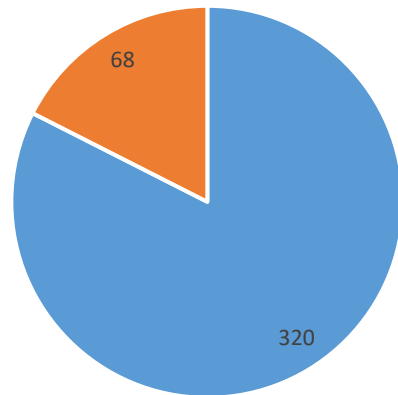
VI. Quelles espèces pour l'avenir ?



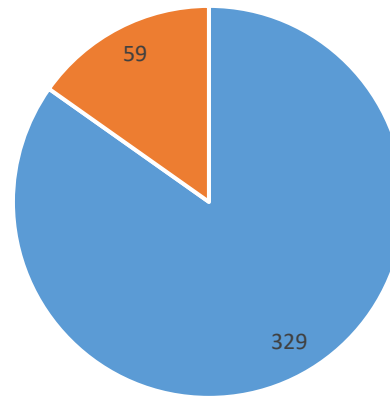
les grands déserts nord-américains (source : enamerique.com et wikipedia.org)

VI. Quelles espèces pour l'avenir ?

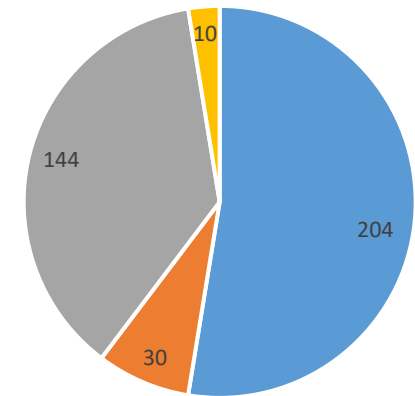
Production prochaine d'un document à l'usage des gestionnaires d'arbres urbains



■ Angiospermes ■ Gymnospermes



■ Exotiques ■ Autochtones dont naturalisés



■ Arbre ■ Petit arbre ■ Arbrisseau ■ Liane

Difficulté de trouver des espèces autochtones (15,2%)
avec seulement 28 espèces retenues sur les 75 espèces d'arbres (37,3%)

VI. Quelles espèces pour l'avenir ?



Phillyrea latifolia



Abies pinsapo



Acer monspessulanum



Melia azedarach



Quercus phillyreoides



Celtis sinensis

Merci de votre attention !



Paliurus spina-christii, Les
Barres, Nogent / Vernisson

Cupressus dupreziana, parc de
la Tête d'Or, Lyon

