

 ECOVE
Marseille

L'impact du réchauffement climatique sur le cèdre du Liban pourrait être plus réduit qu'attendu ?

*Yaacoub NASSIF
Paulina PINTO
Juan FERNANDEZ
Jean-Claude GEGOUT*

ECOVEG 16

Communautés végétales et socioécosystèmes dans un monde en transition

Marseille, Palais du Pharo, 5-7 avril 2023

Des modèles variés (Thuiller et al. 2008) :

- les modèles d'enveloppe bioclimatique **basés sur la niche réalisée**
- les modèles basés sur des processus écologiques **basés sur la niche fondamentale**

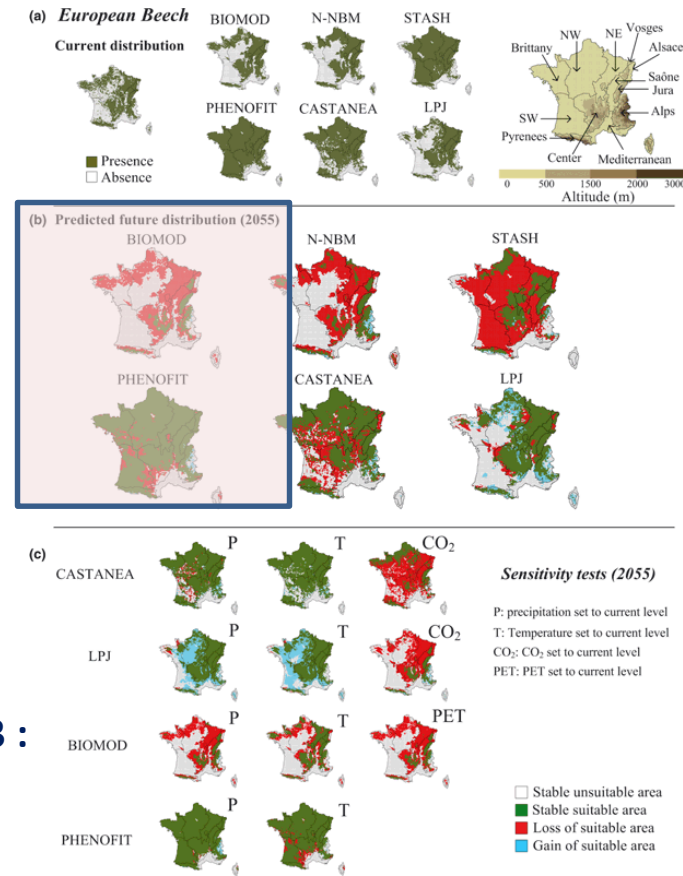
Des modèles incertains et en total contradictions

1- Contexte tempéré (*Fagus sylvatica*), France, Cheaib et al., 2012 :

Le modèle d'enveloppe bioclimatique BIOMOD tend à prédire de plus forts taux d'extirpation que le modèle des processus écologiques PHENOFIT

2- Contexte méditerranéen (*Quercus ilex*, *Pinus halepensis* et *Pinus sylvestris*), Espagne, Keenan et al., 2011 ; Lloret et al., 2013 :

Variabilité entre les modèles dans l'estimation des distributions actuelles des essences et grande incertitude à la réalisation de projections dans l'avenir



6 Modèles de prédiction de la répartition du hêtre prévue pour 2055 (Cheaib et al., 2012)

La modélisation a également ses limites :

- Problèmes liés aux contraintes écologiques de l'espèce
- Manque d'informations environnementales

- Pour limiter la diversité des réponses entre les modèles dans la prévision de l'évolution des aires des répartitions des arbres, la compréhension des facteurs écologiques imposant leurs limites est nécessaire. Cependant, malgré un intérêt théorique soutenu (Darwin 1859 ; Holt 2003), ces facteurs écologiques restent mal compris (Gaston 2009), « Hargreaves, 2014 »
- D'où l'intérêt d'étudier in-situ des rôles de ces facteurs écologiques dans le contrôle des limites des espèces et déterminer la taille de leur niche fondamentale.
- La compréhension de ces limites est de plus en plus d'actualité pour la conservation, car les biologistes tentent de prévoir :
 - 1- l'expansion de l'aire de répartition des espèces envahissantes (Alexander et Edwards 2010)
 - 2- les changements d'aire de répartition qui devraient résulter du changement climatique (Doak et William 2010).

Que sait-on vraiment à ce jour de la réalité de ces facteurs limitant les aires de distributions des espèces forestières?

Hypothèses des facteurs limitants l'aire de distribution des espèces

La limite froide :

- 1- Les basses températures
- 2- Le stress hydrique??
- 3- Facteurs historiques ??

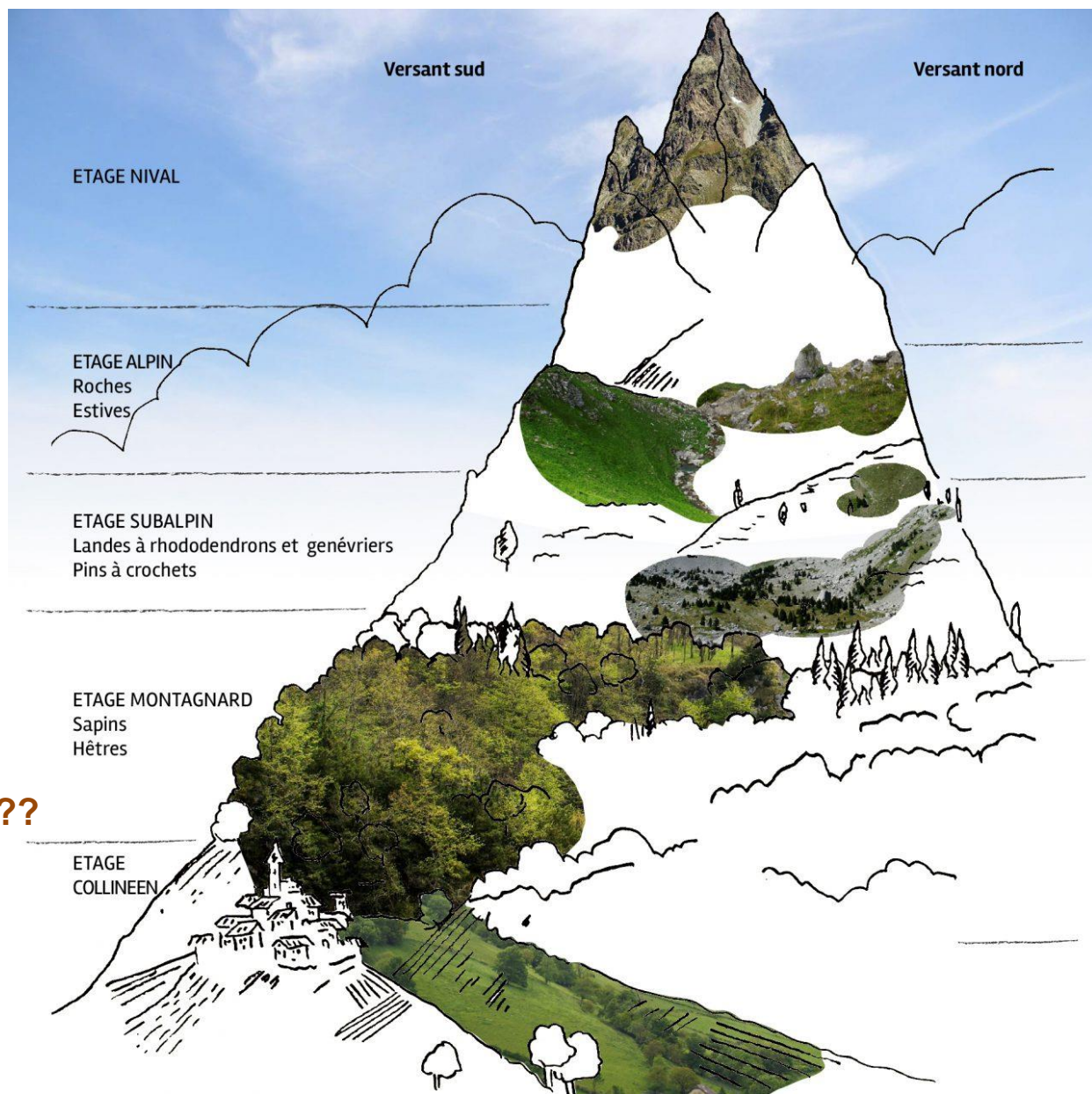
La limite chaude :

1- Le climat :

- La sécheresse
- Le gel tardif
- Les fortes températures ???

2- La compétition

3- Facteurs historiques ??



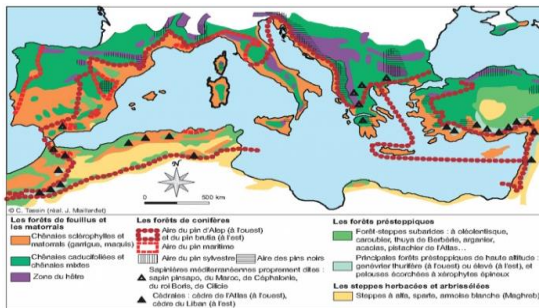
Objectif principal :

Est-ce que la taille de la niche fondamentale d'une espèce forestière pourrait-être aussi étroite que sa niche réalisée observée?

Objectifs spécifiques :

- 1- Déterminer les altitudes des limites, basse et haute de l'espèce, observées dans la nature ;
- 2 – Déterminer la taille de la niche fondamentale de l'espèce au stade juvénile à partir d'un dispositif expérimental s'étendant au-delà des marges froides et chaudes de son aire de distribution naturelle ;
- 3 – Déterminer le rôle des températures chaudes, froides, du stress hydrique, de la compétition et de l'histoire dans ces limites.

Pour atteindre nos objectifs Notre choix a été porté sur le cèdre du Liban, Pourquoi ?



- ❑ Son aire de distribution actuelle est située au cœur de la région méditerranéenne où le changement climatique va être plus intense et plus rapide qu'en zone tempérée (IPCC, 2021)
- ❑ Fortes menaces sur les essences forestières, risquent de conduire à une régression de la forêt au profit d'une végétation désertique (Vennetier et Ripert, 2010)
- ❑ Sa localisation à l'étage montagnard la rend vulnérable (Regate et Salman, 2008) et les modèles prévoient sa disparition (Xiao et al, 2022)
- ❑ Fort intérêt sylvicole potentiel au Moyen-Orient et en Europe
- ❑ Très peu d'espèces méditerranéennes ont été étudiées à ce jour (Hargreaves et al., 2014)



Méthodologie

Notre méthodologie consiste à déterminer la niche fondamentale du cèdre à travers un dispositif expérimental en mesurant :

la croissance et la survie

sur de jeunes plants de cèdres le long d'un gradient altitudinal

Au cœur et **En dehors**

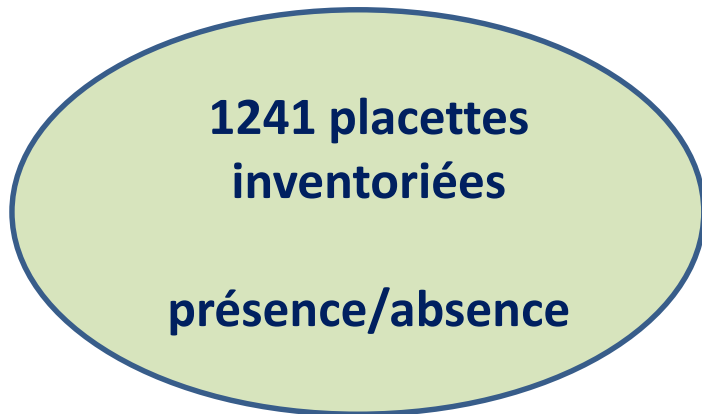
de son aire actuelle de distribution (niche réalisée observée)

+

Comparaison des limites de la niche fondamentale avec celles de la niche réalisée et tenter d'expliquer les causes écologiques imposant ses limites

Méthodologie

Détermination de la
gamme climatique de l'aire
actuelle de distribution en
conditions naturelles



Niche réalisée observée

ENSUITE

Création d'un dispositif
composé de 8 sites
expérimentaux répartis entre
110 et 2320 m



Etude dans chaque site les
effets thermiques et hydriques
sur la survie et croissance

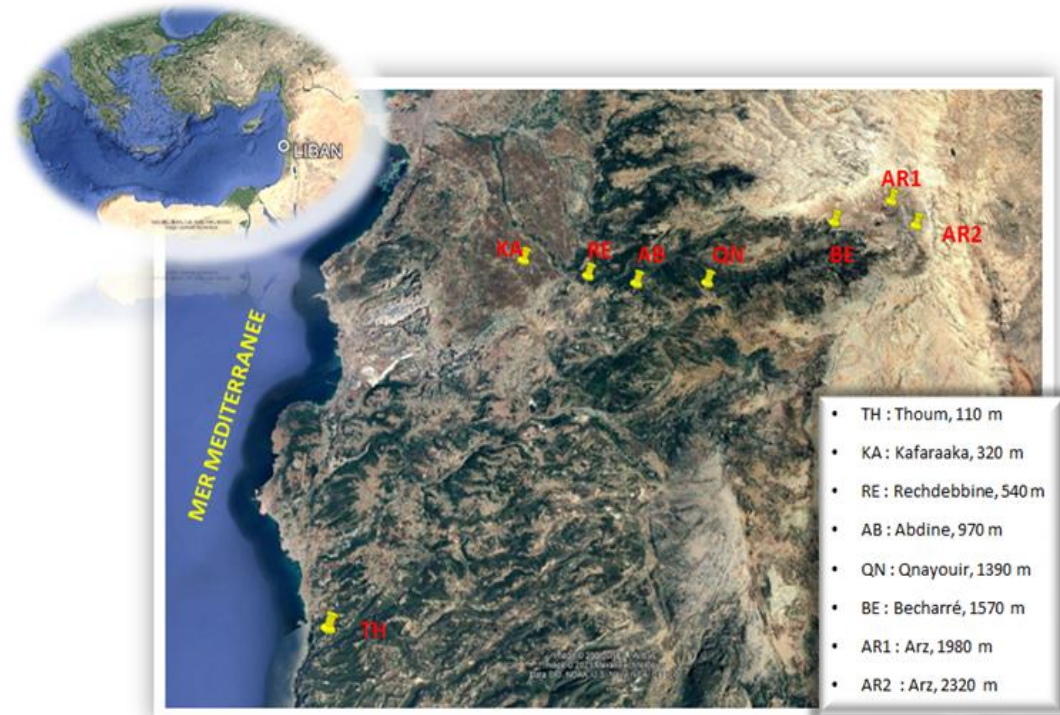


Niche fondamentale

Localisation de l'étude ? Le Liban Nord

Région située au cœur de l'aire de répartition du cèdre du Liban et soumise dans son ensemble au climat méditerranéen

L'altitude est la principale responsable des différences de conditions climatiques entre les stations



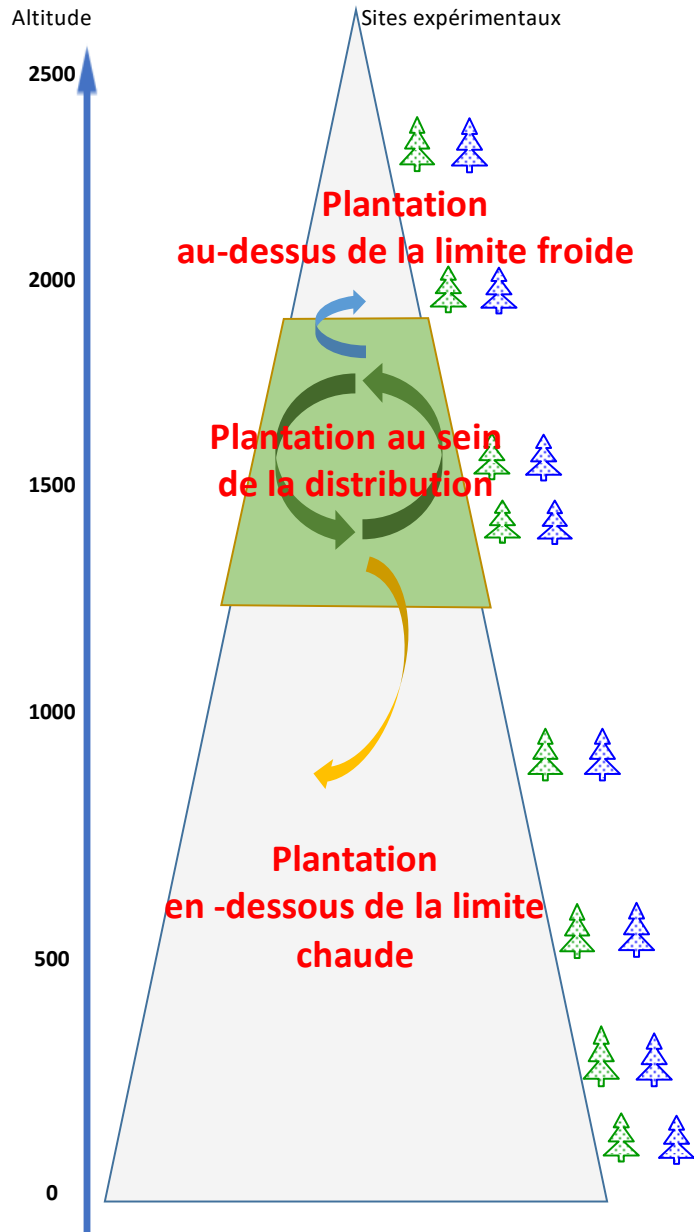
Distribution des 8 sites du dispositif expérimental au Nord Liban
Altitudes : 110 - 2230m


Pourquoi des sites expérimentaux ?

- ❑ Contrôler les facteurs édaphiques, hydriques et énergétiques (luminosité)
- ❑ Equilibrer la quantité et la provenance des plants entre sites et étudier des individus de même âge
- ❑ Créer deux modalités d'arrosage afin de distinguer les effets thermiques de ceux du stress hydrique
- ❑ Cultiver les principales essences à fortes capacités compétitrices par rapport au cèdre dans la nature (*Pinus brutia*, *Quercus calliprinos* et *Quercus infectoria*) dans les mêmes conditions que celles du cèdre afin d'évaluer un niveau de compétition interspécifique aux différentes altitudes.



Design du dispositif expérimental



(a) Design général du dispositif expérimental



 Gamme altitudinale actuelle de répartition du cèdre du Liban au Liban

Traitements dans chaque site expérimental

 Traitement arrosé, faible densité
Cedrus libani
Pinus brutia
Quercus calliprinos
Quercus infectoria 

 Traitement non arrosé, faible densité
Cedrus libani
Pinus brutia
Quercus calliprinos
Quercus infectoria 

(b) Site de Thoum situé à 110m d'altitude



Résultats - Niche réalisée observée

*Cèdre observé dans
74 placettes parmi les
1241 placettes
inventoriées*

OPTIMUM ALTITUDINAL A 1550 M

*Le cèdre se situe
principalement entre
1310 et 1830m
(centiles 5-95)*

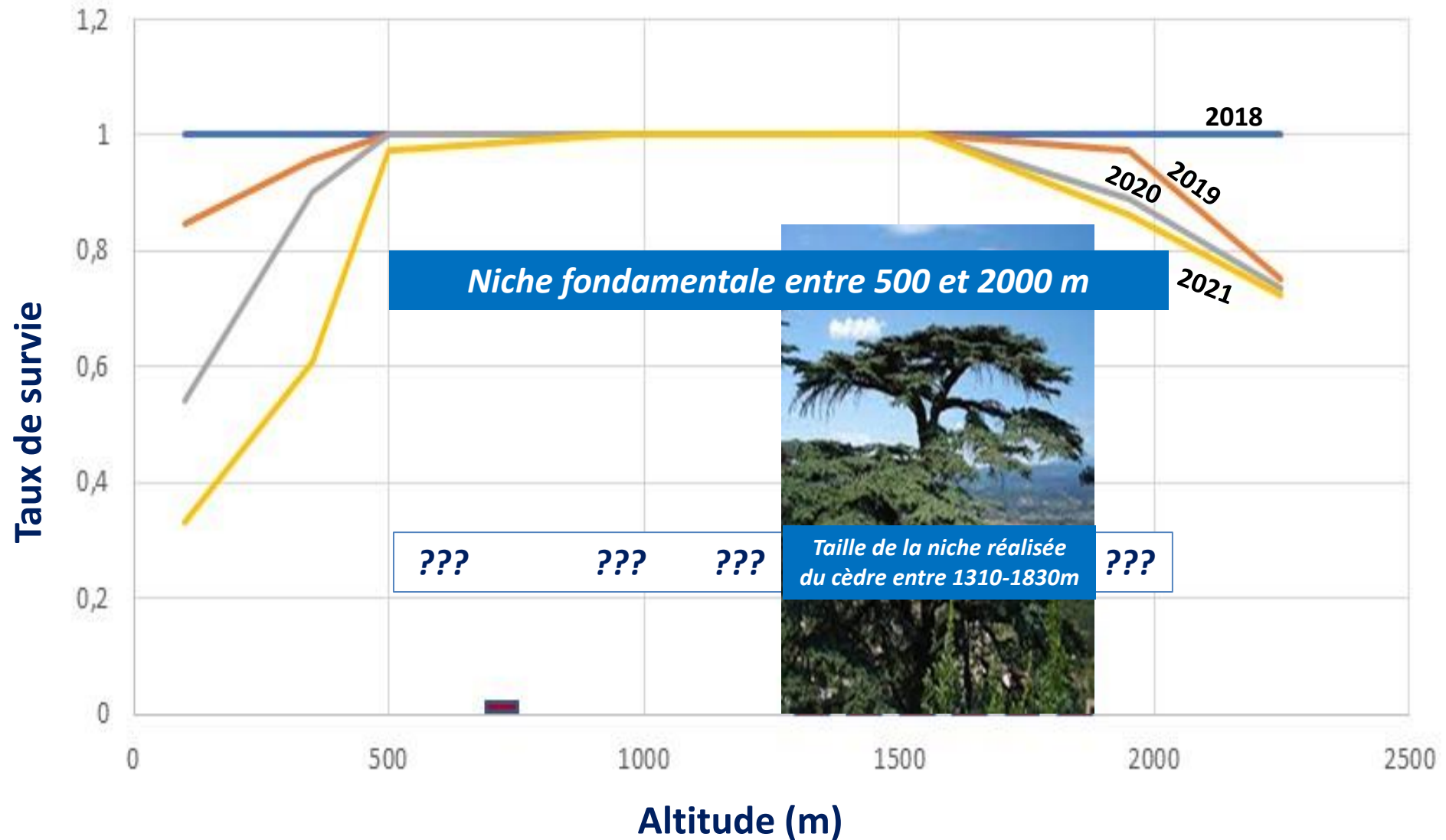
Centiles de présence observés

Centiles	Altitude (m)
Max	1860
99	1850
95	1830
90	1800
75	1710
50	1550
25	1400
10	1330
5	1310
1	1300
Min	742

0 m

Gradient altitudinal

Résultats - Niche fondamentale au stade juvénile

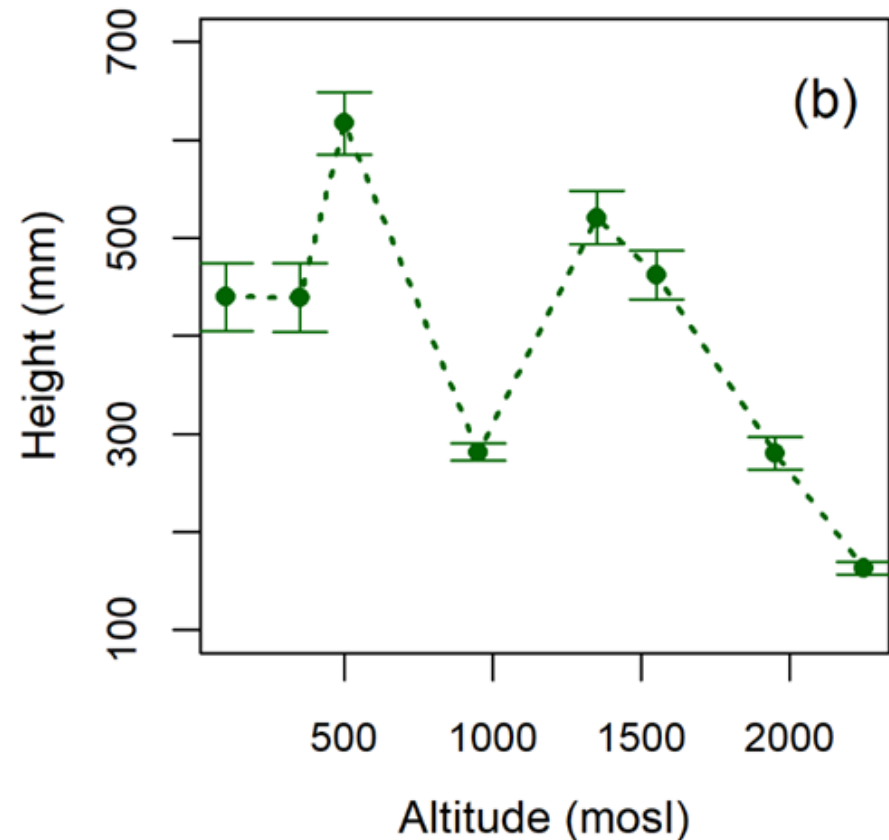


La niche fondamentale est 3 fois plus large que la niche réalisée

Résultats - *Niche fondamentale au stade juvénile*

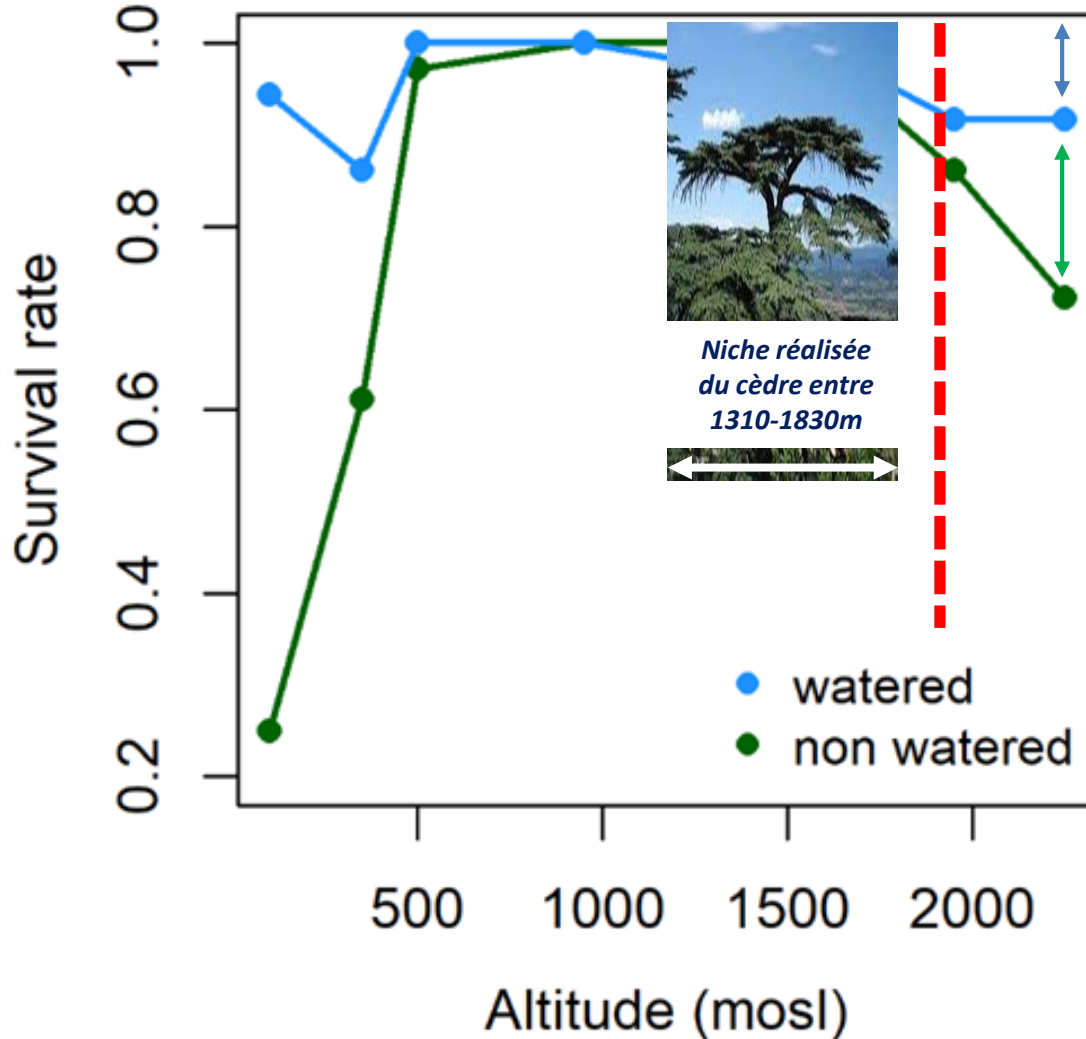
Ces croissances relativement élevées entre 500 et 1700m confirment avec la survie la largeur potentielle de la niche fondamentale du cèdre au stade juvénile.

Evolution de la croissance du Cèdre du long du gradient altitudinal



Déterminants de la limite froide du cèdre

Effet du stress hydrique à hautes altitudes > 1900m



Stress hydrique
>
Stress thermique

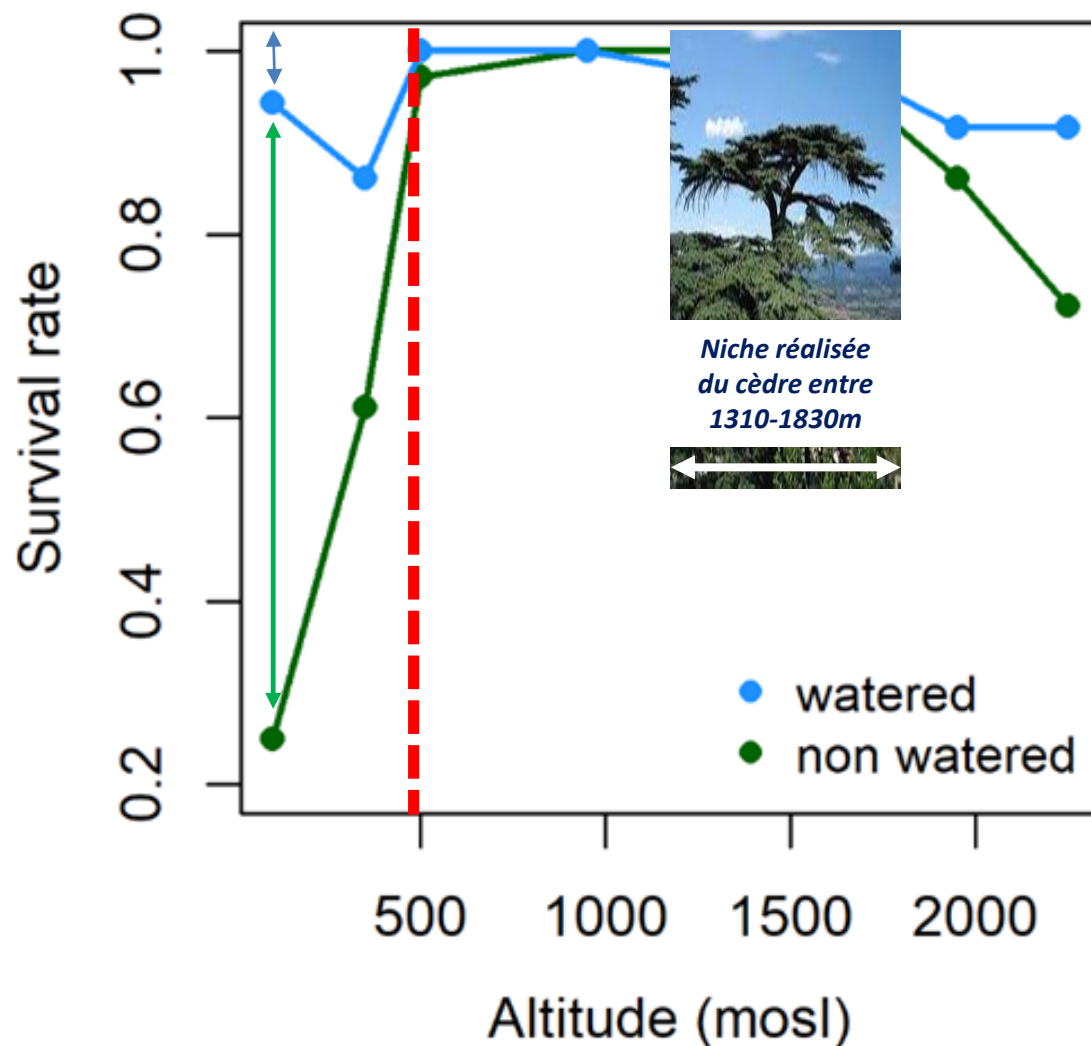
Le stress hydrique est la cause de la limite haute du cèdre

Déterminants de la limite chaude du cèdre

Facteur 1 : Effet du stress hydrique à très basses altitudes <500m

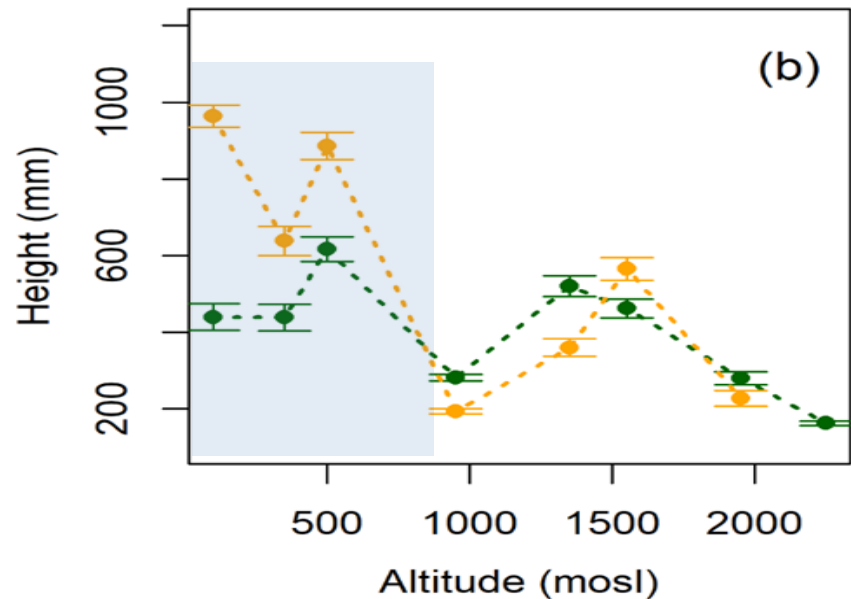
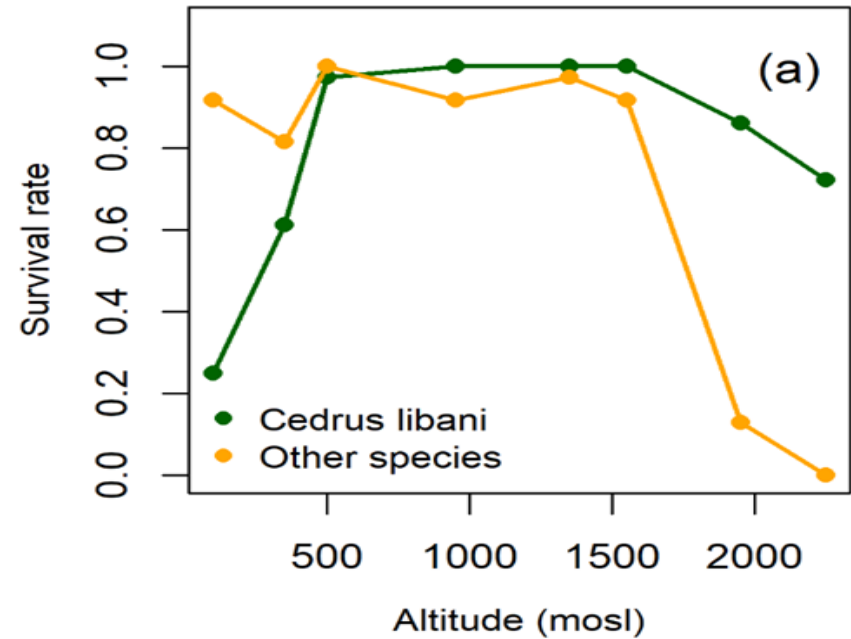
Stress hydrique
>
Stress thermique

Le stress hydrique est la cause de la limite basse du cèdre



Déterminants de la limite chaude du cèdre

**Facteur 2 : Effet de la
compétition à basses-
moyennes altitudes
500-1000m**



Déterminants de la limite chaude du cèdre

Facteur 3 : Effet probable de l'histoire à moyenne altitude 900-1300m

Le cèdre du Liban était présent dans la Bekaa situé à 900 m (Hajar et al., 2010) en -2000 BP

Trois mille ans d'exploitation intensive du cèdre par les grandes civilisations Égyptiennes, Babylonniennes et Phéniciennes

+

La proximité des peuplements aux ports phéniciens (Byblos)

pourraient expliquer son absence à basses et moyennes altitudes.



Transport de cèdre du Liban par bateau. Bas-relief du palais de Sargon II (roi d'Assyrie) datant d'entre 713–716 av. J.-C. (Musée du Louvre, Paris)

1- Taille des niches (message clé) :

La taille de la niche fondamentale est 3 fois plus large que celle de la niche réalisée. Cette différence de taille a été notamment observée en-dessous de la limite chaude de l'aire de distribution de l'espèce en conditions naturelles.

2- Déterminants des marges altitudinales :

- Marge froide : Stress hydrique plus important que stress thermique (Résultat non attendu)
- Marge chaude : successions de facteurs : stress hydrique (résultat attendu), compétitions, histoire anthropique.

3- Conséquences de la différence entre les tailles des niches :

Au cœur de la distribution actuelle : Si nos résultats relatifs à la niche se retrouvent chez d'autres espèces montagnardes, cela remettrait en cause les modèles d'extinctions de ces espèces dans leurs aires de distributions actuelles face au changement climatique du 21^{ème} siècle.

En dehors de la distribution actuelle : extension possible importante de l'aire de distribution des espèces dans la limite de leurs niches fondamentales :

A basse altitude : soit sans devoir agir sur la compétition en zones à plus forte croissance de l'espèce en question et dominante, soit à travers d'une gestion forestière éliminant les espèces compétitrices naturelles, soit par un apport d'eau les premières années après plantation.

A haute altitude : notre étude remet en cause la colonisation naturelle des hautes altitudes du fait que la limite froide est plutôt déterminée par le stress hydrique que thermique et la possibilité d'introduction si apport d'eau les premières années.



Merci de votre attention

