

Synthèse sur le Cèdre de l'Atlas – autécologie et expérimentation réalisé par le CRPF Hauts-de-France



Jimmy Bonigen, chargé de mission au CRPF Hauts-de-France

Pour faire face au changement climatique et à son impact sur la forêt, le CRPF Hauts-de-France est engagé dans l'adaptation des forêts face aux nouvelles contraintes climatiques. Il promeut ainsi des pratiques sylvicoles qui favorisent la résilience des forêts. Parallèlement, le CRPF suit l'évolution de l'impact du climat sur les écosystèmes forestiers dans le cadre de son dispositif d'observation multi-partenarial de l'OREF. De plus, le CRPF met en place un grand nombre de dispositifs expérimentaux dont l'objectif est d'évaluer l'acclimatation de nouvelles essences aux conditions locales et leur faculté à résister au changement climatique. Dans le cas de plantation d'essences plus méridionales susceptibles de progresser vers le nord avec le réchauffement du climat, on utilise le terme de « migration assistée ». C'est dans ce cadre que le CRPF installe et suit des plantations expérimentales de Cèdre de l'Atlas depuis plus de 43 ans.

Le genre *Cedrus* comprend 4 espèces de conifères dont 3 sont méditerranéennes : le Cèdre du Liban, le Cèdre de l'Atlas et le Cèdre de Chypre et une vient d'Asie, le Cèdre de l'Himalaya. Le Maroc et l'Algérie possèdent la principale cèdraie de Cèdre de l'Atlas du bassin méditerranéen. Les cèdres ont été introduits en Europe où ils sont réputés comme arbre d'ornement. Il faudra attendre les années 1860 pour voir les premiers boisements de Cèdre de l'Atlas en France, sur les pentes dénudées du mont Ventoux. Ces peuplements de cèdres constituent aujourd'hui des peuplements remarquables qui se régénèrent abondamment. Ayant prouvé sa capacité d'acclimatation dans certains secteurs de la métropole, c'est une essence réputée pour sa rusticité et sa résistance à la sécheresse. C'est pour ces raisons que l'essence a gagné en intérêt dans le cadre de l'adaptation de nos forêts au changement climatique.

Table des matières

Synthèse bibliographique sur le Cèdre de l'Atlas.....	4
Origine et répartition	4
Sensibilité climatique	5
Potentiel face au changement climatique	6
Dynamique de la croissance radiale du cèdre : Apport de la dendrochronologie.....	9
Expérimentation sur le Cèdre de l'Atlas en région Haut-de-France	11
Généralités	11
Les dispositifs récents.....	12
Dispositif de Limeux (8019001) – Comportement du cèdre de l'Atlas	12
Dispositif de Saint-Michel sur Ternoise (6220001) – comparaison de 3 essences par bloc sur station calcaire	13
Dispositif de Courcelles sous Moyencourt (8019005) – Comportement du Cèdre de l'Atlas.....	15
Dispositif de Monsures (8019003) – Comportement du Cèdre de l'Atlas	15
Dispositif de Felleries (5918011) – comportement de plusieurs essences résineuses en plantation	16
Dispositifs plus anciens, avec plusieurs années de remesures	17
Dispositif d'Hargicourt (8012277) – comportement d'essences alternatives au Hêtre sur coteaux calcaires	17
Dispositif de Rebreuve (6213267) - comportement d'essences alternatives au Hêtre	19
Dispositif de Courcelles-sous-Thoix (8012229) - comportement d'essences alternatives au Hêtre sur stations à fort risque de stress hydrique.....	21
Dispositif de Magnicourt en Comté (6212003) - comportement d'essences alternatives au Hêtre sur stations à fort risque de stress hydrique.....	22

Synthèse bibliographique sur le Cèdre de l'Atlas

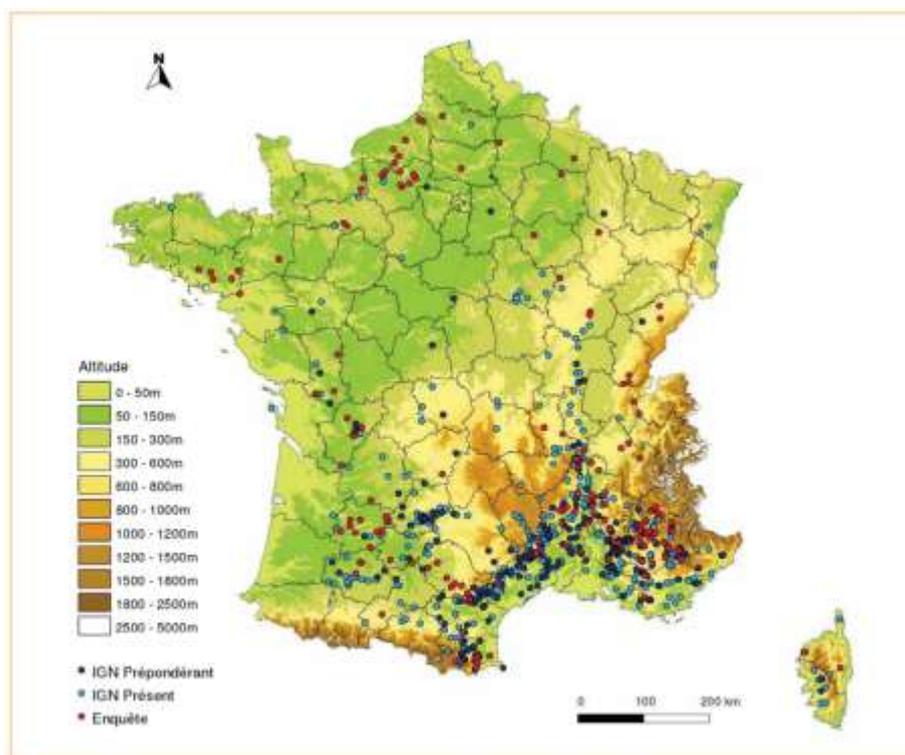
Origine et répartition

Le Cèdre de l'Atlas est originaire d'Afrique du Nord. Il est endémique de certaines montagnes d'Algérie et du Maroc à des altitudes variant de 1 400 à 2 200 m. C'est donc un montagnard dans son aire d'origine. Il a été introduit en France méditerranéenne vers 1850 ou il a été installé entre 600 et 1 000 m d'altitude en versant nord et entre 700 et 1 200 m en versant sud. Plus au nord, on le retrouve en plus basse altitude, jusqu'à 700 m par exemple dans les Vosges et le Jura. En Wallonie, le Cèdre de l'Atlas commence à souffrir des faibles températures au-delà de 250 m d'altitude.

Aire naturelle de distribution



© Quezel (1998)



11 - Localisation des relevés IGN contenant du cèdre et des relevés issus de l'enquête Cèdre 2011 (voir pages 5 et 9).

Références dans la région (ClimEssence)



En France, les peuplements de cèdre de l'Atlas sont surtout présents dans les régions à climat sous influence méridionale. Des boisements existent toutefois dans le nord de la France, en Bretagne, Normandie mais aussi en Hauts-de-France.

Sensibilité climatique

Le climat de son aire d'origine est un climat méditerranéen de moyenne montagne, à hydrométrie basse une bonne partie de l'année et une luminosité forte. Les précipitations moyennes vont de 500 à 2 000 mm sachant que l'optimum annuel pour sa croissance en France se situe entre 800 et 1 500 mm. Le Cèdre de l'Atlas est réputé bien adapté aux climats à étés secs (2 à 4 mois). En Wallonie le cèdre pourrait souffrir de stress hydrique pour des précipitations inférieures à 700 mm.

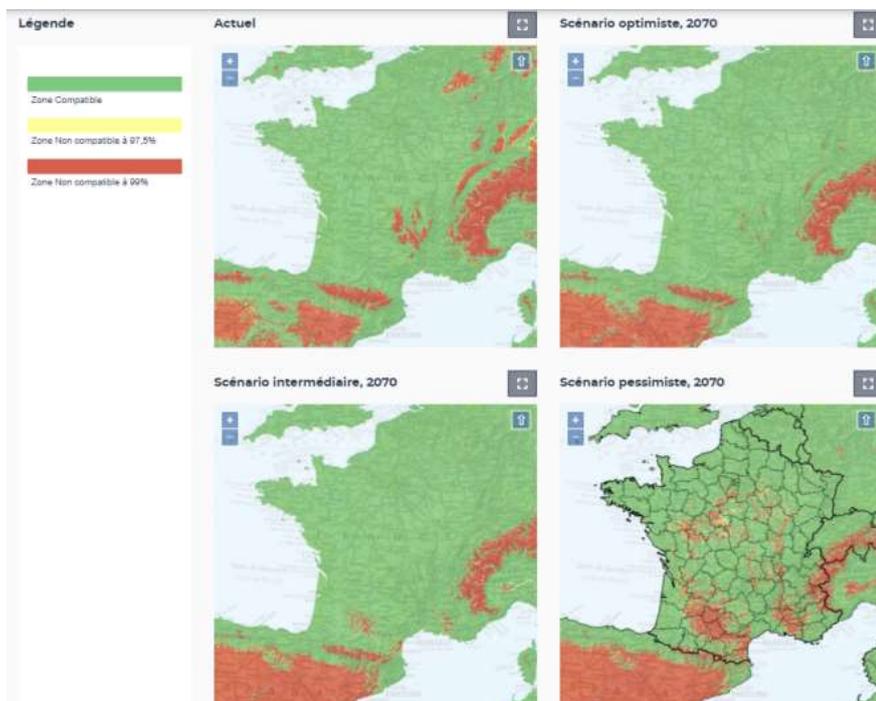
Réputé pour sa très bonne résistance à la sécheresse et par un enracinement particulièrement profond, le cèdre arrive à ces limites sur les sols très superficiels ou très secs, surtout s'il n'est pas parvenu à bien s'enraciner. Dans les cédraies de basse altitude (moins de 500 m) et à faible réserve en eau, les cèdres peuvent présenter des symptômes de coulure de résine. Les semis sont en revanche plus sensibles aux fortes sécheresses en phase d'installation du fait d'une mauvaise régulation stomatique. De façon générale, c'est une essence réputée très résistante aux fortes chaleurs (jusqu'à 41°C) et dans une moindre mesure aux grands froids (il craint des températures inférieures à 25°C de façon prolongé). De plus, c'est une essence méridionale très sensible aux gelées précoces et tardives. Ces différents éléments s'appuient sur des constats à dire d'expert et sur quelques données bibliographiques mais nous disposons encore de peu d'éléments scientifiques pour savoir avec certitude quelles sont les limites de tolérance climatique de cette essence sous nos latitudes.

Par ailleurs son bois est cassant et particulièrement sensible aux dégâts de vent et de neige lourde. Il faut donc être vigilant sur les parcelles trop exposés au vent.

Potentiel face au changement climatique

Malgré les incertitudes, on pressent que le Cèdre de l'Atlas présente un bon potentiel d'avenir dans le contexte du changement climatique. Une augmentation des températures durant la saison de végétation pourrait permettre d'étendre son aire de répartition vers le nord et l'intérieur des terres (climat plus continental). Cela devrait aussi conduire à un relèvement de la limite altitudinale basse du cèdre induisant son exclusion d'une part de plus en plus importante de la région méditerranéenne. Cependant, il faut rester vigilant car une augmentation des températures pourrait entraîner un débourrement plus précoce augmentant ainsi la vulnérabilité du Cèdre de l'Atlas aux gelées tardives.

Carte de sensibilité climatique suivant le model IKS



Le model IKS de climEssence considère déjà que le climat du Nord-Est de la France serait favorable à l'introduction du cèdre. Il convient néanmoins d'être vigilant pour l'instant.

Sensibilité à l'engorgement : Le Cèdre de l'Atlas est très sensible au tassement et à l'engorgement, il est à éviter sur les stations humides et leur implantation doit s'orienter plutôt vers les sols bien ressuyés sans trace d'hydromorphie sur 60 à 80 cm de profondeur. Il est préférable d'éviter les sols lourds (argiles lourdes et marnes).

Sensibilité trophique : Le Cèdre de l'Atlas est relativement indifférent à la richesse minéralogique du sol, tolérant des contextes acides mais pas excessivement acides (optimum entre 4 et 6.5). Il pousse bien sur les sols calcaires même superficiels tant qu'ils sont fissurés.

Sensibilité au gibier : C'est une essence très appétante pour la faune sauvage.

Stations adaptés à l'Essence : D'après la brochure « Culture du Cèdre en France »

	Profondeur du sol	Affleurements rocheux	Éléments grossiers	Texture	Structure et compacité	pH	Hydromorphie
Favorable	> 60 cm	aucun	< 30 %	équilibrée, limon sableux, sable fin limoneux	aérée (agrégats)	4 à 6,5 Peu acide à neutre	absence
Moyen	30 à 60 cm	rare	30 à 60 %	autres cas	meuble, particulière, peu compacte	7 Sol décarbonaté (réaction HCl nulle ou faible)	faibles traces d'hydromorphie après 50 cm de profondeur
Défavorable	< 30 cm	> 10 %	> 60 %	dominée par le sable grossier si profondeur du sol < 60 cm	assez compacte	> 7 Terre fine carbonatée (réaction HCl forte)	traces d'hydromorphie avant 50 cm de profondeur
Déconseillé	-	-	-	argileuse	massive, compacte ou sans structure	< 4 Sol pauvre de type podzolique	engorgement. Nappe permanente ou temporaire

Le cèdre a besoin de sols bien aérés. Il valorise mieux que d'autres essences les sols caillouteux voir riche en blocs tant qu'ils ne constituent pas un obstacle infranchissable. Il craint par-dessus tout, les sols lourds, argileux, compacts et massifs.

Productivité :

L'essence présente une durée de révolution potentielle entre 70 et 100 ans et une longévité de plus de 500 ans.

Il atteint une hauteur dominante potentielle à 40 ans de 15 à 25 m voir jusqu'à 30 m suivant les stations sachant qu'il peut dépasser les 40 m dans son aire d'origine.

Sa productivité est de 3 m³/ha/an en région méditerranéenne mais se situe plutôt entre 10 et 13 m³/ha/an dans le nord de la France. Il existe une table de production produite par l'INRA mais valable uniquement en région méditerranéenne. La croissance du Cèdre de l'Atlas est considérée comme précoce, moyennement rapide et non soutenue.

La croissance du cèdre est lente dans le jeune âge, la concurrence est donc à craindre dans les régénérations et les plantations. Les pins par exemple présentent une croissance plus rapide au départ mais ils sont rattrapés par le cèdre qui continue de croître plus longtemps comme le montre le tableau de référence en contexte méditerranéen :

Tableau 1: Croissance d'autres espèces de reboisements

ESPECES	Amplitude des hauteurs possibles		
	à 30 ans	à 50 ans	à 80 ans
Cèdre (RIPERT, BOISSEAU)	1,5 à 12m	4 à 24m	8 à 36m
Pin d'Alep (COUHERT)	3 à 12m	4 à 18m	5 à 24m
Pin brutia (NOUALS, BOISSEAU)	2,5 à 17m		
Pin de Salzmann (J.C. HERVE)	2 à 13m	4 à 22m	(5 à 27m)
Pin noir d'Autriche (F. D'EPENOUX)	4 à 13m	7 à 22m	7 à 26m
Pin laricio de Corse (COMMERCON)	6 à 17m	10 à 28m	12 à 34m
Sapin Méditerranéen (COLOMBET)	3 à 15m	6 à 28m	8 à 40m

Précaution d'installation et de suivi :

Etant donné sa sensibilité aux gelées tardives et à l'engorgement, il faut être attentif au choix de la station dans laquelle on l'installe (préférer les versants sud bien ensoleillés et bien drainés).

En plantation le Cèdre de l'Atlas ne supporte pas la concurrence dans sa phase d'installation. Des dégagements soignés les premières années sont donc indispensables. Etant donné sa forte appétence, les protections du gibier sont indispensables.

Au niveau du suivi, c'est un arbre qui présente une branchaison basse, nécessitant ainsi des opérations de taille de formation/élagage soutenues. Enfin, c'est une essence héliophile qui par conséquent ne supporte pas la concurrence, au stade adulte comme dans sa phase d'installation.

Diversité des débouchés du bois :

Le Cèdre de l'Atlas possède un bois de bonne qualité et très durable, apte à une grande diversité d'usage : charpente, menuiserie intérieure et extérieure, ébénisterie, palette, coffrage, papeterie, ameublement, lambris. On peut lui trouver quelques usages spécifiques : tournerie, lutherie, bois de marine ou « anti-insecte » car c'est un bois très odorant aux propriétés répulsives. L'essence présente une durabilité naturelle de classe 3 (moyennement durable). En revanche son bois est réputé cassant, et sa forte branchaison décline souvent les grumes sur des valorisations inférieures.

Bibliographie :

Le cèdre en France, face au changement climatique : Bilan et recommandations
<https://plantruffe.oxatis.com/Files/122919/84OnfCultureDuCedreEnFrance.pdf>

Dendroclimatologie du Cèdre de l'Atlas dans le Sud-Est de la France
https://www.persee.fr/doc/ecmed_0153-8756_1985_num_11_4_1115

Fiche Cèdre de l'Atlas – outil ClimEssence
<https://climessences.fr/cedrus-atlantica-manetti-cedre-de-latlas#section-5>

Fiche Cèdre de l'Atlas – fiche écologie des essences de Wallonie
<https://www.fichierecologique.be/#!/>

Courbet F., Courdier J.M., Mariotte N., Courdier F. 2007. Croissance, production et conduite des peuplements de Cèdre de l'Atlas. Forêt entreprise 174 : 40-44.

Courbet F., Lagacherie M., Marty P., Ripert C., Riou-Nivert P., Huard F., Amandier L., Paillassa E. 2012. Le cèdre en France face au changement climatique : bilan et recommandations.

M'Hirit O., Benzyane M. 2006. Le Cèdre de l'Atlas. Mémoire du temps. Éditions La croisée des chemins. 288 p.

Ripert C. 2007. Autécologie du Cèdre de l'Atlas. Forêt entreprise 174 : 17-20.

Dynamique de la croissance radiale du cèdre : Apport de la dendrochronologie

La dendrochronologie consiste à analyser les cernes de croissance annuelle des arbres afin d'obtenir des informations sur les événements passés mais aussi d'étudier l'impact de ces événements sur la croissance en largeur des arbres. Une étude dendrochronologique a été réalisée sur des cèdres dans le Sud-Est de la France. Etudions ces principaux résultats riches en enseignements :

Dendroclimatologie du Cèdre de l'Atlas dans le Sud-Est de la France

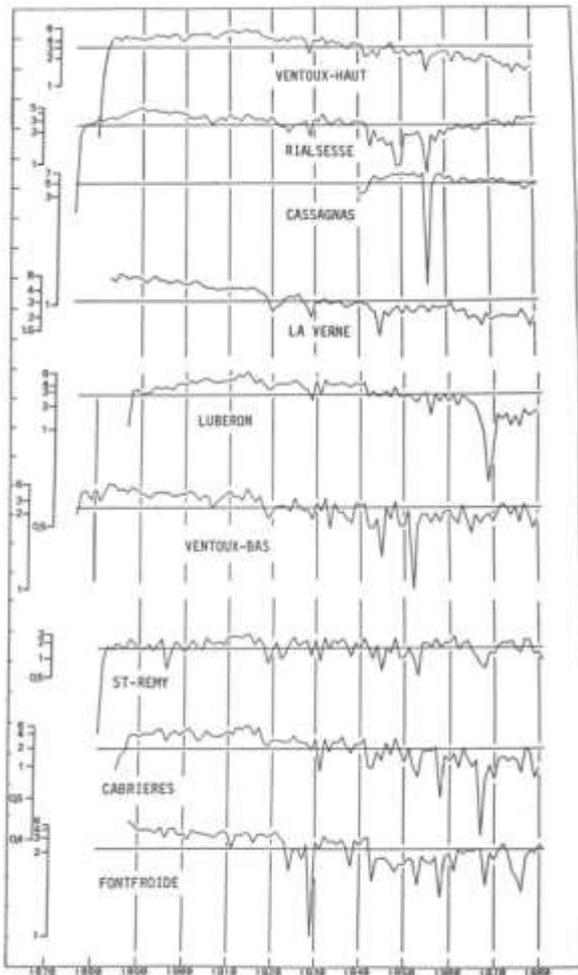


Fig. 2 : Courbes des variations de l'épaisseur brute au cours du temps.

Les graphiques montrent les courbes de variation au cours du temps de l'épaisseur moyenne des cernes de 9 populations de cèdres du Sud-Est de la France, datées de 1870 à 1980.

On constate que les amplitudes de variations annuelles de largeur de cerne sont plus ou moins importantes suivant les sites d'études. Outre les variabilités interannuelles témoignant des variabilités dans les conditions climatiques, toutes les courbes, exceptées celle de St-Rémy montrent une diminution progressive de l'épaisseur des cernes avec l'âge. Cette tendance à la baisse sur la période 1964-1970 au Luberon semble correspondre aux ravages causés par les populations du puceron *Cedrobium Maportei* dès 1967 et celles de la Tordeuse de l'épicéa à partir de 1968.

	Ventoux Haut	Ventoux Bas	Cabrieries	Rialsesse	Saint-Remy	Cassagnas	Fontfroide	La Verne	Luberon
période	1925-79	1925-79	1925-79	1925-79	1925-79	1925-79	1925-79	1934-78	1925-79
Epaisseur Moyenne (mm)	4.53	3.80	3.65	3.75	1.97	5.8	3.94	5.87	4.64

En conclusion, 3 populations sont distinguables : Les cèdres de La Verne et Cassagnas présentent des accroissements moyens à forts. Le site de St-Rémy présente des accroissements très faibles et les autres sites présentent des accroissements intermédiaires.

La formation du plus large cerne se produit en moyenne vers 17 ans (fluctuation entre 11 et 27 ans). Le fléchissement de la courbe d'accroissement radial chez le cèdre devient net à partir d'un âge moyen de 38 ans. L'épaisseur du plus large cerne est en moyenne de 4.6 mm avec un maximum de 6.2 mm. Le maximum absolu est un cerne de 8.1 mm d'épaisseur.

Sur le profil moyen, le taux d'accroissement moyen annuel est de l'ordre de **1.7 mm/an** contre **3 mm/an** pour le profil maximum. Jusqu'à un âge de 60 années, la moyenne des cernes formés est d'une épaisseur de **2.15 mm** pour le profil moyen et **4.6 mm** pour le profil maximum. A titre comparatif, chez le Pin d'Alep, pour le même âge (60 années), la moyenne est de 3.1 et 6.35 mm/an respectivement pour les profils moyens et maximums.

Ainsi cette étude dendrochronologique nous apporte des informations précieuses sur la dynamique de croissance du Cèdre de l'Atlas dans le Sud-Est de la France. Le cèdre présente dans ce contexte une croissance moyennement à peu rapide (inférieure au Pin d'Alep en comparaison) et non soutenue puisqu'on observe un décrochage de la croissance dans quasiment tous les dispositifs étudiés. L'accroissement moyen annuel sur le diamètre d'après cette étude est de **8.6 mm** si on ne prend en compte que les 60 premières années. Le suivi de la croissance en diamètre des dispositifs installés en région Hauts-de-France par le CRPF devrait permettre de comparer la vitesse de croissance avec ces résultats. On peut émettre l'hypothèse préalable que les conditions pédo-climatiques de la région devraient être plus favorables à la croissance du cèdre que celles rencontrées dans le Sud-Est de la France.

Source bibliographique :

Guibal Frédéric. Dendroclimatologie du Cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica Manetti) dans le Sud-Est de la France. In: Ecologia mediterranea, tome 11 n°4, 1985. pp. 87-103.

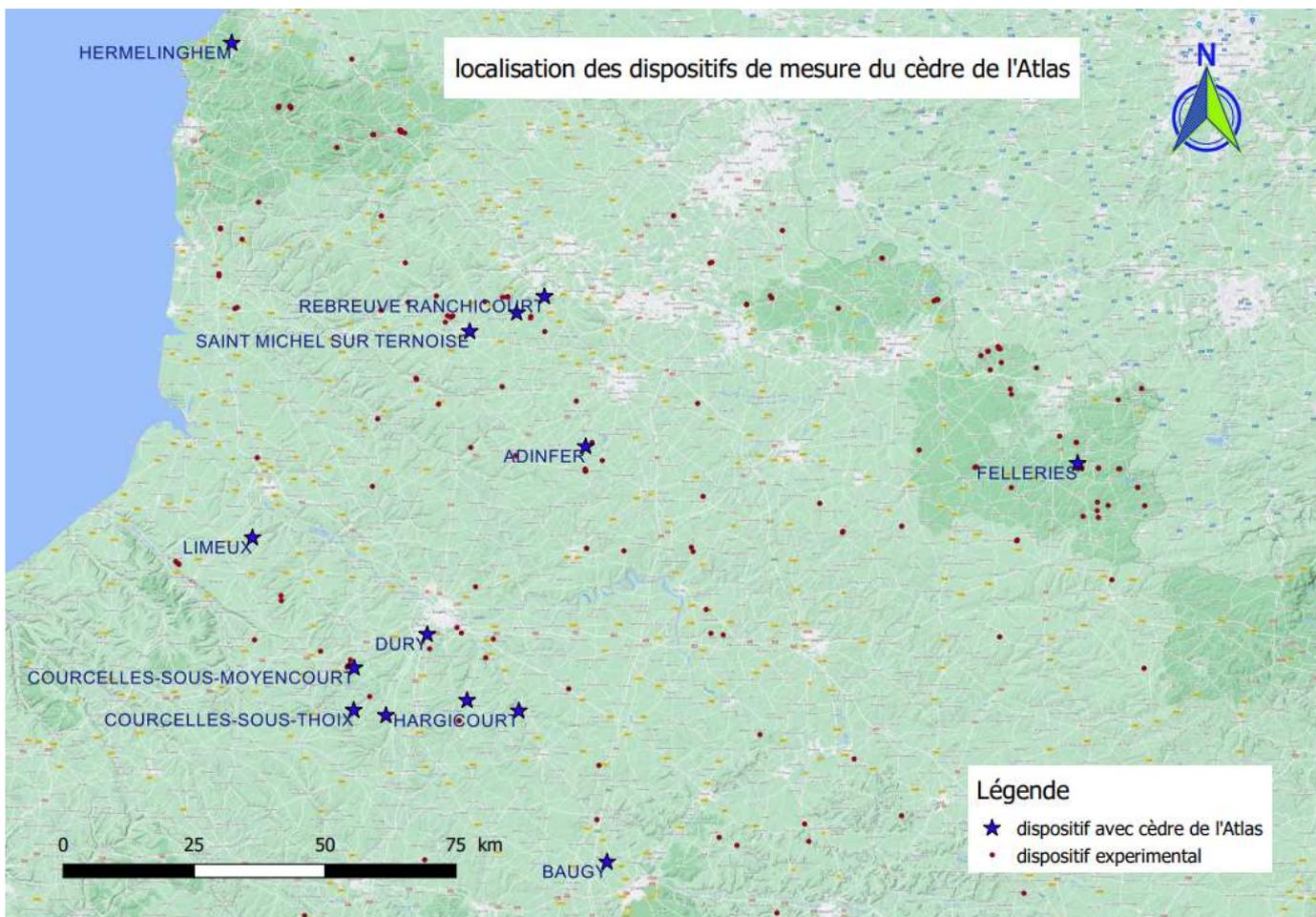
Expérimentation sur le Cèdre de l'Atlas en région Hauts-de-France

Généralités

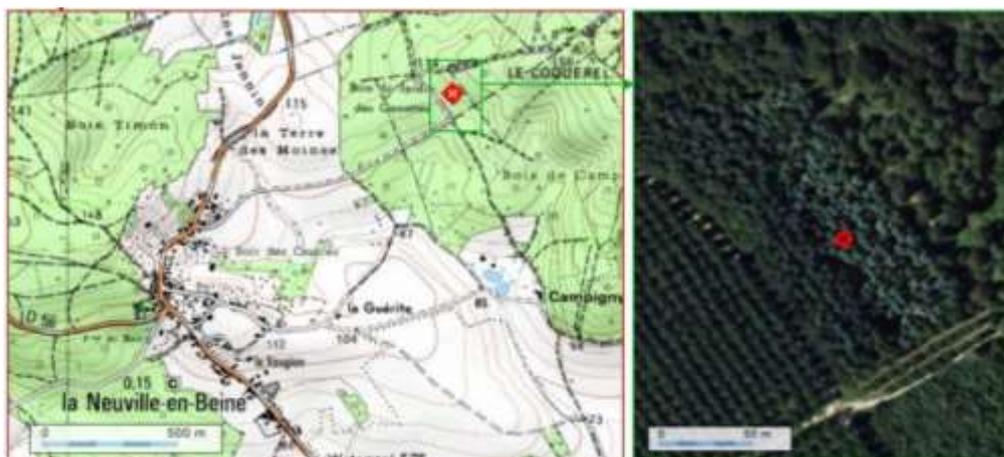
Entre 1979 et 2022, le CRPF Hauts-de-France a mis en place 17 dispositifs expérimentaux comportant des cèdres de l'Atlas dont 14 sont encore suivis à l'heure actuelle.

Référence	Départ.	Commune	Année d'installation	Statut	Essence	Nb d'arbres installés
279001	2	CORBENY	1979	terminé	cèdre de l'Atlas, hêtre, noyer commun, pin laricio	?
6009002	60	MONT L'VEQUE	2009	terminé	cèdre de l'Atlas, châtaignier CSA102 - Bassin Parisien - France, châtaignier hybride, châtaignier hybride CA15	98
6212003	62	MAGNICOURT EN COMTE	2012	suivi	alisier blanc, alisier torminal, aulne de Corse, cèdre de l'Atlas, érable champêtre, érable plane, érable sycomore, hêtre, noyer hybride, tilleul à grandes feuilles	814
8012229	80	COURCELLES-SOUS-THOIX	2012	suivi	alisier blanc, alisier torminal, aulne de Corse, cèdre de l'Atlas, érable plane, érable sycomore, hêtre, noyer hybride	807
8012277	80	HARGICOURT	2012	suivi	cèdre de l'Atlas CAT 900, érable plane, hêtre FSY102 Nord - France, noyer hybride NG 23, tilleul à grandes feuilles	257
6213267	62	REBREUVE RANCHICOURT	2013	suivi	cèdre de l'Atlas, érable plane, érable sycomore, hêtre, noyer hybride NG 23	296
5918001	59	FELLERIES	2018	suivi	cèdre de l'Atlas, douglas vert, épicéa commun, mélèze hybride	100
6218004	62	HERMELINGHEM	2018	suivi	cèdre de l'Atlas, sapin de Nordmann	60
6219003	62	ADINFER	2019	suivi	cèdre de l'Atlas, douglas vert, épicéa commun, mélèze hybride	?
8019001	80	LIMEUX	2019	suivi	cèdre de l'Atlas	30
8019003	80	MONSURES	2019	suivi	cèdre de l'Atlas	?
8019005	80	COURCELLES-SOUS-MOYENCOURT	2019	suivi	cèdre de l'Atlas	200
6020003	60	BAUGY	2020	suivi	cèdre de l'Atlas	50
6220001	62	SAINT MICHEL SUR TERNOISE	2020	suivi	cèdre de l'Atlas, chêne pubescent, hêtre	90
8020008	80	DURY	2020	suivi	alisier torminal, cèdre de l'Atlas, cormier, tilleul à petites feuilles	60
8021001	80	AILLY-SUR-NOYE	2021	suivi	cèdre de l'Atlas, chêne pubescent QPU 101 - Nord Ouest (Ternay), chêne sessile	441
294002	2	VILLEQUIER AUMONT	1994	abandonné	cèdre de l'Atlas	27

Le CRPF HDF dispose de quelques références assez anciennes sur le cèdre de l'Atlas, comme le dispositif de Villequier Aumont qui a été mesuré en 2010.



Localisation du dispositif de Villequier Aumont :



Les mesures ont porté sur 27 arbres. En 2010, les mesures de circonférences ont porté uniquement sur les arbres d'avenir au nombre de 20 et les hauteurs ont porté sur 5 arbres parmi ces derniers. La circonférence moyenne est de 90.15 cm (écart type = 32) soit 28.7 cm sur le diamètre et la hauteur moyenne est de 21.1m (écart type = 1) pour des arbres de 16 ans d'âge. On peut en déduire des largeurs de cernes moyennes de 8.9 mm pour ces arbres de 16 ans. Rappelons que l'accroissement moyen dans le Sud-Est à 60 ans est de 4.3 mm sachant qu'il y a un décrochage vers 38 ans en moyenne, donc ce n'est pas tout à fait comparable, il serait intéressant de comparer à nouveau quand les arbres auront 60 ans.

Les dispositifs récents

59% des dispositifs expérimentaux comportant des cèdres de l'Atlas ont moins de 3 ans (en 2021) : 2 dispositifs en 2018, 4 en 2019, 3 en 2020 et 1 en 2021. Cela témoigne de l'intérêt grandissant porté à cette essence d'avenir. En raison de leur jeune âge, nous avons encore peu de recul sur ces dispositifs.

Dispositif de Limeux (8019001) – Comportement du cèdre de l'Atlas

Forêt : Bois de Limeux



Date d'installation : janvier 2019

Essences : Cèdre de l'Atlas 10/20 M220

Station : US 6 du catalogue Vimeu (forte charge en caillou, sol calcaire), faible pente en versant sud

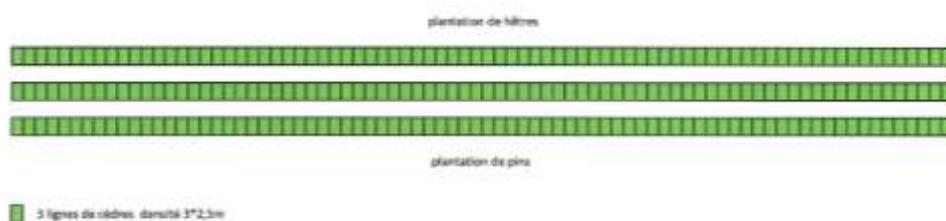
Dispositif : Installation de 3 lignes de 200 m de long sur prairie enherbée. Ecartement de 3m (interligne) x 2.5m (sur la ligne) soit une densité de 1333 plants/ha pour un total de 240 cèdres de l'Atlas.

Travaux préparatoires : dégagement de la végétation sur 1.5m² et création de potet travaillé à la dent becker sur mini-pelle.

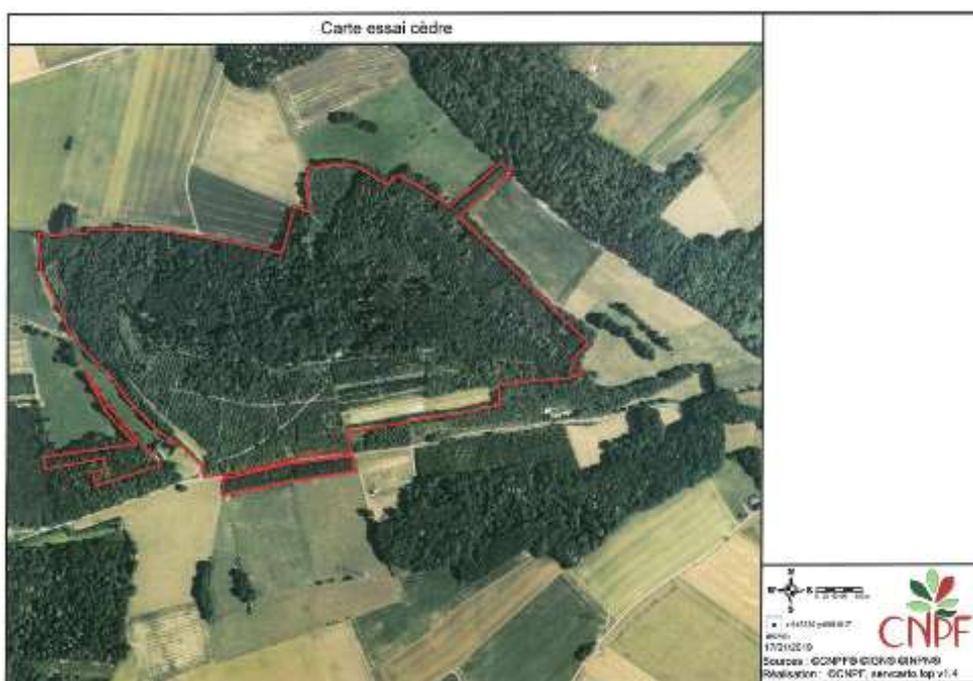
Plantation à la houe et protection chevreuil (climatic mixte 1m20)

Nombre d'arbres suivis : 30

Plan de plantation des cèdres de l'atlas-GFLimeux décembre 2018



Hauteur moyenne des plants : 0.32 m en 2020 et 0.58 m en 2021 soit un accroissement moyen en hauteur la première année de 0.26 cm.



Dispositif de Saint-Michel sur Ternoise (6220001) – comparaison de 3 essences par bloc sur station calcaire

Forêt : bois de Saint-Michel



Date d'installation : décembre 2019

Essences : Cèdre de l'Atlas 10/20 CAT-PP-01-Ménerbes (plants de 2 ans en motte 350 cm³), Chêne pubescent 50/80 QPU 101-nord-ouest en racine nue, Hêtre 50/80 FSY 102-nord en racine nue

Station : C3 (sol brun calcaire), faible pente (13%) en versant sud (182 deg), exposé aux vents violents. Le sol est prospecté sur 60 cm maximum avec 20 cm de limon (30% d'éléments grossiers, surtout de la craie) et 40 cm de sol crayeux (craie fracturé et gros silex pour >75%

d'éléments grossiers).

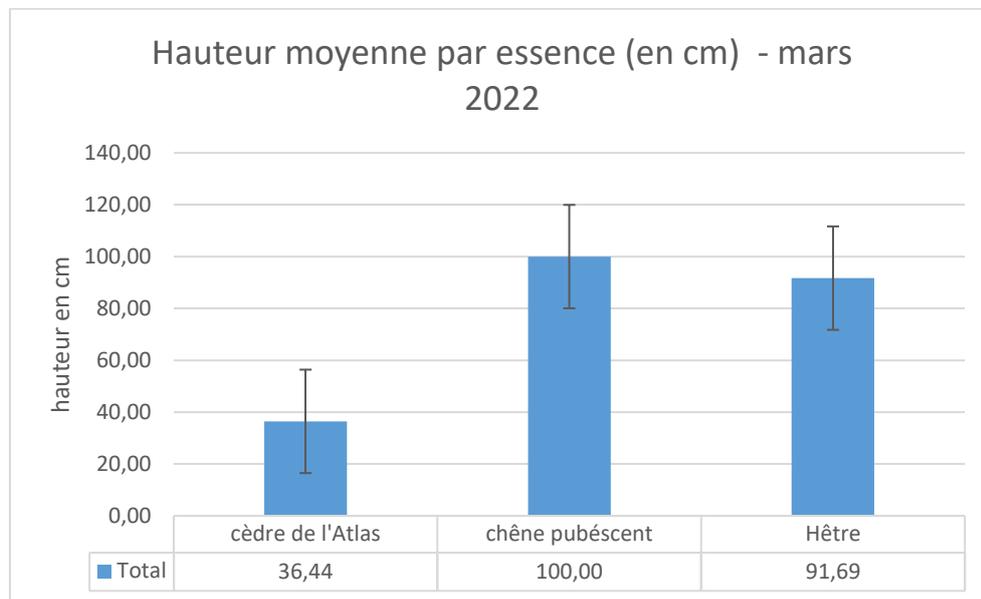
Facteurs limitants : profondeur du sol et réserve en eau, carbonate de calcium dans la terre fine. Un abri latéral bénéfique protège néanmoins le bloc de plantation des vents violents.

Dispositif : après coupe rase d'un peuplement de futaie taillis exploitable de frênes et érables sycomore, installation de 2 essences d'avenir face au changement climatique (Cèdre de l'Atlas et Chêne pubescent) ainsi que du Hêtre comme essence témoin sur 3 blocs de 25 ares chacun. Les plants sont tous installés en 4m par 3m soit 200 plants par blocs (densité de 833 plants/ha). Protection de tous les plants par une gaine Climatic mixte

Travaux préparatoires : girobroyage en automne 2019 des rémanents

1^{er} contrôle en juillet 2020 : 3 plants de cèdres morts. Les autres sont en bon état sanitaire (10cm de haut). Leur croissance en hauteur n'a pas encore vraiment démarré, ce qui est typique de cette essence qui prépare son pivot racinaire avant de démarrer sa croissance en hauteur. Concernant les chênes pubescents, très peu de mortalité, les plants présentent un bon état sanitaire également.

Mesures réalisées 08/03/2022 :



Les cèdres de l'Atlas présentent un fort taux de mortalité (~50%). La mortalité s'explique en partie par la ronce qui a étouffé certains plants ou encore la conjugaison d'une forte concurrence herbacée au pied des plants avec un sol à faible réserve utile et très calcaire (terre fine saturée en carbonate de calcium dès la surface). On peut noter un seul plant détruit par le gibier. En parallèle les plants de Chêne pubescent et même de Hêtre ne présentent pas de mortalité et ont eu une meilleure croissance.

Dispositif de Courcelles sous Moyencourt (8019005) – Comportement du Cèdre de l'Atlas

Forêt : Bois de la réserve



Date d'installation : mars 2019

Essences : cèdre de l'Atlas 10/20 M220 CAT PP MENERBES

Station : US 14 (guide plateau Picard). Situation de plateau (faible pente). Pluviométrie de 770 mm/an. Sol brun acidifère (PH5.5), faiblement lessivé, peu profond (40cm) et à forte charge en silex (RU ~55mm).

Facteurs limitants : Réserve en eau, charge en caillou, niveau trophique dans une moindre mesure

Dispositif : Plantation des cèdres sur un bloc de 0.3 ha, avec un écartement de 5m par 3m. Les plants sont disposés en 9 lignes pour un total de 175 plants.

Hauteur moyenne des plants : à l'installation en 2019 ils mesurent 0.35 m en moyenne et 0.44 m un an après soit un accroissement la première année d'environ 9 cm. En 2021 ils mesurent 0.67 m soit un accroissement la seconde année de 23 cm. Comme on l'observe souvent, l'accroissement est relativement faible la première année et augmente les années suivantes. Il est encore trop tôt pour estimer l'évolution future de ce dispositif installée en 2019.

Dispositif de Monsures (8019003) – Comportement du Cèdre de l'Atlas

Forêt : Bois de Monsures



Date d'installation : 31/01/2019

Essences : Cèdre de l'Atlas CAT 900 FRANCE

Station : Situation de versant (pente >10%) en exposition nord-est. Pluviométrie de 700 mm/an. Sol brun calcaire limono-argileux avec blocage sur craie à 55 cm de profondeur (RU ~65mm)

Facteurs limitants : carbonate de calcium dans la terre fine dès la surface, faible réserve en eau, pluviométrie assez faible

Dispositif :



Surface plantée : 0.33 ha

26 lignes de plantation alignées parallèlement à la pente. Plantation en 4 m par 2.5 m soit une densité de 1000 plants/ha. Un désherbage a été effectué dans les manchons de protection en 2019 par le propriétaire

Hauteur moyenne des plants : 0.29 m de haut en moyenne en 2019, 0.40 m de haut en moyenne en 2020 et 0.51 m en 2021 soit une croissance annuelle moyenne de

11 cm la première année et de 11 cm également la seconde année. La première année, les résultats moyens sont supérieurs à ceux trouvés à Courcelle-sous-Moyencourt, où les plants ont été installés en mars 2019, soit un peu plus d'un mois après mais contrairement à ce dispositif la croissance ne décolle pas la seconde année et reste faible. De nouvelles mesures permettront d'identifier le temps nécessaire au cèdre pour démarrer véritablement une dynamique de croissance en hauteur satisfaisante.

Dispositif de Felleries (5918011) – comportement de plusieurs essences résineuses en plantation

Forêt : Bois de la grande Villette



Date d'installation : hiver 2018-2019

Essences : Cèdre de l'Atlas, Douglas vert, Epicéa commun, Mélèze hybride

Station : plateau légèrement vallonné à 200 m d'altitude. La pluviométrie est importante, 895 mm/an. La roche mère est un schiste profond. La station du guide « Ardenne primaire, Hainaut ... » est la hêtraie-chênaie-charmaie sur sol acide peu hydromorphe (US 6) et drainé (US 12).

Facteur limitant : acidité

Dispositif : Après broyage des rémanents issus du peuplement précédent, un peuplement de futaie taillis pauvre, un sous solage a été réalisé sur toutes les futures lignes de plantation. Les plantations ont été effectuées par blocs purs de 3 m²0 d'écartement (1 600 tiges/ha). Tous les plants ont été ensuite traités au répulsif Trico. Les cèdres sont plantés en bloc pur sur 0.25 ha à densité de 1 600 plants/ha.

Les interventions réalisées : Regarnis en février 2019 (15-30 % selon les essences). Ce taux de mortalité est imputable à la canicule de juin et juillet 2018. Les traitements au Trico réalisés en février et septembre 2018 ont été efficaces ; peu de dégâts de chevreuils ont été constatés en 2018.

Vigilance par rapport au cèdre : Le cèdre est assez plastique au niveau trophique, et tolère donc bien a priori les sols acides. Attention cependant au tassement sur texture limoneuse dominante, car le cèdre tolère mal les horizons mal oxygénés et compacts. Par ailleurs le cèdre tolère très mal l'engorgement du sol. Il risque donc d'être moins dynamique sur les zones à US 6 que sur l'US 12 (sols bien drainés).

Concernant les cèdres de l'Atlas, ils ont nécessité des regarnis en 2019 (~30% de mortalité notamment sur les zones les plus contraignantes, c'est à dire qui présentent un engorgement temporaire marqué à faible profondeur). Un paillage individuel en fibre a été installé sur chaque pied afin de limiter le développement des graminées et de la ronce. Le paillage présente un coût non négligeable, mais il est indispensable dans ce contexte à une bonne reprise des plants tout comme le sont les protections anti-gibier. En effet le paillage permet à la fois de limiter l'installation de végétation concurrente, comme les graminées très concurrentielles en eau, mais aussi de limiter l'évaporation de l'eau du sol au pied des plants. En septembre 2020 les jeunes cèdres présentent une hauteur entre **30 et 100 cm**. Ils semblent avoir démarré leur croissance en hauteur en 2020. Le cèdre est réputé pour présenter une croissance initiale faible et démarrer quelques années après son installation, une fois qu'il a bien formé son pivot racinaire. Les pousses de l'année 2020 font entre 20 et 60 cm de longueur.

Dispositifs plus anciens, avec plusieurs années de mesures

Dispositif d'Hargicourt (8012277) – comportement d'essences alternatives au Hêtre sur coteaux calcaires

Forêt : bois d'Hargicourt



Date d'installation : 2012

Essences : Cèdre de l'Atlas, Noyer hybride (NG23), Erable plane et le Tilleul à grande feuille, et en témoin : Hêtre avec un enrichissement en Alisier torminal et en Alisier blanc

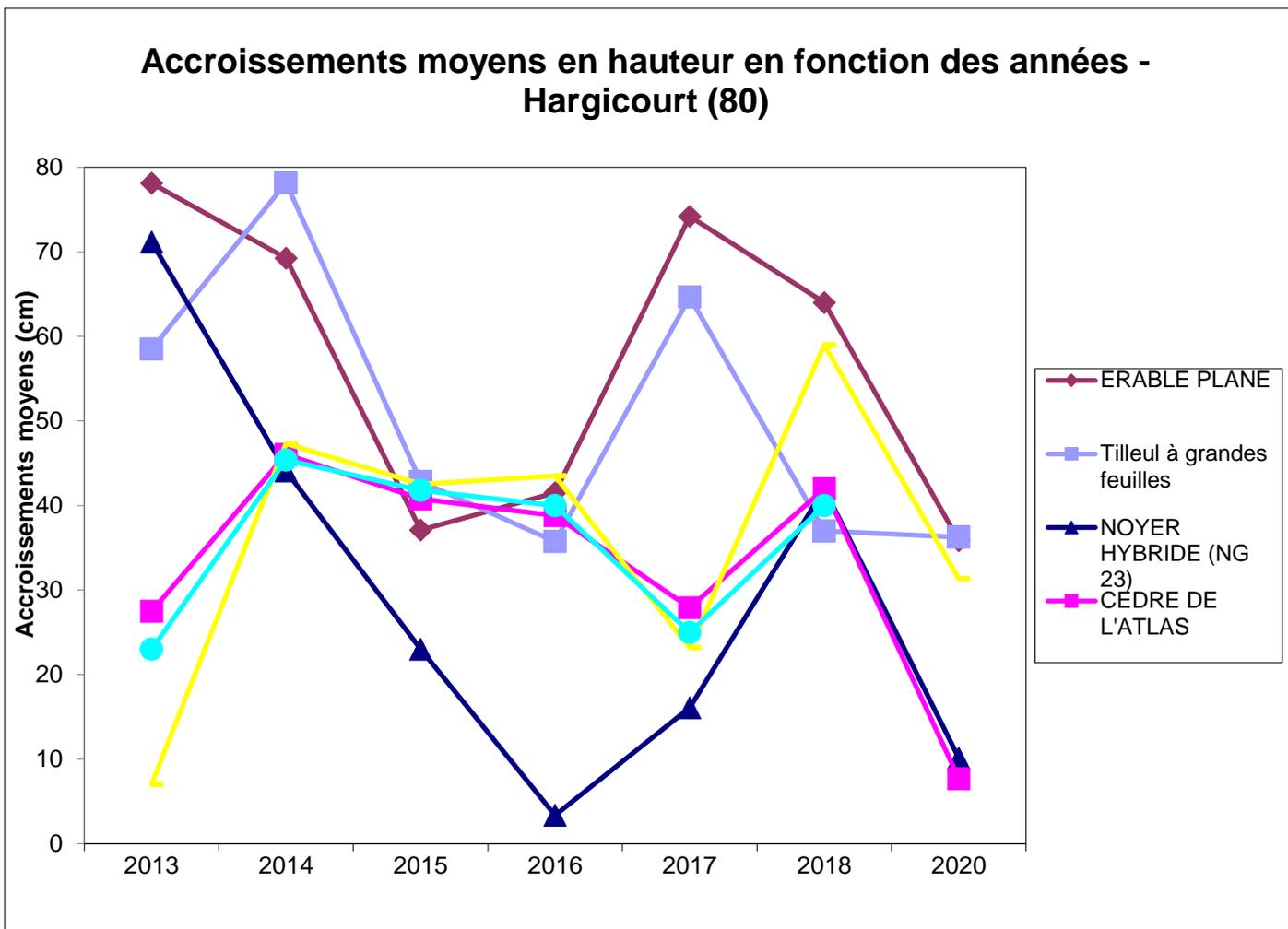
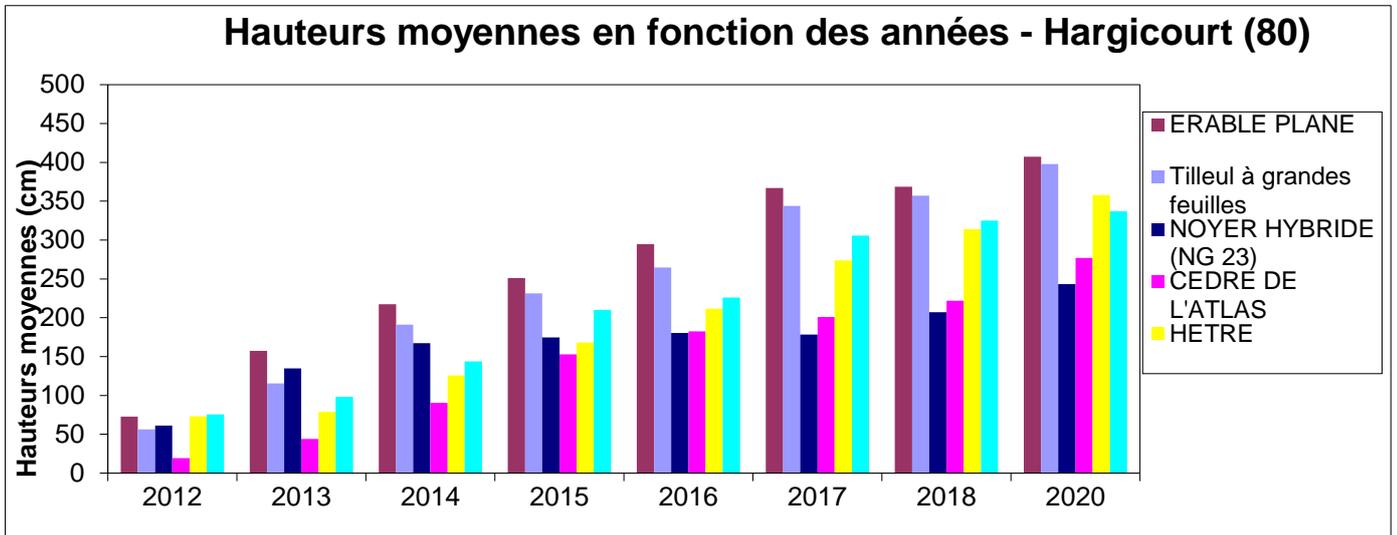
Station : Le dispositif se situe sur la station « Hêtraie-frênaie sur sol crayeux peu à moyennement profond ». Cette station présente des caractéristiques contraignantes, se caractérisant par des sols peu profonds (40/60 cm), crayeux, d'exposition Ouest à Sud-est. Le site d'Hargicourt présente des précipitations annuelles de 669 mm sur une moyenne 1980-2010. Ces précipitations annuelles inférieures à 750 mm accentuent a priori le risque de dépérissement du Hêtre sur ce site. La température moyenne annuelle est de 10.6 °C

Cette station risque d'être plus exposée aux effets des changements globaux tels que l'augmentation des événements climatiques extrêmes (sécheresse notamment).

Vigilance par rapport au cèdre : Bien que résistant à la sécheresse le cèdre n'est pas à son optimum sur cette station. Il tolère moyennement le carbonate de calcium dans la terre fine dès la surface, et peut présenter des signes de stress hydriques pour des pluviosités inférieures à 700 mm. Par ailleurs, les zones à profondeurs de sol superficielles (40cm ou moins) devraient présenter une contrainte non négligeable à son plein développement.

Dispositif : Les blocs de cèdre ont été installés en 4m par 4m (densité de 625 plants/ha), pur (sans accompagnement) pour un total de 74 cèdres installés et 67 plants situés à l'intérieur du bloc ont été suivis.

Résultats :



Le site a permis de bonnes croissances dans l'ensemble à part pour quelques noyers assez tardifs. Le gyrobroyage a permis l'accès à tous les arbres pour les mesures. Les tailles de formation sont envisagées sur les plus beaux sujets.

Sur ce type de station « Hêtraie-frênaie sur sol crayeux peu à moyennement profond » on constate que les essences témoin (hêtres et alisiers en enrichissement) ont un démarrage relativement lent la première année mais connaissent une bonne croissance les années suivantes sans toutefois rattraper les érables planes et les tilleuls à grande feuille. Le cèdre démarre aussi doucement la première année mais se stabilise ensuite pendant 7 ans avant de décrocher à nouveau en 2020 en terme d'accroissement en hauteur. Il convient de poursuivre les mesures afin d'observer l'évolution de la croissance sur les prochaines années.

Dispositif de Rebreuve (6213267) - comportement d'essences alternatives au Hêtre

Forêt : Bois du mont de Rebreuve



Date d'installation : 2013

Essences : Cèdre de l'Atlas, Erable plane, Erable sycomore, Hêtre, Noyer hybride

Station : La zone d'étude est en exposition Sud-Ouest sur une formation géologique de type marnes crayeuses. La pente est faible (10%) et l'altitude comprise entre 110 et 135 m. La température moyenne est de 10.5 °C et la pluviométrie annuelle est de 700 mm/an.

Le sol est un sol brun calcaire. L'horizon superficiel à dominante limoneuse (limon éolien) recouvre un horizon marneux qui apparaît à une profondeur variable. Le sol présente une charge non négligeable en éléments grossiers (calcaire) dès les premiers horizons.

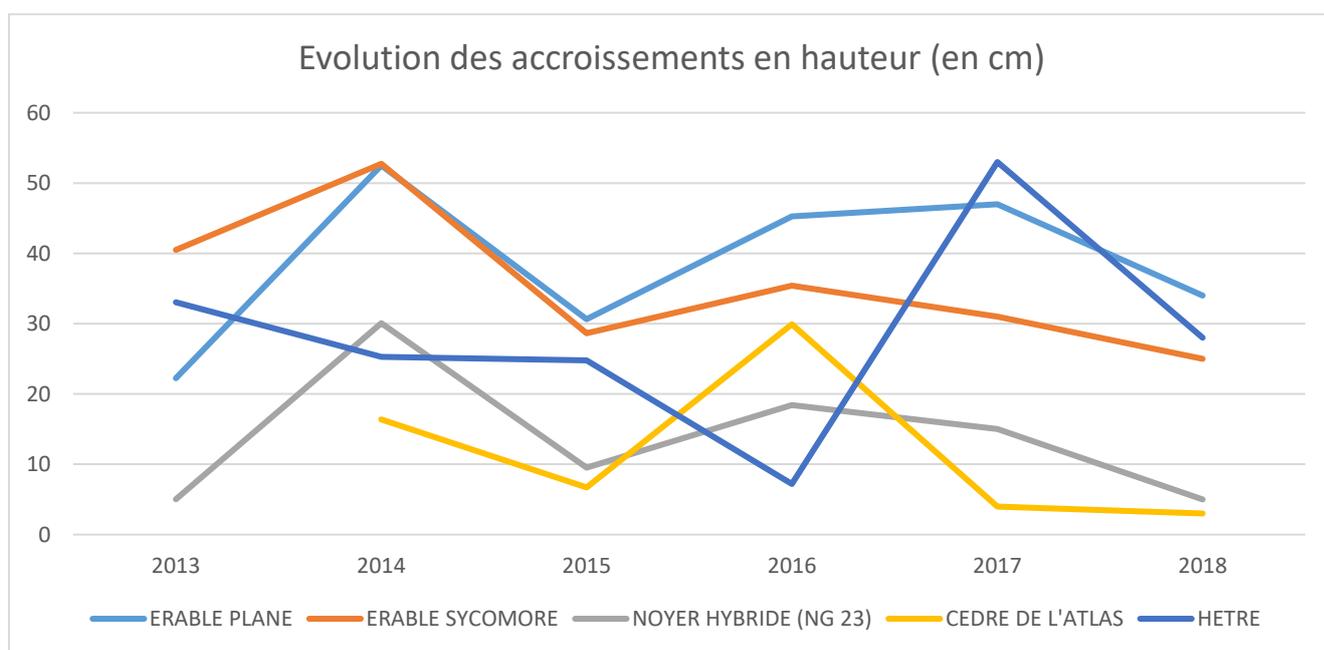
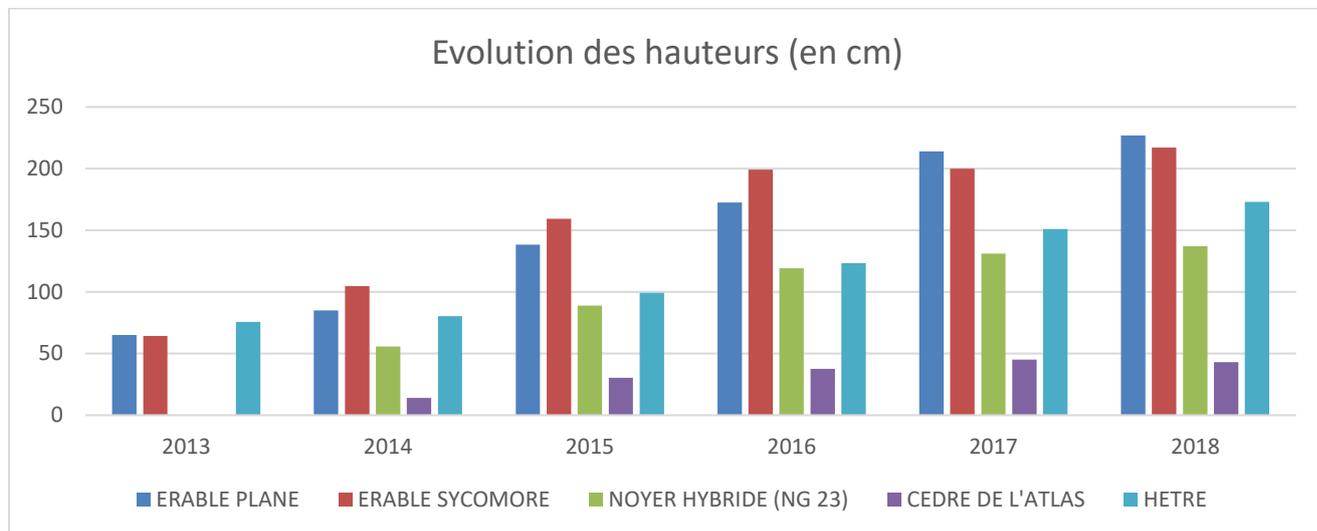
Vigilance par rapport au cèdre : La présence de carbonate de calcium dans la terre fine est a priori un élément défavorable au cèdre. La présence d'un horizon marneux (argileux et calcaire) est très défavorable au cèdre aussi. Cependant, la profondeur d'apparition de cet horizon étant variable, on peut s'attendre à des résultats contrastés entre les plants suivant l'hétérogénéité pédologique. Le niveau de précipitation (700 mm) est également un peu limite pour cette essence. En revanche, on ne signale aucun signe d'engorgement du sol sur les 80 premiers cm, ce qui est favorable au cèdre.

Variables mesurées : hauteur totale et circonférence à 1m30

Nombre d'arbres suivis

Erable sycomore	Erable plane	Hêtre commun	Cèdre de l'Atlas	Noyer hybride
72	63	58	53	50

Résultats :



Le site est bien entretenu et suivi. Pour la suite des entretiens un fauchage de la végétation pour limiter la concurrence herbacée sera nécessaire surtout pour les cèdres de l'atlas encore petits. Des tailles de formations pourront être menées sur les plus beaux sujets d'érables de Hêtre et de noyers

De façon générale, la croissance des différentes essences est assez faible probablement en raison des conditions stationnelles contraignantes : faibles précipitations et horizon marneux. Les érables présentent la meilleure dynamique de croissance. Le Hêtre n'est pas très loin derrière. En revanche, un suivi sur le plus long terme est nécessaire avant d'extrapoler ces observations sur l'évolution future du peuplement.

Le Cèdre de l'Atlas est réputé pour sa dynamique de croissance initiale lente. Néanmoins, dans de bonnes conditions, une bonne reprise de croissance est visible quelques années après la plantation, une fois que l'arbre a installé son pivot racinaire. Sur ce site, le cèdre ne décolle pas. Il fait en moyenne 43 cm de haut en 2018 soit 6 ans après la plantation. Les cèdres présentent des accroissements annuels entre 5 et maximum 30 cm sur la hauteur. Ces mauvais résultats peuvent être imputables aux conditions pédologiques globalement défavorables à cette essence.

Dispositif de Courcelles-sous-Thoix (8012229) - comportement d'essences alternatives au Hêtre sur stations à fort risque de stress hydrique

Carte n°2 : schéma d'implantation des essences objectifs



Forêt : forêt de Courcelles-sous-Thoix

Date d'installation : 2011

Essences : Alisier torminal, Aulne de Corse, Cèdre de l'Atlas, Chêne pubescent, Erable champêtre, Erable plane, Erable sycomore, Hêtre, Noyer commun, Pin laricio de Corse, Sorbier des oiseleurs, Tilleul à grandes feuilles

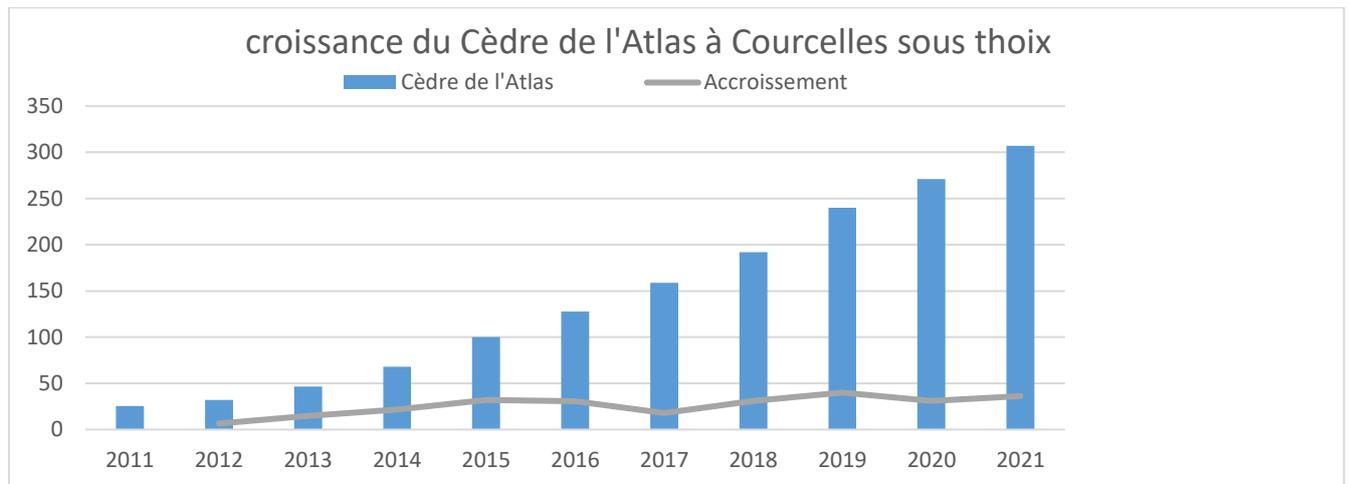
Station : Il s'agit de la « Hêtraie-chênaie-frênaie sur sol calcaire de versant ensoleillé ». Cette station est contraignante d'un point de vue hydrique, se caractérisant par des sols moyennement profonds (40-60 cm) crayeux d'exposition Ouest à Sud-Est. Les précipitations annuelles moyennes sur la période 1980-2010 sont de 743 mm. Ce niveau de précipitation présente une contrainte moyenne pour le Hêtre. Dans tous les cas, la pluviosité annuelle ne compense pas la faible RU en eau du sol sur ces stations. La température moyenne annuelle est de 10.5 °C sur la période 180-2010.

Vigilance par rapport au cèdre :

Le niveau de précipitation ne devrait pas être trop limitant pour le Cèdre de l'Atlas même s'il n'est pas compensateur de la faible RU qu'on peut rencontrer sur cette station. Les conditions climatiques sont plutôt favorables à son développement. Les conditions pédologiques sont moyennement favorables (roche mère crayeuse filtrante, et présence de carbonate de calcium dans la terre fine). Le sol est bien drainé, et pas trop lourd, ce qui est favorable pour le cèdre.

Variables mesurées : Hauteur totale moyenne, statut de l'arbre

Résultats :



La croissance en hauteur des différentes essences est globalement satisfaisante, sauf pour les noyers hybrides qui sont en-dessous de leur potentialité de croissance. Cela s'explique bien en raison des conditions stationnelles trop contraignantes pour cette essence exigeante.

Les futurs entretiens devront réaliser des tailles de formations sur les plus beaux sujets et des élagages sur les branches basses les plus grosses.

Le Cèdre de l'Atlas présente une dynamique de croissance initialement lente les premières années comparées aux autres essences. Néanmoins son accroissement courant en hauteur augmente les premières années pour se stabiliser en 2015 (4 ans après plantation). D'après la bibliographie, le cèdre devrait connaître une croissance relativement lente mais soutenue pendant une grande partie de la vie du peuplement, les suivis futurs permettront de confirmer ou non cette hypothèse. Avec le changement climatique, on devrait s'attendre à ce qu'il maintienne un bon niveau de production là où le Hêtre, voire l'Erable sycomore présenteraient des signes de stagnation et de déclin comme on commence à l'observer pour le Noyer hybride. Cependant, ce ne sont encore que des hypothèses qu'il faudra confirmer par l'observation sur le temps long.

Dispositif de Magnicourt en Comté (6212003) - comportement d'essences alternatives au Hêtre sur stations à fort risque de stress hydrique



Forêt : forêt de Magnicourt en comté

Date d'installation : 2012

Essences : Alisier blanc, Alisier torminal, Aulne de Corse, Cèdre de l'Atlas, Erable champêtre, Erable plane, Erable sycomore, Hêtre, Noyer hybride, Tilleul à grandes feuilles

Station : Hêtraie-chênaie-frênaie sur sol calcaire de versant ensoleillé ». Les contraintes pédologiques sont les mêmes que dans le dispositif de Courcelles-sous-Thois

Précipitation annuelle : 934 mm, température moyenne annuelle : 10.15 °C

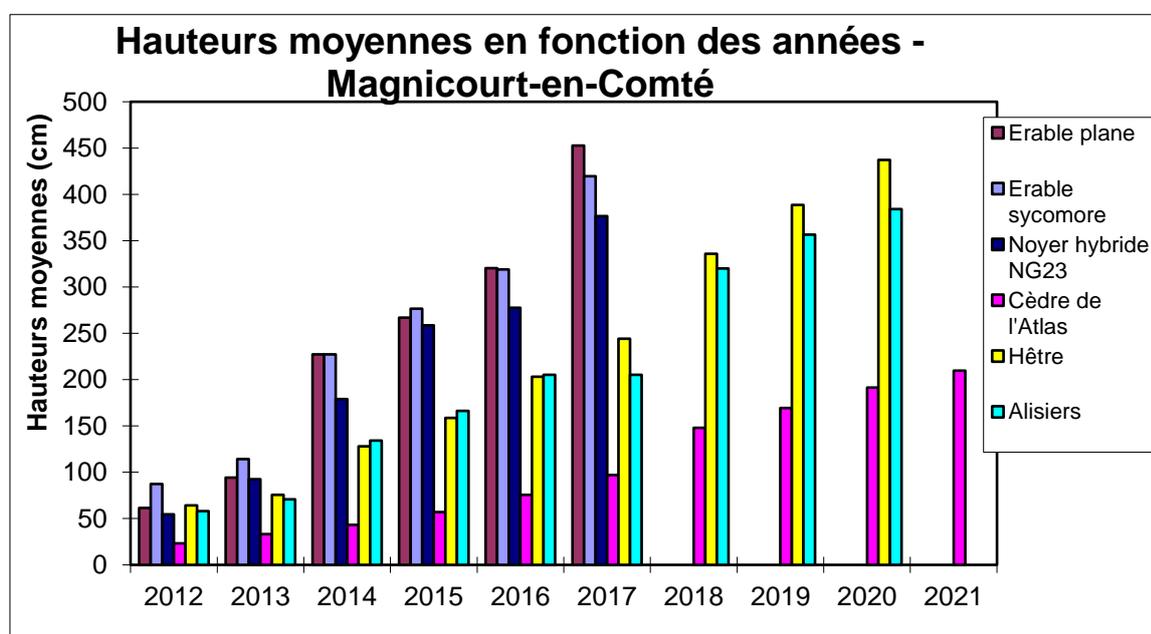
Vigilance par rapport au cèdre :

Comparable aux conditions de Courcelles-sous-Thoix. La pluviométrie importante peut agir en compensation d'une réserve utile relativement faible du sol et de l'exposition ensoleillée (forte évapotranspiration).

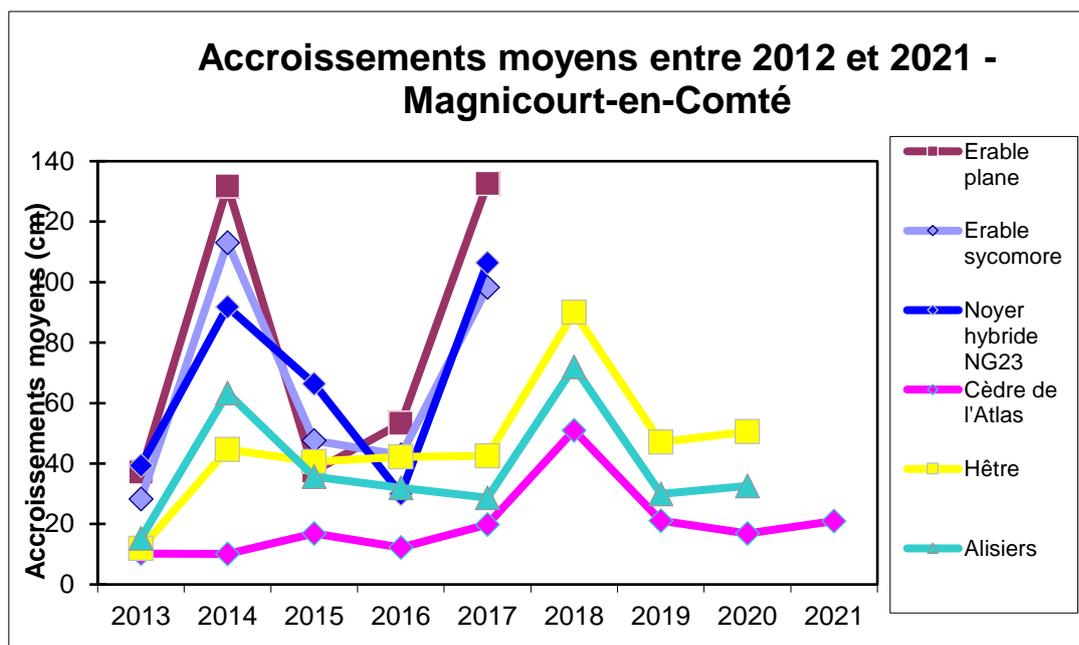
Dispositif cèdre : plantation en 4m X 3.5m (714 plants/ha). Plantation pure sans accompagnement. Plants de 2 ans, élevé en godet et repiqué après une année de végétation (1+1G) de 15 cm de haut, origine : CAT P003-Saumon (étiquette bleue).

Erable sycomore	Erable plane	Noyer hybride	Cèdre Atlas	Tilleul à G.F.	Erable champ.	Aulne Corse	Hêtre	Alisier torminal.	Alisier blanc
94	96	48	96	96	96	192	86	5	5

Variables mesurées : Hauteur totale moyenne, statut de l'arbre, circonférence moyenne



La plantation est globalement bien entretenue. Les plants présentait une bonne qualité à l'implantation et témoignent plutôt d'une bonne croissance. Un gyrobroyage est toujours appréciable pour limiter les pruneliers et autres végétations adventices. La taille de formation des plus beaux sujets est également mener.



Les érables sycomores et planes montrent encore une fois la meilleure croissance en hauteur : jusqu'à 132 cm et 113 cm d'accroissement en 2013 respectivement pour l'Erable plane et l'Erable sycomore. Le Noyer hybride n'est pas loin derrière avec un accroissement maximum de 106 cm sur la hauteur en 2016. Si au niveau pédologique on se situe sur une station comparable à Hargicourt ou Courcelles-sous-Thoix, la pluviométrie est ici bien plus élevée (934 mm), ce qui peut compenser une réserve utile moyenne à faible. Ceci est profitable au Noyer hybride qui montre ainsi une meilleure vigueur sur ce site que sur les précédents.

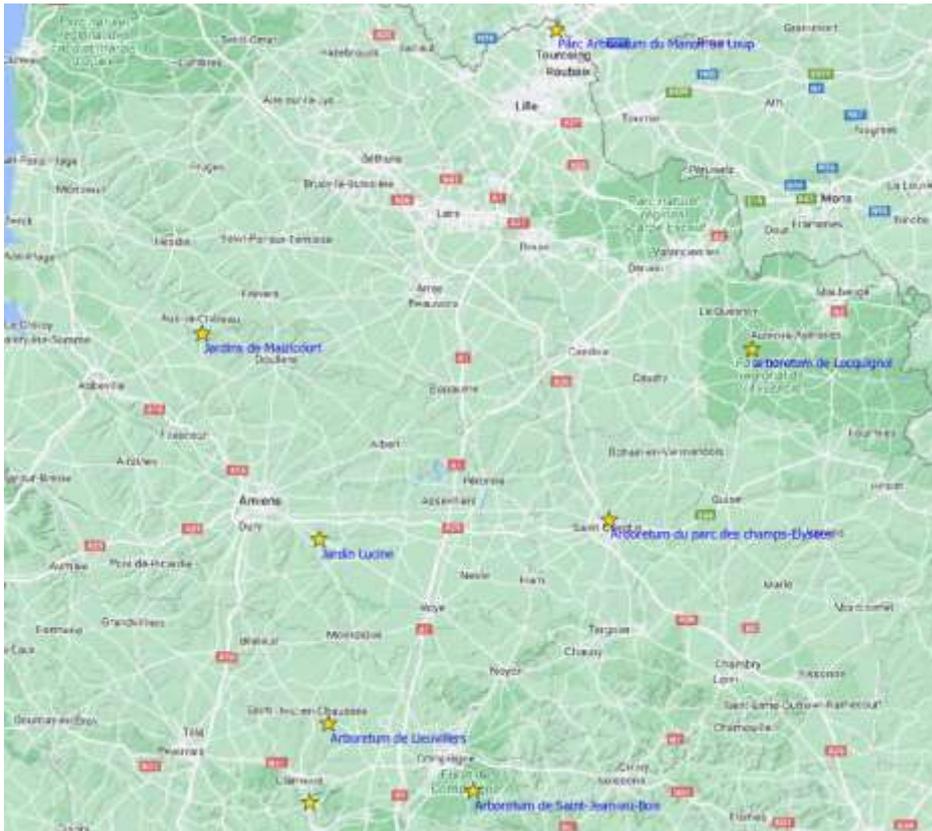
Le cèdre présente une croissance plus faible que les autres essences mais qui reste soutenue avec un pic en 2018. C'est la dernière essence mesurée en hauteur en 2021. L'accroissement annuel reste soutenu les 3 dernières années bien qu'inférieur à l'année 2018 : ~20 cm par an

Les années 2014, 2017 et 2018 semblent avoir présenté des conditions favorables à la croissance de l'ensemble des essences testées sur le site.

Le Cèdre de l'Atlas dans les parcs et jardins de Haut-de-France

Le cèdre est une essence ornementale que l'on retrouve fréquemment dans les arboretums et autres parcs arborés. Lors d'une étude sur les arboretums de la région Haut-de-France, le CRPF a inventorié les différentes essences présentes dans la région. Sur les 18 arboretums inventoriés, le Cèdre de l'Atlas apparaît dans 9 d'entre eux soit dans 50% des cas. Il s'agit donc d'une essence ornementale assez fréquente dans la région. Les spécimens présents sont pour la plupart des individus déjà âgés (diamètre moyen des arbres inventoriés de 61 cm pour une hauteur moyenne de 15m) et présentent globalement un très bon état sanitaire.

Localisation des arboretums avec des cèdres de l'Atlas :



La présence attestée de spécimens âgés en bon état sanitaire dans un environnement non forestier témoigne de la capacité de cette essence à s'adapter aux conditions climatiques du Nord de la France sur les dernières décennies. Ces observations sont donc encourageantes pour l'avenir du cèdre dans la région. Cette essence présente une assez bonne résistance aux fortes sécheresses à l'état juvénile et très bon à l'état adulte. Elle est également très bien adaptée aux climats déficitaires en eau et aux fortes chaleurs. C'est donc une essence qui devrait être très bien adaptée au changement climatique en région Hauts-de-France.

Comme on l'a vu dans la région, le nombre d'essais de cette essence se multiplie avec des résultats encourageants. Elle est réputée pour présenter une croissance juvénile faible les premières années mais plus rapide et soutenue dans le temps une fois que le pivot racinaire est installé. Les résultats de nos dispositifs témoignent en effet d'une croissance lente les premières années et d'une relative accélération les années suivantes comme le montrent les résultats encourageants à Courcelles-sous-Thoix ou à Hargicourt.

Mais il ne s'agit pas d'une essence providentielle et il faut dans tous les cas que son enracinement puisse descendre en profondeur à l'état jeune pour garantir une bonne résistance aux sécheresses. Par ailleurs, des incertitudes persistent sur son adaptation dans les situations à un fort taux d'humidité atmosphérique.

Conclusions

Les résultats présentés sur les cèdres de l'Atlas montrent déjà une **meilleure dynamique de croissance que les références plus méridionales**. La poursuite des mesures est primordiale pour affiner nos connaissances sur cette essence et pour pouvoir comparer la croissance en région avec les autres références, notamment les résultats issus de la dendrochronologie. Le suivi sur le temps long de ces

dispositifs est donc essentiel. Les résultats sont globalement satisfaisants sauf pour le dispositif de Rebreuve où la croissance des cèdres stagne.

Dans les dispositifs de Hargicourt, Courcelles-sous-Thoix et Magnicourt en Comté, les contraintes pédologiques d'un sol peu profond (40-60 cm), crayeux filtrant et la présence de carbonate de calcium dans la terre fine ne sont pas des conditions optimales pour le cèdre. L'objectif était en effet de rechercher des alternatives au Hêtre sur des stations difficiles.

Le dispositif d'Hargicourt présente les meilleurs résultats malgré une pluviométrie défavorable (669 mm/an). Les cèdres passent de 19 cm à 277 cm de haut en 7 ans soit un accroissement moyen annuel en hauteur sur 7 ans de 36.8 cm.

Le dispositif de Courcelles-sous-Thoix est second en termes de croissance avec une pluviométrie un peu meilleure (743 mm/an). Les cèdres passent en moyenne de 25 cm à 271 cm de haut en 9 ans soit un accroissement moyen annuel en hauteur sur 9 ans de 27.3 cm.

Le dispositif de Magnicourt en Comté arrive en troisième position en termes de croissance avec une pluviométrie bien supérieure (934 mm/an). Les cèdres passent en moyenne de 23 cm à 191 cm de haut en 8 ans soit un accroissement moyen annuel en hauteur sur 8 ans de 21 cm.

Au vu de ces résultats, la pluviométrie ne semble pas avoir été un facteur limitant même à Hargicourt alors qu'on peut trouver dans la bibliographie des cas de stress hydrique en Wallonie en dessous de 700 mm de pluviométrie annuelle. Les conditions pédologiques ne semblent pas dans le cas présent jouer un rôle compensateur.

Concernant le dispositif de Rebreuve, c'est un échec pour le Cèdre de l'Atlas. La pluviométrie annuelle est de 700 mm et n'explique pas ce résultat compte tenu des résultats satisfaisants obtenus sur les autres essences du dispositif. La croissance des cèdres stagne. Ils passent en moyenne de 14 cm à 45 cm de haut en 5 ans soit un accroissement moyen annuel en hauteur sur 5 ans de 6.2 cm. Cela peut s'expliquer par la présence d'un horizon marneux à faible profondeur, autrement dit un sol lourd, compact et avec du carbonate de calcium dans la terre fine. Ce type de station est largement déconseillé pour le Cèdre de l'Atlas et ces résultats viennent le confirmer.

Les résultats obtenus sont donc cohérents avec ce que l'on sait de cette essence en termes d'autécologie et de dynamique de croissance. La poursuite des mesures, notamment sur les dispositifs plus récents qui présentent des contextes stationnels plus variés, devrait nous aider à mieux comprendre cette essence et évaluer son potentiel de développement déjà prometteur dans la région.