



Convention réalisée dans le cadre de l'appel à projet de l'Agence de l'eau – Restauration de zones humides en tête de bassin versant

Suivi de production forestière en Médoc, sur des peuplements de Pin maritime

Document rédigé par le Groupement de Productivité Forestière du Médoc et la Chambre d'Agriculture de la Gironde en partenariat avec le Syndicat Intercommunal d'Aménagement des Eaux du Bassin Versant et Etangs du Littoral Girondin

Bilan des suivis réalisés entre 2021 et 2024



**ENTENTE
POUR L'EAU**



Table des matières

Contexte	2
Objectifs de l'étude	2
Services écosystémiques de la forêt	3
Contexte sylvicole sur le massif des Landes de Gascogne	3
Ecologie du pin maritime.....	5
Conduite de la production du pin maritime.....	6
Caractéristiques des sols du Massif des Landes de Gascogne	9
Fonctionnement hydrogéologique sur le massif des Landes de Gascogne	9
Liens entre ressource en eau et sylviculture	12
L'eau nécessaire à la vie de l'arbre : processus physiologiques.....	12
Accès à l'eau	14
Enracinement	15
Résistance face aux tempêtes	18
Résistance face aux sécheresses	18
Les infrastructures hydrauliques en forêt	19
Expérimentations menées dans le cadre du projet	21
Protocole de suivi	22
Sites suivis.....	23
Groupe 1 – Placettes de production en densité forte de plantation	26
Groupe 1.1 – Placette du Jolles – amélioration de la répartition des eaux	26
Groupe 1.2 – Placette de Cindraout – témoin sans aménagement	28
Groupe 1.3 – Placette de Sescousse – optimisation du drainage forestier	28
Groupe 2 – Placettes de production en densité classique de plantation	31
Groupe 2.1 – Placette de la Caillava – rehaussement de la ligne d'eau sur le cours d'eau	33
Groupe 2.2 – Placette de Moure – témoin sans aménagement	36
Résultats des mesures et premières analyses.....	36
Analyse de la hauteur dominante	36
Suivi de la croissance en circonférence.....	37
Groupe 1 – Placettes de production en densité forte de plantation	39
Groupe 2 – Placettes de production en densité classique de plantation	41
Conclusions et perspectives	42
Annexes	44
Bibliographie.....	45

Contexte

Le SIAEBVELG et le GPF Médoc collaborent dans le cadre du projet « **Restauration de zones humides en amont du bassin versant des Lacs Médocains** » ; lui-même soumis et sélectionné lors de l'appel à projets « **2021/2024 Restauration des zones humides de l'Entente pour l'Eau du Bassin Adour-Garonne** ».

Le SIAEBVELG est le chef de file et porteur du projet placé sous la responsabilité technique et de Frank QUENAULT, animateur du Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) et d'Estelle JARDOT, chargée de mission « zones humides ».

Ce projet vise à rechercher des solutions de réhabilitation de zones humides en tête de bassin versant qui permettent dans le même temps de rendre durables les activités économiques agricoles, forestières et touristiques tout en s'adaptant au changement climatique et en préservant la ressource en eau et la biodiversité.

Réunis en consortium d'acteurs socio-économiques (communes, collectivités territoriales, exploitants agricoles, forestiers, associations naturalistes, ...) et d'acteurs scientifiques ou techniques, les partenaires répondent aux différentes spécialités concernées par ce projet.

Le GPF Médoc intervient sur le volet suivi-évaluation du projet qui consiste à **assurer un suivi de la production forestière en lien avec une meilleure répartition des eaux** dans la zone forestière située entre les parcelles agricoles à l'amont et le lac de Hourtin-Carcans à l'aval. Ces travaux sont encadrés par Maxime Madore accompagné de Marie Fonteneau, tous deux conseillers forestiers de la Chambre d'Agriculture de la Gironde et animateurs du GPF Médoc.

Objectifs de l'étude

Dans un contexte de changements climatiques prégnant, et dans l'objectif de mieux comprendre les liens entre compartiments hydrogéologiques, milieux aquatiques et parcelles sylvicoles, cette étude a été développée sur la commune d'Hourtin, retenue comme site pilote pour l'appel à projet sur les têtes de bassin versant. Sur le bassin versant des lacs médocains, la forêt représente 80 % de l'occupation du sol et est donc une activité majeure à la fois pour l'économie mais aussi le paysage et le fonctionnement global du bassin versant (de nombreux services écosystémiques sont assurés par la forêt).

Pour rappel, les liens entre eau et forêt reposent sur un équilibre fragile entre suffisamment d'eau pour la croissance des arbres (notamment en été) et le bon état sanitaire des peuplements. Toutefois, un excès d'eau prolongé diminue la stabilité des arbres en hiver (couplé à de forts vents), réduit l'accès aux parcelles pour l'exploitation et rend vulnérable la défense des forêts contre les incendies (DFCI) et les risques naturels.

La compréhension du fonctionnement hydrologique et des liens entre eau et forêt à l'échelle du bassin-versant repose principalement à l'heure actuelle sur une connaissance intuitive et empirique, acquise par l'expérience. Le développement d'un réseau de suivi vise à objectiver cette compréhension à l'aide de données concrètes et tangibles, afin de mieux cerner les dynamiques et d'ajuster les pratiques en conséquence, toujours dans une perspective d'adaptation aux défis climatiques.

Services écosystémiques de la forêt

La forêt assure de nombreux services écosystémiques.

La production forestière permet de caractériser la croissance des arbres, en milieu forestier, destinés à être exploités puis récoltés afin d'alimenter les différentes industries de la filière forêt-bois (de la production de papier jusqu'aux matériaux de construction...). Cela inclut également d'autres services écosystémiques comme le climat, la biodiversité ou la gestion de l'eau ; cette dernière faisant l'objet de l'appel à projet initial.

Telle que définie par la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), la production forestière s'inscrit dans la gestion durable d'une ressource naturelle en liant les besoins économiques et les intérêts écologiques d'un territoire.

Il s'agit donc de considérer la forêt, d'autant plus dans un contexte de changement climatique, comme un support de production rendant également des services environnementaux tels que la régulation et l'amélioration de la ressource en eau.

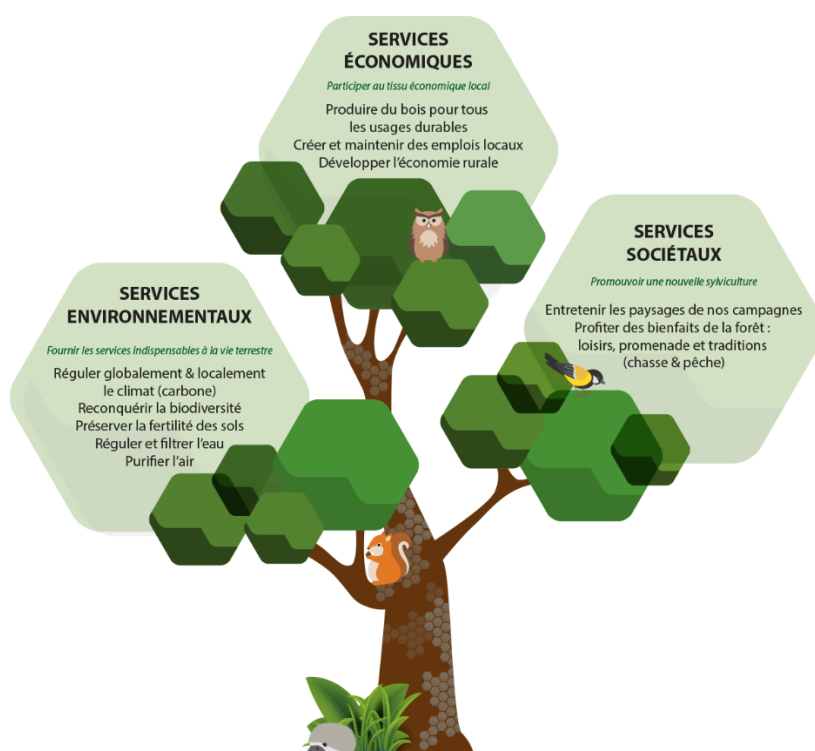


FIGURE 1- MULTIFONCTIONNALITE DES FORETS – SOURCE : SOCIETE FORESTIERE

Contexte sylvicole sur le massif des Landes de Gascogne

Le massif forestier des Landes de Gascogne s'étend sur un peu plus d'un million d'hectares. Le pin maritime qui en est l'essence dominante, est la septième essence en volume sur pied de France avec 143 millions de m³.

Le massif forestier des landes de Gascogne est de création récente. Après la fixation des dunes au début du XIX^{ème} siècle, la loi de 1857 obligea les Communes à assainir et ensemençer les vastes landes destinées au pâturage. La mise en valeur de ces vastes étendues par reboisement s'est achevée au début du XX^{ème} siècle.

Ce massif s'étend sur l'ensemble du plateau landais et est basé sur une sylviculture régulière de production de bois, reposant principalement sur la régénération artificielle. Parallèlement, dans la région forestière des « Dunes littorales de Gascogne », la régénération naturelle assistée (apport de graines effectué en complément) est priorisée autant que possible vis-à-vis des enjeux spécifiques à ce secteur géographique.



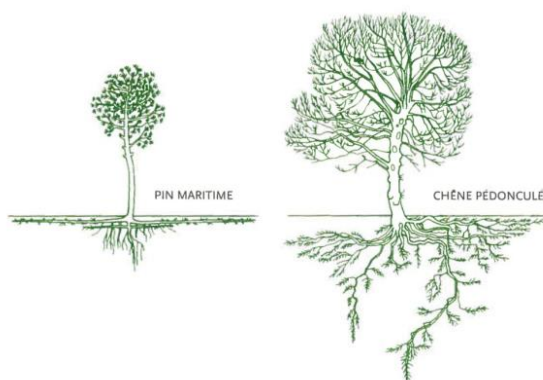
FIGURE 2 - CARTOGRAPHIE DU MASSIF DES LANDES DE GASCOGNE – SOURCE : CRPF

Autrefois le principal produit du pin maritime était la gomme. Les arbres étaient sélectionnés pour leur production de résine, la production de bois n'étant que secondaire. Avec la disparition du gemmage au cours de la première moitié du XX^{ème} siècle, l'objectif de production est devenu le bois d'œuvre et d'industrie. Toute une filière est développée autour de cette sylviculture.

En complémentarité des parcelles de production (essentiellement boisées en pin maritime), les feuillus sont conservés ou implantés pour créer des lisières feuillues, diversifier les essences et assurer un meilleur équilibre global : protection phytosanitaire, préservation de la biodiversité...

Ecologie du pin maritime

- Espèce pionnière, colonisant les milieux minéralement pauvres : c'est la seule espèce forestière qui se soit révélée adaptée et productive dans la mise en valeur des Landes de Gascogne. Ces milieux sont sableux et d'une grande pauvreté minérale. Le pin maritime colonise facilement les milieux ouverts, les sols nus, dans des conditions extrêmes.
- Sensible au froid et au vent : le pin maritime est bien adapté au climat océanique tempéré, mais craint les froids prolongés (en particulier les races ibériques et surtout portugaises, sont proscrites en France, car elles meurent à -15°C). Par sa croissance rapide et des caractéristiques de son enracinement en substrat meuble, le pin maritime est sensible au vent (chablis, courbure basale, ...).
- Supporte des sols acides à forte amplitude hydrique : le pin maritime accepte une large gamme d'humidité édaphique (lande humide à lande sèche). Il préfère les sols acides. En sols basiques, sa croissance est réduite et un jaunissement des aiguilles peut conduire au dépérissement (chlorose sur stations à sols carbonatés).
- Espèce héliophile : les semis se développent sans ombrage, en pleine lumière et tendent à occuper la strate dominante. Le pin maritime est ainsi souvent mené de façon dynamique dans l'étage dominant. Son phototropisme a tendance à induire des défauts de forme en lisière et en peuplement.
- Possède un enracinement pivotant et traçant : l'arbre dispose d'un enracinement de 2 types : l'un pivotant assure la stabilité et l'alimentation en eau, l'autre traçant occupe les premiers horizons du sol (0-30cm) et assure la nutrition.
En présence d'aliés (obstacle mécanique proche de la surface du sol) ou de battement de nappe important (en lande humide notamment), l'enracinement pivotant peut être limité.
De façon générale, l'enracinement du pin maritime se fait de façon plus superficielle que d'autres essences (chênes...)



**FIGURE 3- ENRACINEMENT DU PIN MARITIME ET DU CHENE PEDONCULE (COMPARAISON) –
SOURCE : ONF**

- Croissance rapide et peu longévive : cette espèce présente une croissance rapide, en particulier dans le stade juvénile. Actuellement, sur le massif, la production est en moyenne

de 10 m³/ha/an. Les individus sont peu longévifs (environ 200 ans). Ces deux caractéristiques conduisent aux choix d'âges d'exploitabilité assez jeunes.

L'accroissement en hauteur du Pin maritime est caractérisé par deux pics successifs (l'un en avril-mai, l'autre en août), le second étant nettement moins accentué que le premier.

- Polycyclisme et forte branchaison : Les branches des verticilles principaux sont souvent de forts diamètres. Il s'agit d'un caractère défavorable pour l'exploitation et la valorisation, d'autant plus que l'élagage naturel se fait mal. Le pin maritime est une espèce qui développe des pousses secondaires au cours de l'année de végétation (polycyclisme).
- Cortège pathogène important : le pin maritime une essence sensible à de nombreuses maladies ou attaques d'insectes (Armillaire, Fomès, Pyrale, Hylobe, Pissode, Rouilles, Chenille processionnaire, Scolytes, ...). Les arbres sains, dynamiques, résistent à ces différentes contraintes sanitaires.
- Essence très inflammable : la protection contre l'incendie (DFCI) est un des grands enjeux des pineraies maritimes. Le massif très homogène est en effet très sujet au risque incendie avec une rapidité de propagation du feu importante. Plusieurs périodes sont à risque : le printemps, avec la végétation sèche de l'année précédente et une difficulté d'accès aux parcelles en cas de besoin si celles-ci sont engorgées avec une nappe haute ; l'été et l'automne, périodes sèches avec une hygrométrie inférieure, une forte capacité de propagation des feux liée au vent et aux conditions météorologiques, et une présence humaine bien supérieure (tourisme estival).
- Espèce améliorée génétiquement : le pin maritime est une espèce forestière sur laquelle de nombreux essais sur la génétique ont été menés sur des critères d'adaptation, de rectitude et de croissance. Les travaux menés à ce jour permettent de planter des arbres issus d'une 4^{ème} génération de sélection (VF4).

Conduite de la production du pin maritime

Sur le massif des Landes de Gascogne, la sylviculture du pin maritime repose principalement sur une régénération artificielle des peuplements, les arbres étant exploités sur des cycles courts à l'échelle forestière ; de 30 à 50 ans contrairement à d'autres essences à croissance plus lente telles que les chênes (pédonculé et sessile) où l'âge d'exploitabilité oscille entre 120 et 180 ans. Le pin maritime étant une essence de pleine lumière, le traitement le plus utilisé est la futaie régulière. A très petite échelle, le traitement irrégulier est mené lorsque le propriétaire ne souhaite pas effectuer de coupes à blanc ou dans des contextes de stations particuliers.

Le pin maritime est par ailleurs soumis à un grand nombre d'adversités d'origines diverses : feu, aléas climatiques (vent, gel, sécheresse...), maladies cryptogamiques, insectes, gibier ; dont les paramètres influencent la conduite des peuplements et les orientations de gestion.

Sylviculture majoritaire sur le massif, la futaie régulière correspond à la production de bois d'œuvre avec plusieurs éclaircies (3 à 6) effectuées entre 10 et 45 ans ; ceci laissant un peuplement final

d'environ 300 tiges/ha pour un âge d'exploitation compris entre 35 et 50 ans (voire 50 à 60 ans pour un objectif de bois d'œuvre de haute qualité).

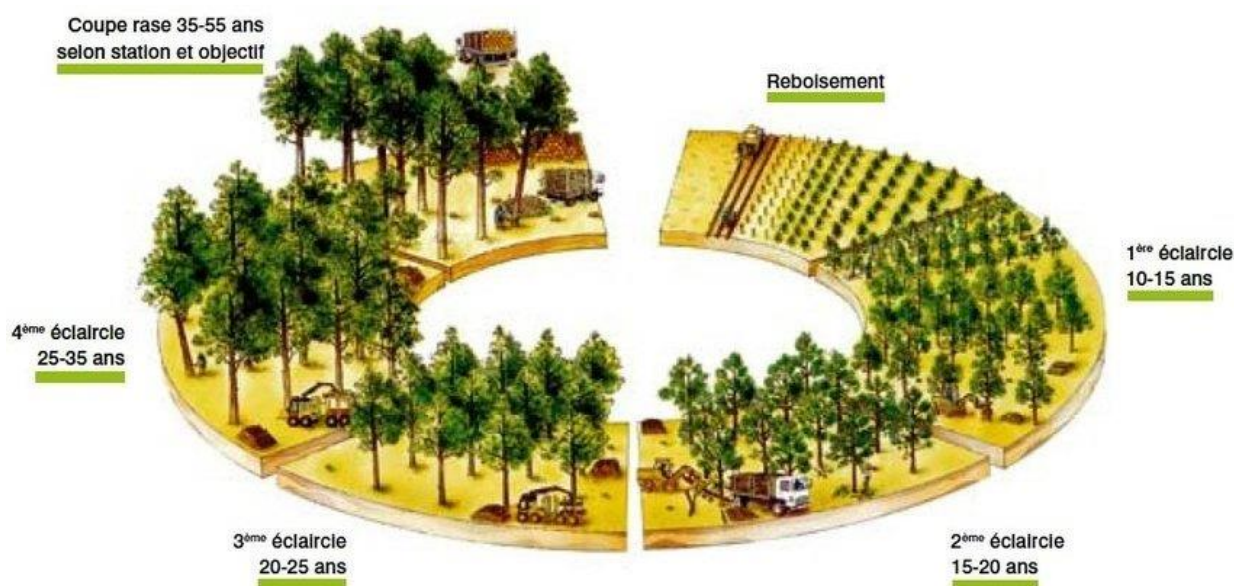


FIGURE 4- CYCLE SYLVICOLE DU PIN MARITIME – SOURCE : CRPF

Le cycle sylvicole en vue de la production de bois d'œuvre suit en général un schéma type sur le plateau landais, décrit ci-après.

1. Préparation de l'installation du peuplement

- Gestion de l'assainissement

L'abaissement raisonné de la nappe hivernale facilite l'accès aux parcelles pour les travaux et contribue à l'ancrage des pins. C'est un facteur de stabilité, de rectitude des arbres et d'amélioration de la production. Les perspectives annoncées du changement climatique nécessitent cependant une étude préalable avant chaque intervention pour trouver un bon équilibre entre évacuation des eaux hivernales et printanières, et limitation des effets des sécheresses.

- Infrastructures

Le parcellaire, les pistes (DFCI, gestion et exploitation), et le stockage des bois doivent être étudiés avant l'installation du peuplement pour permettre la bonne gestion du site.

- Travail du sol

Un travail du sol est souvent mené. En fonction des techniques culturales, il peut être réalisé avec différents outils (charrue à soc ou à disque, train d'outils, ...) en une ou deux fois. En cas de travail partiel, les interlignes seront travaillés ultérieurement avec un apport complémentaire d'engrais si nécessaire (apport utile uniquement en lande humide).

Lors de l'installation d'un peuplement, l'objectif est de permettre aux arbres de développer un système racinaire avec un fort pivot et une couronne de racines traçantes homogène et horizontale. Ainsi l'arbre adulte sera doté d'une cage racinaire complète, condition favorable à sa stabilité.

- Fertilisation

Les sols landais sont carencés en phosphore. La fertilisation en acide phosphorique est à moduler suivant le terrain et la culture antérieure (60 à 120 unités en une ou deux fois).

2. Reboisement

Le peuplement est généralement installé par plantation ou par semis en lignes espacées d'au moins 4 mètres. Plantation et semis (après dépressage) ont un coût sensiblement équivalent.

La plantation représente 70 à 80% des reboisements. Généralement la densité initiale est de 1 100 à 1 400 plants/ha.

Le semis représente 20 à 30 % des reboisements artificiels, préférentiellement sur landes sèches et mésophiles. 2 à 3 kg de graines par ha doivent permettre d'obtenir 10 000 plants/ha. Un ou deux dépressages sont normalement menés avant la 7ème année pour ramener la densité à environ 1 200 tiges/ha.

La régénération naturelle assistée est menée sur certaines stations notamment en dunes ou lande sèche.

3. Entretiens

Des entretiens sont menés de façon générale pour limiter la concurrence et favoriser des pins maritimes robustes, rectilignes en optimisant leur croissance. Des dégagements sur les lignes sont parfois conduits sur les premières années post reboisement. L'entretien des interlignes est réalisé environ tous les 5 ans, notamment avant toute intervention sylvicole (éclaircie...).

4. Exploitations - modèle de conduite d'un peuplement dans un objectif de bois d'œuvre

- Première éclaircie

Elle a généralement lieu entre 10 et 15 ans suivant la densité et la circonférence moyenne du peuplement. Ainsi, pour une densité mesurée de 1250 tiges/ha, une première éclaircie sera à réaliser lorsque la circonférence moyenne atteindra 47 cm et devra prélever 25% des tiges (1 arbre sur 4) ; voir Courbes de JP Maugé (CPFA). D'autres applications de déclenchements d'éclaircies sont constatées sur le massif ; ceci engendrant des prélèvements forts pouvant atteindre 50% du nombre de tiges.

Il faut prévoir un cloisonnement d'exploitation pour des peuplements installés avec des interlignes de moins de 4 m (enlèvement systématique de 1 ligne sur 5) ou pour des peuplements issus de régénérations naturelles.

- Éclaircies suivantes

Elles sont à espacer régulièrement (tous les 4-5 ans) afin de faire des prélèvements légers (25% des tiges) sans déstabiliser le peuplement restant en place. Leurs déclenchements sont à mettre en place dès que la concurrence entre les arbres est trop importante (voir Courbes de JP Maugé CPFA). En général, 3 à 6 éclaircies sont nécessaires.

- Élagage

Cette intervention est recommandée pour la production de bois de qualité dans les peuplements les plus vigoureux présentant un nombre suffisant d'arbres d'avenir (supérieur à 400/ha). L'élagage n'est plus nécessairement valorisé dans la transformation des bois.

- Coupe rase

L'âge et la dimension d'exploitation sont fonction des qualités des stations et des objectifs économiques. Ce modèle de sylviculture vise la récolte d'arbres d'environ 1,2 m³ entre 35 et 50 ans, avec une densité finale d'environ 300 tiges/ha en lande de bonne fertilité ou 250 tiges/ha en lande sèche.

Caractéristiques des sols du Massif des Landes de Gascogne

Le plateau landais présente des pentes moyennes de l'ordre de 1/1000, ce qui confère au paysage une grande homogénéité apparente. Le bassin versant des lacs médocains se caractérise par cette topographie à faible pente, orientée d'est en ouest. Son relief modéré influence directement la circulation des eaux de surface et souterraines.

Les sables de cette grande plaine ont été apportés massivement par les vents au cours de l'ère quaternaire, notamment les grandes glaciations il y a environ 20 000 ans. L'épaisseur des sables est de l'ordre de 2 à 5 mètres en moyenne même si elle peut dépasser plusieurs dizaines de mètres ponctuellement. Cet épisode, dont la formation des dunes est l'étape la plus récente, clôt le long processus de comblement d'un ancien golfe formé il y a plus de 50 millions d'années. La transformation climatique a par ailleurs créé les conditions favorables à la formation des sols (la pédogénèse).

La formation des sols podzoliques très acides des Landes résulte d'un important lessivage des sables très perméables.

L'alias, qui est une conséquence directe de ce phénomène, est un grès tendre où les grains de sables sont cimentés par les acides humiques (décomposition de la matière organique) et l'oxyde de fer et d'aluminium. Son épaisseur est irrégulière et sa compacité variable. Il joue un rôle essentiel dans le fonctionnement hydrologique du sol. Sa profondeur (entre 40 et 100 cm en moyenne) est liée à la présence d'une nappe superficielle (appelée nappe plio-quaternaire).

Fonctionnement hydrogéologique sur le massif des Landes de Gascogne

La structure hydrogéologique du secteur est dominée par la nappe Plio-quaternaire, qui est une nappe libre, peu profonde et directement influencée par les conditions météorologiques. L'épaisseur de la nappe augmente d'est en ouest à l'échelle du Massif des Landes de Gascogne.

Son niveau piézométrique fluctue au cours de l'année, oscillant entre -1,5 m sous la surface lors des périodes d'étiage et un affleurement saisonnier en hiver, notamment dans les zones de dépression. Cette dynamique explique les variations de l'humidité des sols et conditionne l'occupation du territoire, avec une répartition des landes mésophiles, humides et sèches (cf. schéma de Jolivet).

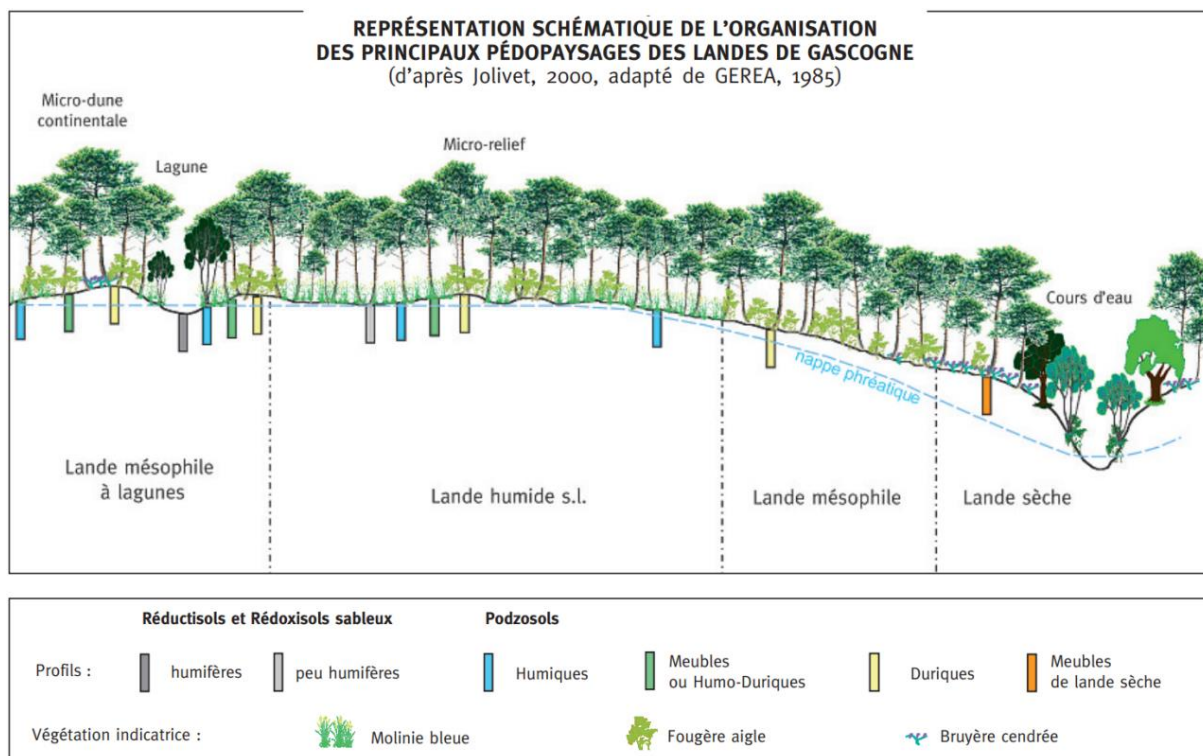


FIGURE 5- REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE L'ORGANISATION DES PRINCIPAUX PEDOPAYSAGES DES LANDES DE GASCOGNE – SOURCE : JOLIVET, 2000, ADAPTE DE GERA, 1985

En fonction des types de sol, les classes de productivité des peuplements peuvent évoluer. La lande mésophile semble être la plus productive car elle permet une bonne alimentation en eau tout en limitant l'engorgement prolongé en hiver.



FIGURE 6- NIVEAUX DE PRODUCTIVITE MOYENS PAR TYPE DE LANDE – SOURCE : CRPF

Les sols landais ont une texture presque exclusivement sableuse, avec une forte proportion de sables grossiers (entre 60 et 70%). Il s'agit donc de sols extrêmement filtrants. L'eau s'infiltre rapidement (aux alentours de 50 à 60 cm/heure en moyenne) et en profondeur dans le sol. L'eau se déplace ainsi dans les sables suivant la pente à une vitesse de quelques centimètres par jour.

En termes de piézométrie, la nappe Plio-quaternaire présente une alimentation majoritairement pluviale, dont une forte interaction avec les cours d'eau et fossés du secteur.

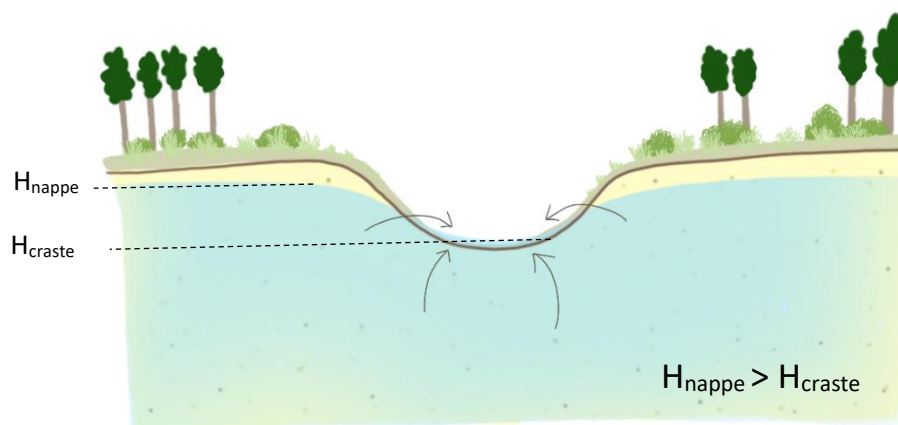


FIGURE 7- INTERACTION NAPPE – RIVIERE : LORSQUE LA NAPPE ALIMENTE LA RIVIERE– SOURCE : SIAEBVELG

Lorsque le niveau de nappe est plus bas que celui du cours d'eau, l'eau du cours d'eau peut infiltrer dans la nappe, elle s'écoule depuis le cours d'eau vers la nappe, **le cours d'eau alimente la nappe** (Figure 8). En période d'étiage, en basses eaux, les eaux superficielles tendent à s'infiltrer et alimenter la nappe.

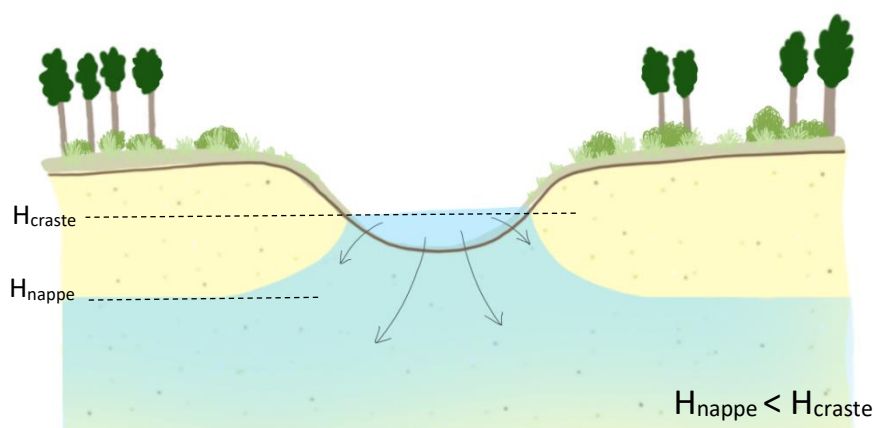


FIGURE 8- INTERACTION NAPPE – RIVIERE : LORSQUE LA NAPPE DRAINE LA RIVIERE – SOURCE : SIAEBVELG

Les drains sont actifs dès lors que la nappe est au-dessus du fond des drains. Sinon ils restent inactifs. Ainsi, plus une craste ou un fossé est profond, plus la période d'activité des drains sera prolongée, plus la nappe sera rabattue à une profondeur élevée à l'étiage. Plus un drain est profond, plus il accentue le rabattement de la nappe en période d'étiage. En revanche, c'est la densité du réseau de drainage qui influence la dynamique hydrologique en hautes eaux, en facilitant l'évacuation de l'eau lorsque cette densité augmente. Il est donc essentiel de souligner que l'approfondissement des fossés ne renforce pas l'efficacité du drainage en cœur de parcelle lors des hautes eaux.

La grande porosité et la faible cohésion du sable induisent une réserve utile réduite (de l'ordre de 70 mm/m de sol et une diffusion capillaire faible (de l'ordre de 20 à 30 cm). Lors des épisodes pluvieux, les sols saturent donc rapidement (engorgement hivernal) et se ressuient très vite en période sèche

(sécheresse estivale). On estime que l'on est en déficit hydrique lorsque la réserve en eau du sol est inférieure à 40% de la réserve utile. La présence de matière organique dans le sol leur confère une meilleure réserve utile (jusqu'à 130 mm/m de sol).

Par ailleurs, l'altos ne semble pas complètement imperméable, même si la vitesse d'infiltration de l'eau est très fortement ralentie. Du fait des caractéristiques du sol sur le plateau landais, la courbe de rabattement de la nappe assez étendue de part et d'autre du réseau superficiel d'écoulement des eaux (cf. schéma de Jolivet), que celui-ci soit naturel (cours d'eau) ou artificiel (fossés, crastes). L'aire d'influence d'un drain ou d'un fossé correspond à la distance maximale jusqu'à laquelle son effet drainant se fait ressentir dans les parcelles attenantes. Cette aire dépend notamment de la profondeur du réseau et de l'efficacité globale du maillage spatial des drains. Plus le rabattement de la nappe induit par un drain est important, plus son aire d'influence est étendue. Il convient toutefois de distinguer l'effet à court terme, principalement lié à la densité du réseau de drainage, de l'effet à long terme, déterminé par la profondeur des ouvrages. Une densité élevée de drains permet une évacuation plus rapide de l'eau excédentaire après un épisode pluvieux, assurant ainsi une meilleure réactivité du système. En revanche, la profondeur des drains influe sur l'abaissement durable du niveau de la nappe phréatique et donc sur l'assèchement du sol en profondeur. Il n'est cependant pas souhaitable de provoquer un assèchement au-delà de 40 cm de profondeur, afin de préserver une réserve utile suffisante pour répondre aux besoins évapotranspiratoires des pins, notamment en période estivale.

En hautes-eaux, les données de nappe révèlent des contextes localement variables. Sur le bassin versant des lacs médocains, la nappe tend à affleurer en hiver, en particulier sur les landes mésophiles à humides. D'après les données recueillies localement sur le bassin versant, il apparaît que plus une nappe est proche d'un drain, plus les excès d'eau sont efficacement évacués, indépendamment de la profondeur du drain. Ainsi, les cœurs de parcelles conservent une humidité naturellement plus élevée que les zones périphériques proches des fossés intra parcellaires.

Liens entre ressource en eau et sylviculture

L'eau nécessaire à la vie de l'arbre : processus physiologiques

L'eau est un composant essentiel de la vie de l'arbre. Elle sert de fluide de transport des éléments minéraux nécessaire au fonctionnement de la plante et participe à plusieurs niveaux aux réactions de la photosynthèse. La transpiration permet aussi d'éliminer de grandes quantités de chaleur à la surface des feuilles. Plus de 90% de l'eau absorbée au niveau des racines ne fait que circuler au travers de l'arbre et est rejetée dans l'atmosphère par le processus de transpiration (cf. schéma de circulation de l'eau dans l'arbre).

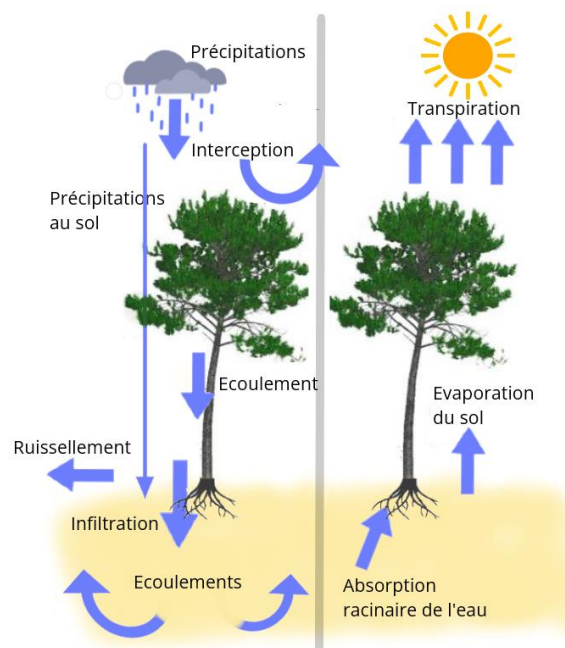


FIGURE 9- INTERACTIONS EAU – ARBRE – SOURCE : CRPF

Les entrées d'eau se font par les racines et l'eau circule ensuite dans les vaisseaux du tronc et est utilisée dans les feuilles. L'intensité de la transpiration est fonction de la demande climatique (intensité du rayonnement solaire, température de l'air, vent, humidité de l'air). On parle de l'évapotranspiration potentielle ou ETP pour caractériser la quantité d'eau évaporée par le sol et transpirée par le couvert végétal sous l'effet de la demande climatique, en dehors de toute contrainte d'alimentation en eau. Dans la réalité il existe souvent une différence. On s'attache donc à mesurer l'évapotranspiration réelle. Lorsque les ressources en eau ne permettent pas à l'arbre de répondre à la demande climatique, l'arbre est alors en situation de stress hydrique.

Les pins ont notamment besoin d'un accès à l'eau pour assurer leur photosynthèse. Pour 1m³ de bois, cela correspond à 250 m³ d'eau consommés. Un pin de 35 ans transpire de l'ordre de 8 m³ d'eau par an, soit environ 50 à 80 litres d'eau /jour en été.

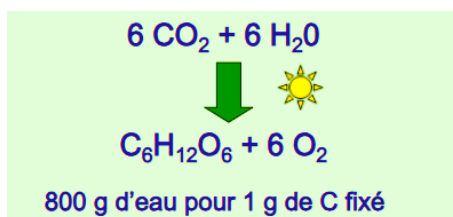


FIGURE 10- PHOTOSYNTHESE ET BESOINS EN EAU – SOURCE : CRPF

Peu de bibliographie existe sur les liens entre accès à l'eau et sylviculture dans le cas particulier des Landes de Gascogne.

Accès à l'eau

Les arbres nécessitent un accès à l'eau pour assurer leur croissance. Le contexte hydrogéologique et le drainage font fluctuer la nappe de surface qui est soumise à des variations de niveau saisonnières et interannuelles relativement importantes. Cela conditionne l'alimentation en eau des peuplements forestiers. En dehors de cette alimentation par l'eau contenue dans le sol (dans la nappe donc), les pins sont aussi en mesure, en période sèche d'utiliser l'eau fournie par les recharges par les pluies : l'eau sera ainsi captée directement par les arbres à la surface du sol, sans infiltration en profondeur dans le sol.

Le sol constitue un réservoir d'eau dans lequel l'arbre va puiser. Le bilan hydrique (en fonction du temps) correspond donc à une différence entre les entrées (par les pluies notamment) et les sorties (par transpiration, par évaporation du sol et sous l'effet du drainage). Chacun de ces paramètres est influencé par différents facteurs climatiques, de structuration du sol, de variabilité individuelle et spécifique.

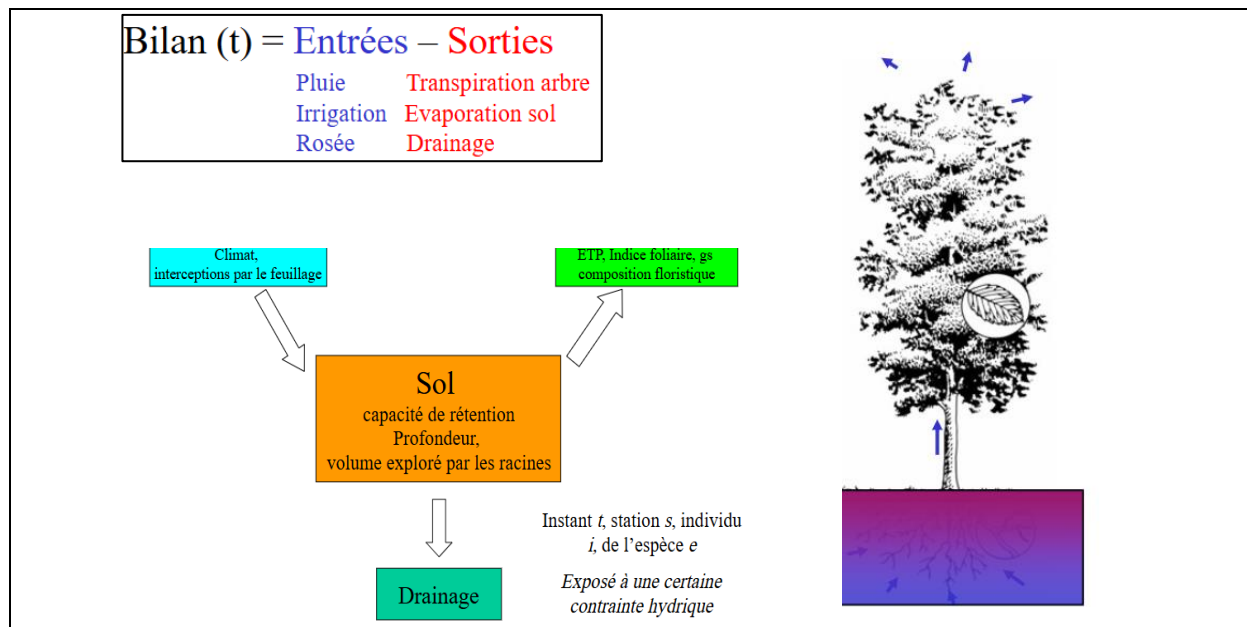


FIGURE 11- BILAN HYDRIQUE ET FACTEURS D'INFLUENCE – SOURCE : INRAE

Les arbres sont des végétaux au cycle de vie long ce qui implique nécessairement des adaptations aux variations de l'alimentation en eau :

- Prospection des réserves profondes du sol : enracinement, prospection racinaire...
- Existence de réserves dans les tissus des racines et du tronc : ajustement temporaire
- Régulation de la transpiration : ouverture / fermeture des stomates en fonction des conditions climatiques, absence de stomates à la surface des feuilles, existence d'une couche protectrice (cuticule), diminution de la surface transpirante (chute des feuilles ou aiguilles)

En effet, les pins, comme tous les arbres, sont capables de réguler leur transpiration en fonction des conditions du milieu : phénomène de fermeture stomatique en cas de stress hydrique. Ces mécanismes les rendent résistants, dans une certaine mesure, aux épisodes de sécheresse fréquents en période estivale. De ce même fait, l'évapotranspiration des pins est très variable d'une année sur l'autre. Dans ce cadre, l'état de la réserve en eau du sol à la fin du printemps est déterminant pour la saison de végétation. Le cycle annuel du pin maritime montre que l'eau devient un facteur limitant de la croissance à partir de la fin du printemps. Les pluies de fin d'été et de début d'automne sont fondamentales pour le peuplement car elles permettent à l'arbre de reconstituer ses réserves, ce qui conditionne la pousse de l'année suivante.

Il apparaît aussi que les peuplements forestiers en croissance puisent dans la nappe superficielle des sables landais lorsque celle-ci se situe entre 40 et 120 cm de la surface pour satisfaire leurs besoins physiologiques. Lorsque la nappe superficielle descend en dessous de 30 cm de la profondeur accessible par les racines, le réseau racinaire devient inactif (distance entre la nappe et les racines trop importante).

Enracinement

Le système racinaire du pin maritime est adapté aux sols sableux landais, de la dune aux landes humides. Le semis émet d'abord une racine verticale, le pivot, puis une vingtaine de racines traçantes qui poussent d'au moins un mètre la première année à environ 5-10 cm de profondeur.

Lorsque le diamètre à 1,30 m de l'arbre est inférieur à 10 cm, le système racinaire maintient l'arbre à la manière d'un « pieux haubané » (le pivot, haubané par les racines traçantes). Des pivots secondaires sont ensuite émis par les racines traçantes. Lorsque les arbres sont plus gros, et d'autant plus que le sol est peu profond, les pivots secondaires prennent de l'importance. Les racines traçantes près du tronc, le pivot principal et les pivots secondaires forment alors une sorte de « cage », qui emprisonne le sol, cette cage étant elle-même « haubanée » par le reste des racines traçantes.

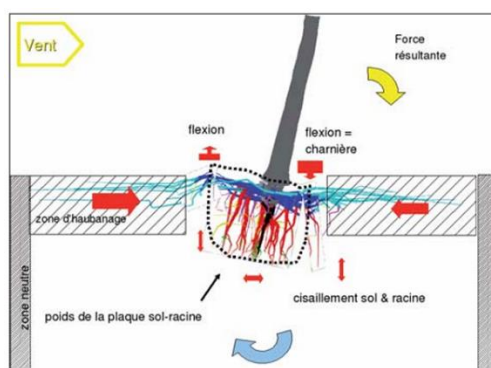


FIGURE 12- SYSTEME RACINAIRE DU PIN MARITIME AVEC LE SYSTEME DE CAGE – SOURCE : INRAE

L'enracinement des arbres sur le massif est très dépendant des conditions de fluctuation de nappe et de sols sur chaque site. La présence ponctuelle d'aliots, à des profondeurs et des épaisseurs variables, peut en effet limiter la progression du système racinaire dans le sol. Il en est de même pour les sites où les remontées de nappe peuvent limiter la prospection racinaire car elles ne descendent pas dans les horizons pouvant être saturés en eau (conditions anaérobies).

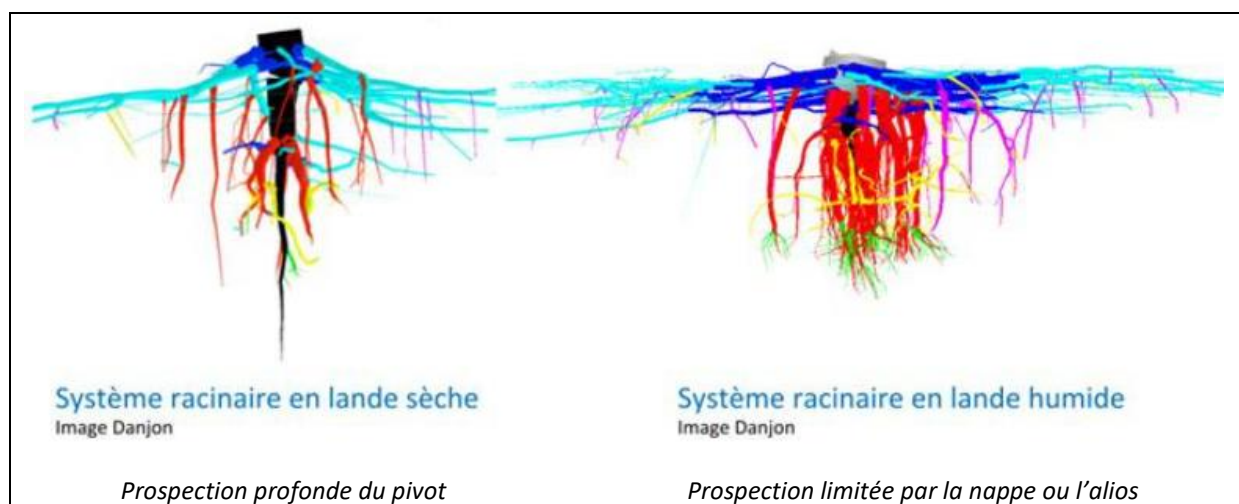


FIGURE 13- VARIATION DE L'ENRACINEMENT DU PIN MARITIME EN FONCTION DES TYPOLOGIES DE SOL – SOURCE : INRAE

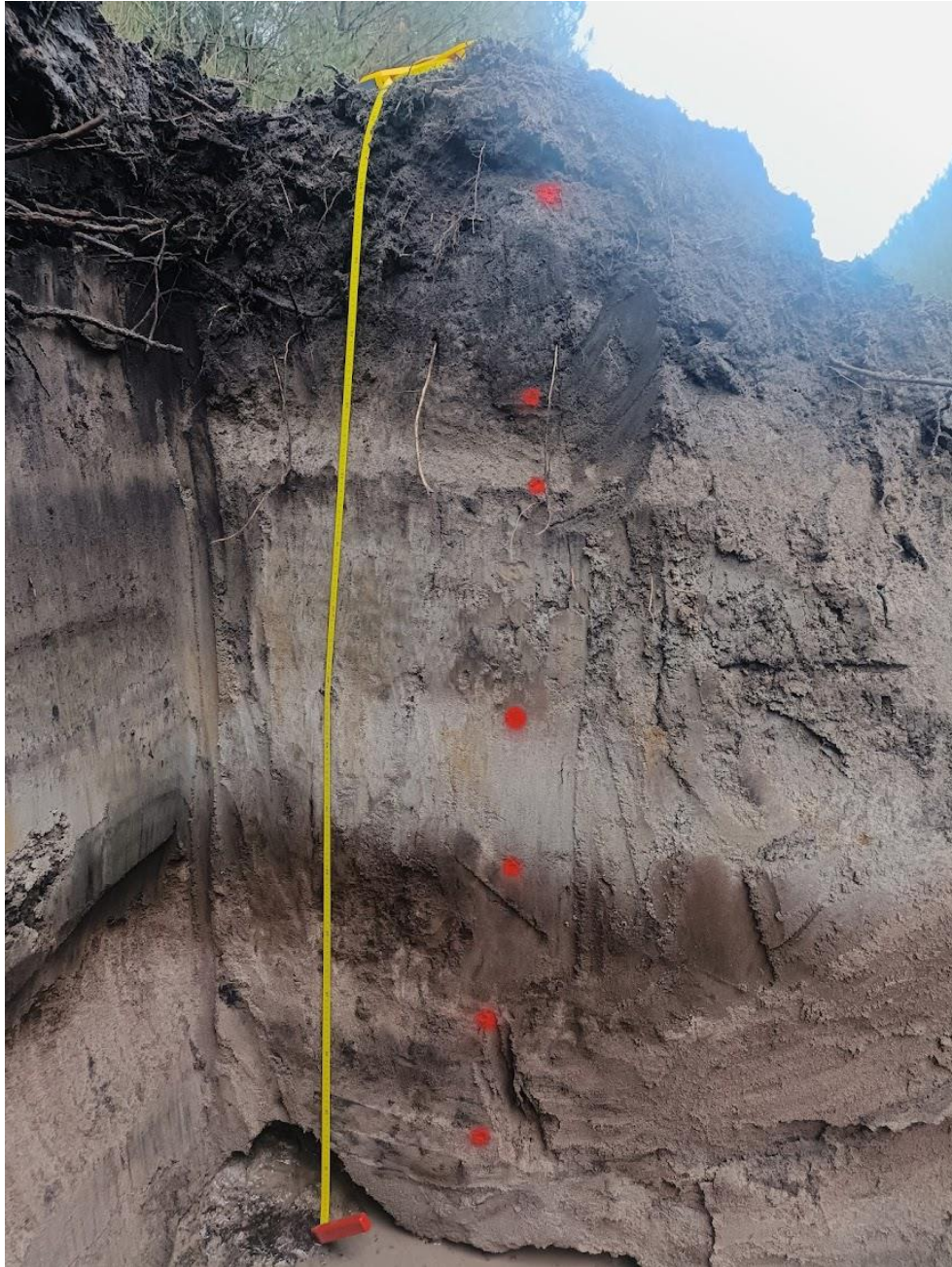


FIGURE 14- COUPE PEDOLOGIQUE A SESCOUSSE- SOURCE : GPF MEDOC, SIAEBVELG

La Figure 14 ci-dessus expose une coupe pédologique d'un des sites (Sescousse) suivis lors de l'étude objet de ce rapport. Fréquemment rencontré sur les sols du plateau landais, le podzosol présenté ici expose les principales caractéristiques d'une lande humide : sable présent en grande majorité ; premier horizon sombre chargé en matière organique non décomposée ; horizons suivants très clairs et dégradés montrant un grand lessivage ; horizon d'accumulation chargé en éléments ferriques (mécanisme de construction d'un alios, ici non induré).

Confrontée à ces contraintes, la prospection racinaire se trouve limitée. Les racines des arbres ne sont détectées que dans l'horizon supérieur. L'excès d'eau hivernal ne permet pas aux racines de se déployer plus en profondeur.

Résistance face aux tempêtes

Les variabilités d'enracinement en fonction des stations influencent également la résistance des arbres à la tempête. Cette résistance dépend également de l'âge des arbres et de l'architecture racinaire. Cette architecture ne correspond pas seulement à la longueur et au nombre de racines. Les systèmes racinaires sont structurés en plusieurs types de racines, avec une distribution spatiale qui s'ajuste.

Les études sur la résistance des pins à l'arrachement sont menées en laboratoire et simulent des conditions.

Les arbres de grande taille résistent au renversement dû au vent en premier lieu grâce au poids de la « cage » que forment les racines. Un arbre jeune sans pivot aura une mauvaise stabilité. Un arbre d'une dizaine d'années dont la couronne de racines traçantes comporte des manques, ne les comblera pas, et n'aura donc pas non plus de pivots secondaires dans ces secteurs : la « cage » racinaire de l'arbre adulte sera alors incomplète, et l'arbre sera sensible au vent.

Il apparaît que la résistance de l'interface racine-sol dépend de sa teneur en eau. La force nécessaire pour déraciner un pin diminue lorsque la teneur en eau du sol augmente.

Résistance face aux sécheresses

Concernant la résistance des arbres à la sécheresse, bien que les arbres aient certaines capacités intrinsèques pour y pallier, les conséquences d'une sécheresse intense et prolongée vont jouer sur différents processus physiologiques de l'arbre avec des degrés variables selon la durée de ce stress et son intensité.

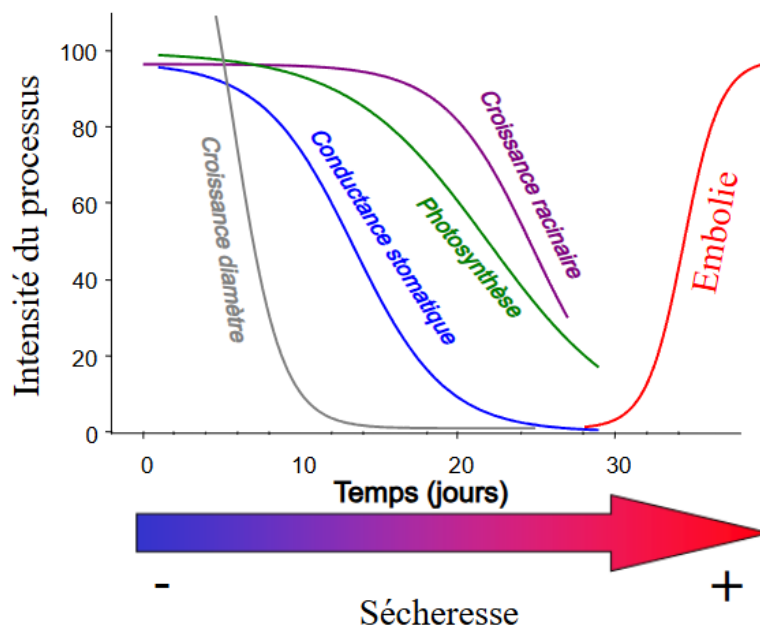


FIGURE 15- PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES IMPACTES PAR LA SECHERESSE – SOURCE : INRAE

Les infrastructures hydrauliques en forêt

L'assainissement des terrains humides et marécageux dans les Landes de Gascogne a constitué un préalable à l'installation de la forêt telle qu'on la connaît aujourd'hui. Cette méthode, étendue à l'ensemble du territoire dans la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, était connue et pratiquée depuis plusieurs siècles à une échelle plus modeste. La régulation hydraulique est donc un aspect fondamental de l'ensemble de l'activité forestière (sylviculture, protection des forêts contre l'incendie, exploitation forestière), comme pour l'activité économique générale présente sur le territoire.



FIGURE 16- FACTEURS A CONSIDERER POUR LA GESTION DE L'EAU EN FORET – SOURCE : SIAEBVELG

Le réseau hydraulique forestier vise à une régulation fine du niveau de la nappe superficielle, en évitant l'assèchement des parcelles. Il est structuré avec :

- un réseau structurant inter-parcellaires permanent composé de crastes qui sont généralement de création ancienne, géré par syndicat de bassin versant et communes dans le cadre d'une DIG (déclaration d'intérêt général) pour les émissaires principaux.
- un réseau secondaire, principalement lié à l'implantation des pistes forestières.
- parfois un réseau tertiaire intra-parcellaire, associé aux unités de gestion forestières. Ce sont généralement ces fossés qui sont repris lors du renouvellement des peuplements forestiers notamment dans les stations hydromorphes. Par la suite, ils ne font généralement pas l'objet d'un entretien soutenu.

Les fossés à ciel ouvert sont les principales infrastructures hydrauliques présentes sur le secteur. Sur les sols sableux, très perméables, les réactions suite à l'aménagement des drains sont souvent rapides. Les caractéristiques techniques du fossé demandent ainsi à être définies précisément afin de gérer au mieux les équilibres entre hiver et été, hautes et basses eaux.

Le schéma illustre un profil de terrain avec une zone non saturée en eau (jaune) et une zone saturée en eau (bleue). Une courbe de rabattement de la nappe est indiquée. Les dimensions sont : largeur du système ~150 à 400 cm, hauteur de la zone non saturée ~20 cm, hauteur de la zone saturée ~100 cm, et une pente minimale de 45°. Les zones sont étiquetées "HIVER" et "ETE".

L'aménagement des infrastructures hydrauliques en forêt se doit d'être adaptée aux changements climatiques déjà à l'œuvre. Il s'agit de trouver au cas par cas les bonnes modalités d'aménagement.



62

20

Les modalités d'ajustement des réseaux de drainage forestier reposent principalement sur leur maillage dans l'espace et leur profondeur. Comme expliqué précédemment, c'est la densité du réseau de drainage qui influence la dynamique hydrologique en hautes eaux, en facilitant l'évacuation de l'eau lorsque cette densité augmente. Il est donc essentiel de souligner que l'approfondissement des fossés ne renforce pas l'efficacité du drainage en cœur de parcelle lors des hautes eaux.

Ce sont donc sur ces paramètres que les expérimentations menées dans le cadre du projet sont basées.

Expérimentations menées dans le cadre du projet

L'objet de ce projet est d'initier une réflexion pour trouver un équilibre dans la gestion de l'eau entre les périodes d'excès, en optimisant le drainage et celles de déficit en améliorant les possibilités de rétention d'eau dans la nappe phréatique forestière. Il est notamment question de restaurer des écoulements doux et superficiels en forêt en retravaillant les systèmes de drainage et les crastes actuels.

En effet, malheureusement en s'approfondissant ces réseaux ont davantage drainé le territoire et également favorisé des inondations brutales. Au-delà de l'optimisation du débit de l'eau et de la réduction des risques d'inondation, ces aménagements visent à reconnecter les zones humides attenantes, favorisant ainsi la dénitrification, le stockage du carbone et du phosphore. Cette approche contribue à l'amélioration de la qualité de l'eau, à la restauration des continuités écologiques et au renforcement de la fonctionnalité globale des écosystèmes.

Le profil des drains et leur densité dans l'espace influencent le drainage pour les parcelles. Partant de ce constat, plusieurs axes de recherche ont été travaillés sur le réseau hydraulique en forêt à l'échelle de la commune d'Hourtin :

- Travail sur la répartition des eaux en forêt depuis les plaines agricoles vers le lac : remise en fonctionnement d'anciennes crastes et répartition des eaux visant une meilleure infiltration dans la nappe (secteur du Jolles)
- Travail sur le fonctionnement hydraulique du sous bassin-versant de la Caillava, Berle très marquée par des processus d'incision
- Travail sur l'optimisation du réseau de drainage en croisant données issues de modélisation et des expérimentations de reprofilage de drains (site de Sescousse)

Toutes les opérations ont été menées sur des crastes ou fossés existants dans un objectif de ne pas déstructurer les systèmes racinaires en place, puisqu'il s'agit de parcelles forestières présentant des arbres déjà âgés d'une dizaine d'années en moyenne.

Protocole de suivi

Le principal objectif, des suivis de production forestière qui ont été menés entre 2022 et 2024 (2021 étant l'année de préparation), est de mesurer la croissance des arbres de Pin maritime (essence prédominante sur le secteur, *pinus pinaster*), tout en croisant ces données avec les suivis liés à la gestion de l'eau (nappe phréatique, réseau de drainage et pluviométrie) sur le secteur.

Le pas de temps choisi des mesures étant très court (mensuel ou bimensuel) pour un suivi forestier classique, les mesures dendrométriques mises en place ont été restreintes au couple de données circonférence (à 1,30m de hauteur) et hauteur totale de l'arbre ; **puis réduites au seul suivi des circonférences** (incertitudes de mesures trop conséquentes sur les hauteurs).

Afin d'écarter le maximum de biais dans les mesures, le choix des placettes s'est porté sur des peuplements forestiers autant que possible de configuration identique (même essence forestière, même station forestière, même année de plantation) et de gestion forestière équivalente (même propriétaire et gestionnaire forestiers, même techniques sylvicoles, même calendrier d'interventions).

Le dispositif expérimental est strictement identique sur les 5 placettes mesurées, à savoir :

- 1- **Positionnement aléatoire** de la placette sur la parcelle forestière, sur une partie homogène avec éloignement d'une bordure ou d'un ouvrage hydrographique (fossé ou cours d'eau) ;
- 2- **Mise en place d'un suivi hydrique** de la nappe par piézomètre sur la placette et des données météorologiques de la zone ;
- 3- Dimensionnement de la placette : prise en compte des arbres sur **8 lignes de plantation et 32 mètres de longueur** (surface de placette d'environ 1 are) ;
- 4- Préparation des mesures par **élagage de chaque arbre et identification à la peinture par numérotation des arbres** ;
- 5- **Prise de la circonférence de chaque arbre à 1,30m de hauteur de l'arbre, avec une chevillière de cubage** : emplacement matérialisé à la peinture par un cerclage horizontal à 1,30 m de hauteur ;
- 6- **Prise de la hauteur totale au Vertex**, suivi seulement réalisé la première année ;
- 7- Réalisation des **mesures par les mêmes opérateurs** (toutes les placettes effectuées le même jour) **avec un pas de temps régulier** (mensuel les deux premières années 2022-2023 et bimensuel en 2024) ;

NB : les points 1-3-5-6 et 7 (mais avec un pas de temps annuel) sont issus du protocole GIS Coopérative de données du Pin maritime, base d'un suivi commun entre les partenaires de la filière forestière (CPFA, CNPF, INRAE, FCBA, ONF...) dont les données ne sont pas diffusables actuellement.

Les données sur les niveaux d'eau dans les drains et dans la nappe (piézomètres) sont récoltées par le SIAEBVELG, qui les compile graphiquement avec les données de production forestière. Des données de pluviométrie sont également collectées par le syndicat.

La collecte de ces données vise à évaluer la réactivité du système de drainage ainsi que son interaction avec la nappe et les lagunes, en fonction des différents contextes d'étude : cœur de parcelle, proximité d'une lagune, proximité des plaines agricoles et proximité d'une craste incisée. Elles ont également pour objectif de permettre d'identifier l'impact des travaux menés sur les fossés.



FIGURE 19- MESURES A HOURTIN- SOURCE : SIAEBVELG

Sites suivis

Les parcelles forestières de Pin maritime sélectionnées pour implanter les placettes de mesures se situent en forêt communale de Hourtin (33) dont la commune est seule propriétaire et dont le gestionnaire forestier est l'Office National des Forêts (avec un technicien forestier territorial en charge du suivi de la forêt communale).

Par groupe de peuplements identiques, les interventions sylvicoles sont menées conjointement (même installation, même année, même matériel, même période...). Il s'agit de futaies régulières résineuses de Pin maritime. Ainsi, seul le groupe 1 a été éclairci à l'automne de la dernière année de mesures.

Le Tableau, visible en annexe 1, recense les caractéristiques communes aux différentes placettes. La suite du descriptif présenté ci-dessous condense les spécificités des deux groupes et de chaque placette, notamment vis-à-vis de la gestion du réseau hydrographique (cf. cartographie de localisation des placettes).

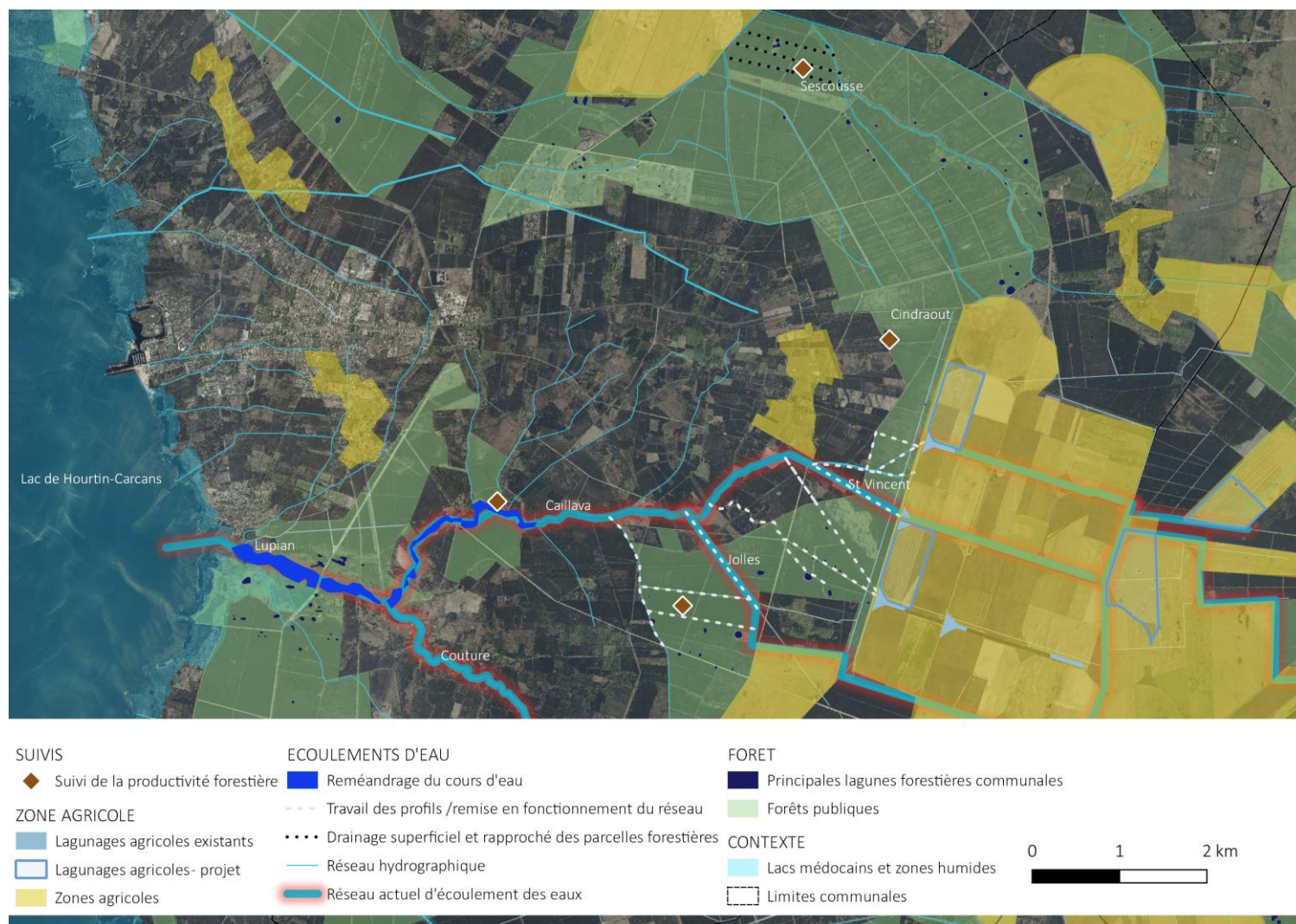


FIGURE 20- LOCALISATION DES PLACETTES DE SUIVI DE PRODUCTION FORESTIERE EN LIEN AVEC LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE – SOURCE : SIAEBVELG

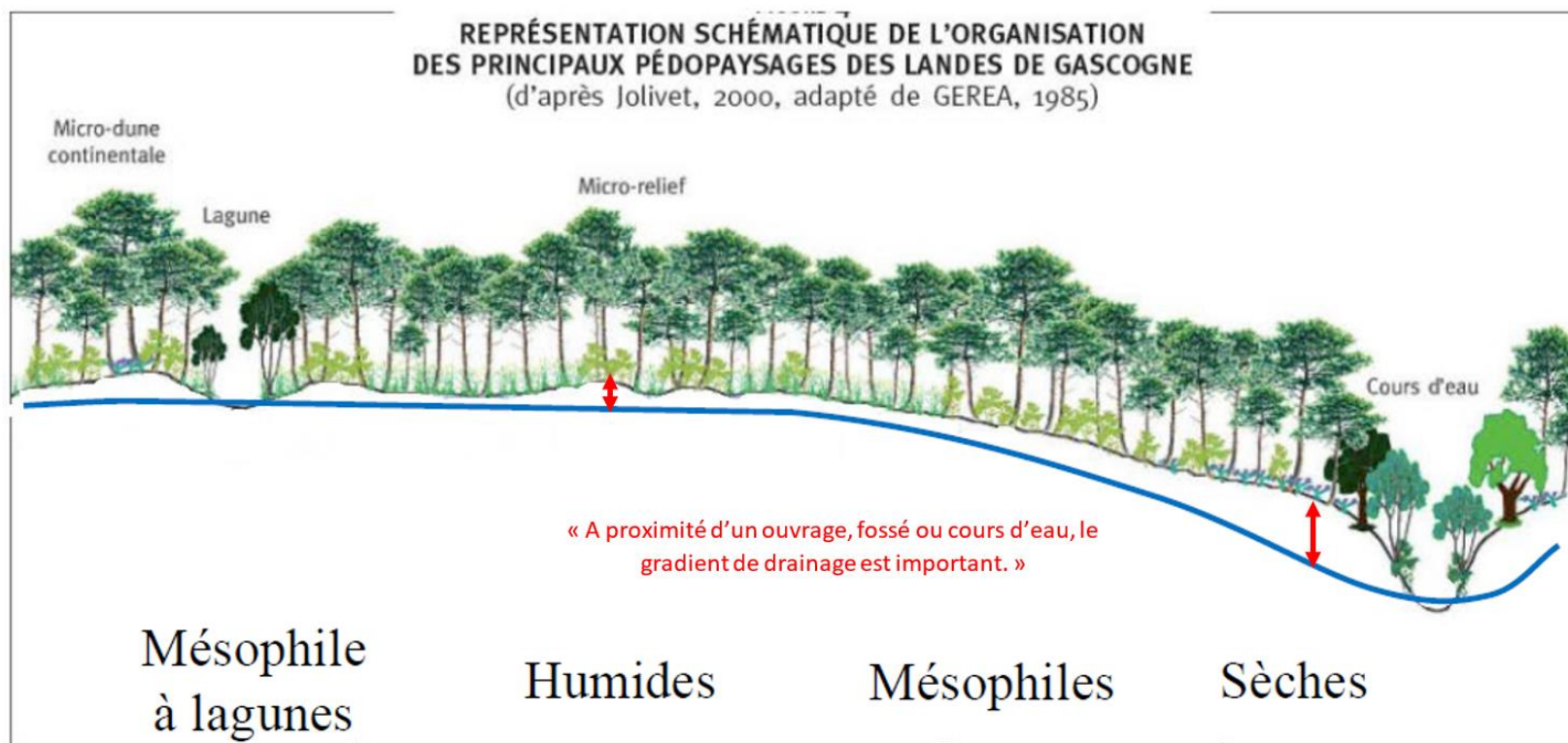


FIGURE 21- VARIATION DES NIVEAUX DE NAPPE SELON LE PEDOPAYSAGE DES LANDES DE GASCogne - SOURCE : JOLIVET, 2000, ADAPTE DE GEREa, 1985

Groupe 1 – Placettes de production en densité forte de plantation

Ce groupe de trois placettes est issu de peuplements forestiers plantés à des densités plus importantes (densité initiale proche de 1800 tiges/ha) que dans un itinéraire classique, où la densité plantation se situerait autour de 1250 arbres par hectare. Ceci ne correspond pas à un itinéraire dit « semi-dédié » où la densité de plantation est le double d'une densité classique afin d'avoir une production complémentaire de bois énergie.

La densité plus forte a néanmoins permis d'effectuer des mesures sur des **peuplements plus sujets à la concurrence et aux divers stress** (alimentaire et hydrique notamment). **Ces peuplements devraient ainsi révéler plus rapidement d'éventuellement impacts** entre gestion forestière et répartition des eaux de surface.

Ils se situent d'ailleurs sur une zone « faiblement drainée » (en comparaison à d'autres secteurs du territoire). C'est à ce titre que les zones concernées par ce groupe sont sur le type de lande subissant le plus d'excès d'eau en hiver (lande humide à molinie bleue) et avec une bonne fertilité.

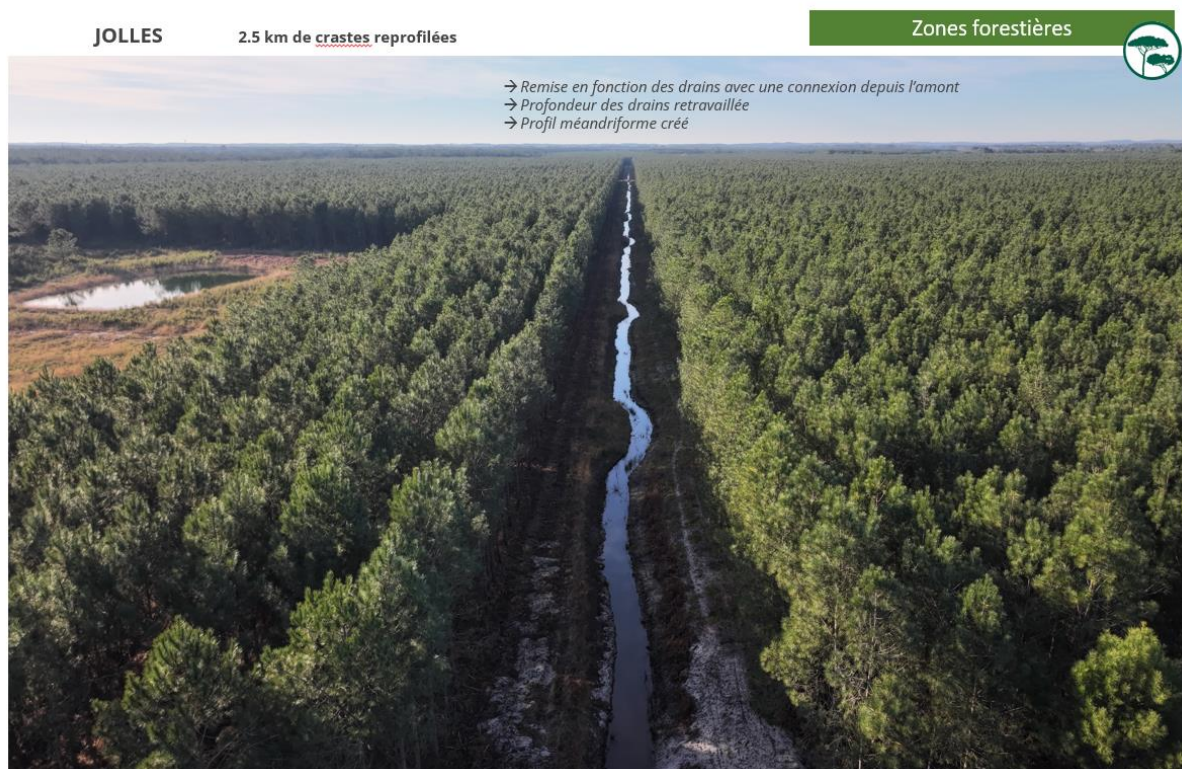
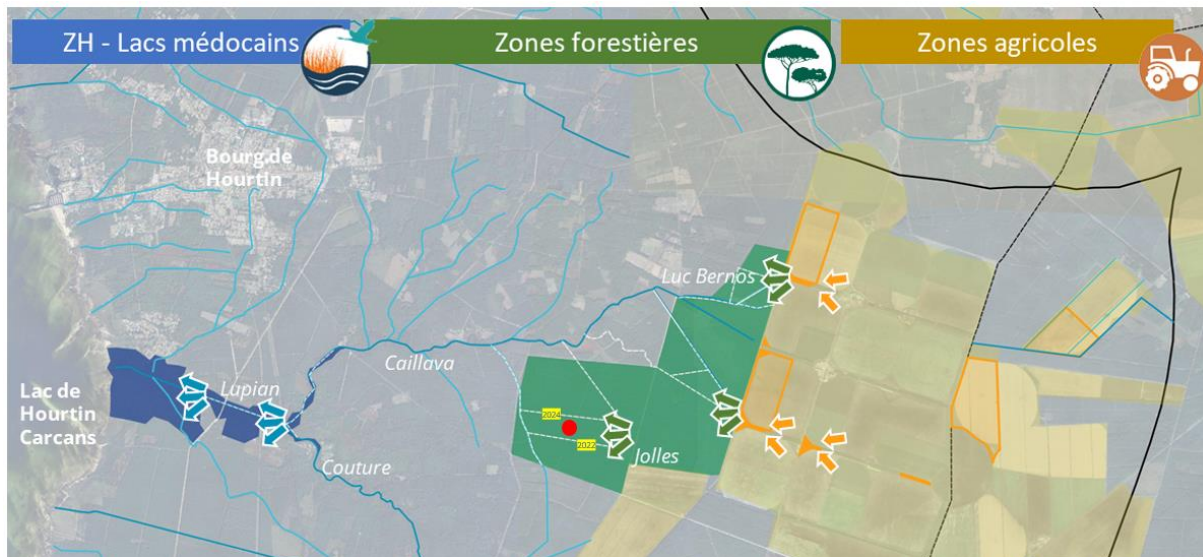
Groupe 1.1 – Placette du Jolles – amélioration de la répartition des eaux



FIGURE 22- LOCALISATION PLACETTE 1.1 JOLLES – SOURCE : SIAEBVELG

La placette dite du « Jolles » a été implantée dans la zone où les travaux de gestion sur la répartition des eaux se concentraient en un reprofilage du réseau de drainage intra parcellaire et en une reconnexion de ces derniers avec les écoulements provenant de l'amont (zones agricoles).

Les travaux d'optimisation du réseau de drainage sur ce secteur ont été entrepris entre l'automne 2022 (fossé Sud du massif du Jolles) et l'automne 2024 (fossé Nord du massif du Jolles).



Ces travaux visant à répartir les écoulements entre différents fossés du secteur peuvent potentiellement engendrer une présence d'eau plus importante dans la zone à la fois en hiver (effet non désiré possible au niveau forestier, car augmentant les risques sanitaires, la vulnérabilité à une tempête, limitant l'accès aux parcelles ou la défense contre l'incendie et pouvant engendrer des pertes de croissance par asphyxie racinaire) comme en période estivale plus sèche (effet recherché pour limiter le stress hydrique en améliorant l'accès à l'eau pour les pins). Ces travaux cherchent donc à favoriser l'infiltration dans la nappe de surface et à limiter son marnage entre hiver et été, tout en veillant à ne pas déstabiliser les peuplements en place.

Groupe 1.2 – Placette de Cindraout – témoin sans aménagement

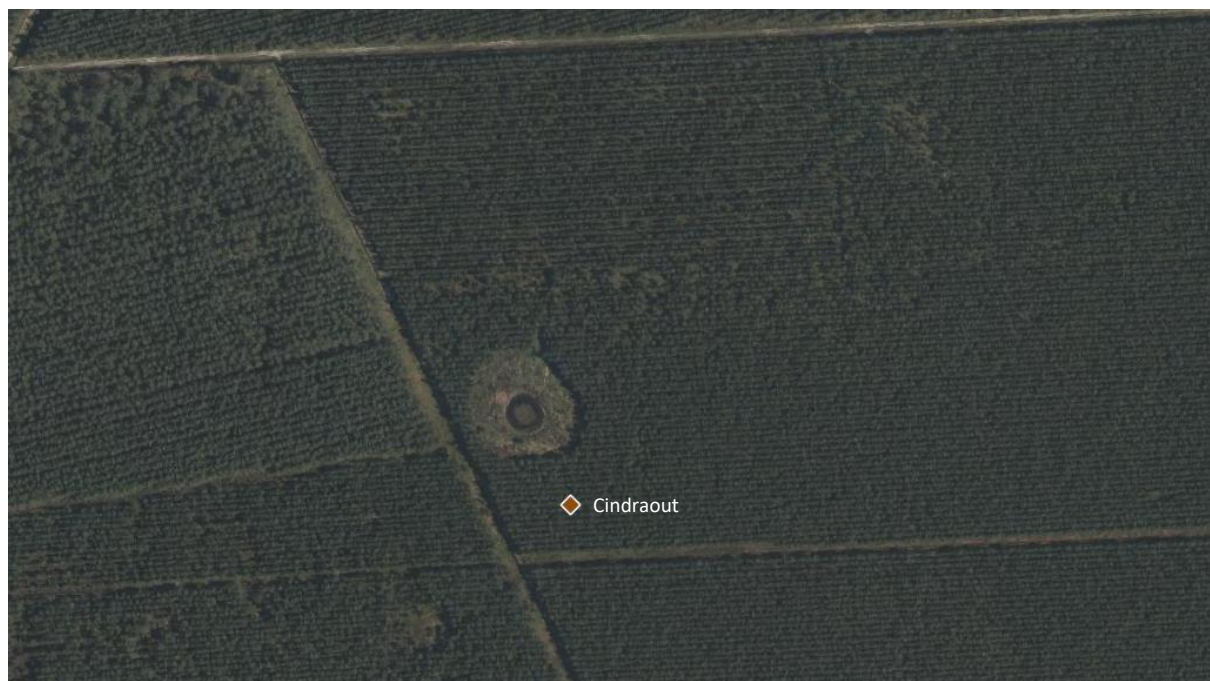


FIGURE 25- LOCALISATION PLACETTE 1.2 CINDRAOUT – SOURCE : SIAEBVELG

La placette dite de « Cindraout » se situe en zone éloignée des secteurs ciblés pour les travaux de répartition des eaux ; seule particularité à noter, la présence d’une lagune à proximité sans influence sur le peuplement forestier. Elle constitue donc une parcelle dite « témoin sans aménagement ».

Présentant une lande humide classique à molinie, le système de drainage de cette parcelle vise à éliminer les excès d’eau hivernaux lors des phases de plantation et à limiter l’engorgement prolongé durant la croissance du peuplement.

Groupe 1.3 – Placette de Sescousse – optimisation du drainage forestier



FIGURE 26- LOCALISATION PLACETTE 1.3 SESCOUSSE – SOURCE : SIAEBVELG

La placette dite de « Sescousse » est également en dehors des secteurs de travaux de répartition des eaux issues des zones agricoles.

Elle se situe néanmoins dans un dispositif visant à préciser les effets du drainage forestier (modélisation 3D des fossés, simulation d'écoulements, projection avec répartition différente du réseau de drainage en distance et en profondeur...). Sur ce site, les drains sont distants d'environ 150 m et font, en 2021, une profondeur moyenne de 1,10 m.

A l'automne 2024, et en fonction des résultats de ces modélisations construites entre 2021 et 2024, des opérations ont été menées sur les deux fossés Sud du secteur pour les reprofiler : reprise de leur profondeur (40 cm) et de leurs largeurs.

Les suivis des niveaux de nappe et dans les drains vont se poursuivre et permettront d'avoir une image avant/après travaux.

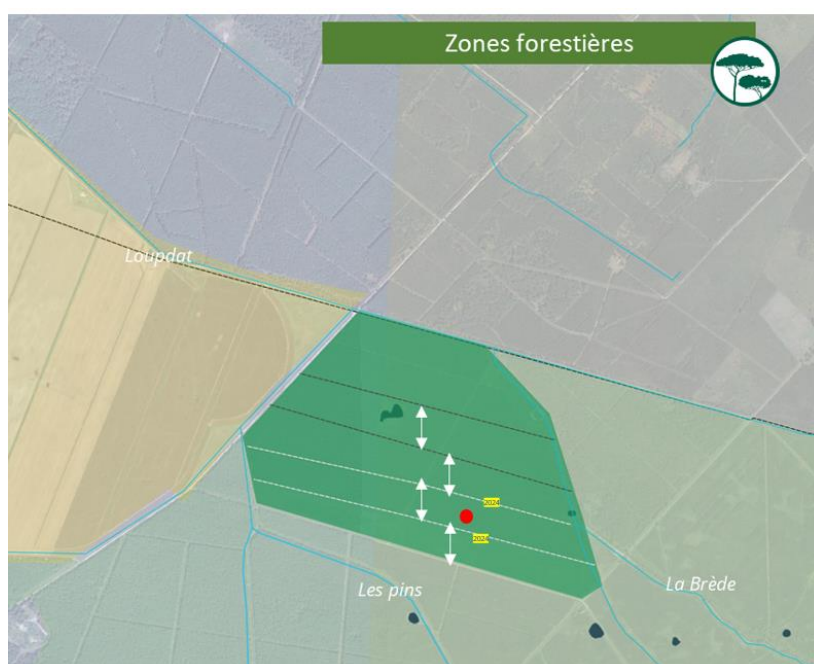


FIGURE 27- CARTOGRAPHIE DES TRAVAUX REALISES AUTOUR DU SECTEUR DE SESCOUSSE (EN ROUGE : POINT DE SUIVI FORESTIER) – SOURCE : SIAEBVELG



FIGURE 28- TRAVAUX REALISES A SESCOUSSE– SOURCE : SIAEBVELG



FIGURE 29- FOSSE FORESTIER RETRAVAILE A 50 CM DE PROFONDEUR AVEC UN PROFIL EVASE A HOURTIN – SOURCE : SIAEBVELG

Ici c'est sur la profondeur des drains et leur maillage dans l'espace que les travaux se sont basés avec des drains distants d'environ 150 m de profondeur de 50 cm. Cela permet de tester in situ les éléments issus du modèle, à savoir : plus un drain est profond, plus il accentue le rabattement de la nappe en période d'étiage. En revanche, c'est la densité du réseau de drainage qui influence la dynamique hydrologique en hautes eaux, en facilitant l'évacuation de l'eau lorsque cette densité augmente.

Groupe 2 – Placettes de production en densité classique de plantation

Ce duo de placettes a été positionné sur des peuplements plus « classiques » que le groupe précédent (densité de plantation autour de 1250 arbres par hectare). Niveau fertilité, ces placettes présentent un type de lande intermédiaire, dit « mésophile », où l'alimentation en eau est suffisante (bonne classe de fertilité) mais sans excès d'eau prolongé en hiver, caractérisé par la présence de la fougère aigle et/ou de l'ajonc d'Europe.

Leur particularité réside dans la proximité avec un ouvrage hydraulique de plus grande ampleur, craste dans le cas présent, et ayant un enjeu inter parcellaire. Les deux crastes (du Caillava et de Moure) sont deux « collecteurs » de réseaux de drainage profonds et inter-parcellaires.

En lien avec ce contexte, ces placettes devraient montrer des conditions plus extrêmes entre excès et absence d'eau, avec des contrastes très forts.

La craste Moure est une infrastructure artificielle tandis que la Berle de la Caillava est un cours d'eau naturel à l'origine, présentant des annexes hydrauliques attenantes et des méandres, qui ont été déconnectés par le passé. Les deux émissaires ont en effet fait l'objet de travaux de curage et d'approfondissement au fil du temps dans un objectif d'évacuation des eaux.

Certains écarts altimétriques observés entre les niveaux de nappe suggèrent des phénomènes d'incision, en particulier dans le secteur de la Caillava. L'incision marquée de ce secteur contribue à un drainage accru de la nappe, influençant ainsi les niveaux d'eau locaux.

Par exemple, le point de suivi situé dans un ancien méandre de la Caillava présente un étiage seulement **50 cm plus haut** que celui de Moure, alors que la topographie du site est **2,5 m plus élevée**. Cette différence met en évidence l'impact de l'incision sur la dynamique des niveaux d'eau.

	Contexte incisé : Caillava	Contexte classique : Moure
Niveau d'étiage	16,5 m NGF 3 m sous le TN	15,77 m NGF 1,50 m sous le TN
Niveau de plus hautes-eaux 2024	17,24 1 m sous le TN	23,67 Affleure à quelques centimètres du TN

FIGURE 30- FOSSE FORESTIER RETRAVAILLE A 50 CM DE PROFONDEUR AVEC UN PROFIL EVASE A HOURTIN – SOURCE : SIAEBVELG

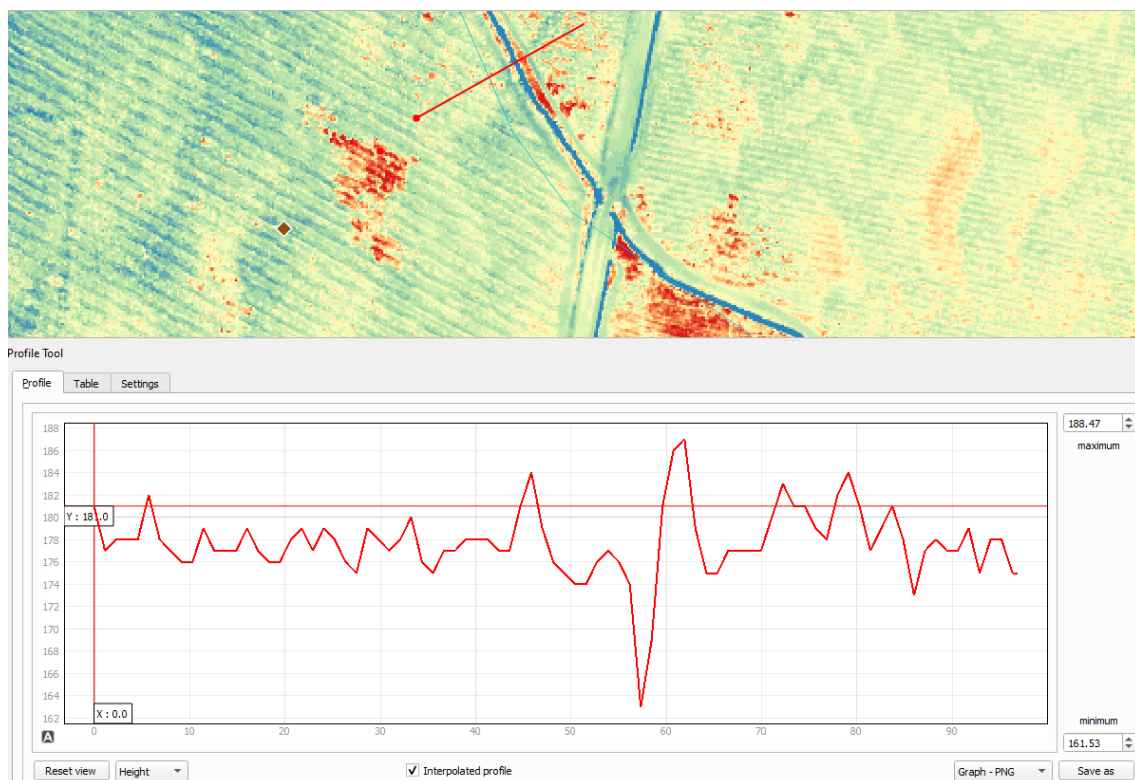


FIGURE 31- COUPE TRANSVERSALE CRASTE MOURE : TERRAIN NATUREL A 17.8 M NGF, FOND DE LA CRASTE MOURE A 16.3 M NGF – SOURCE : SIAEBVELG

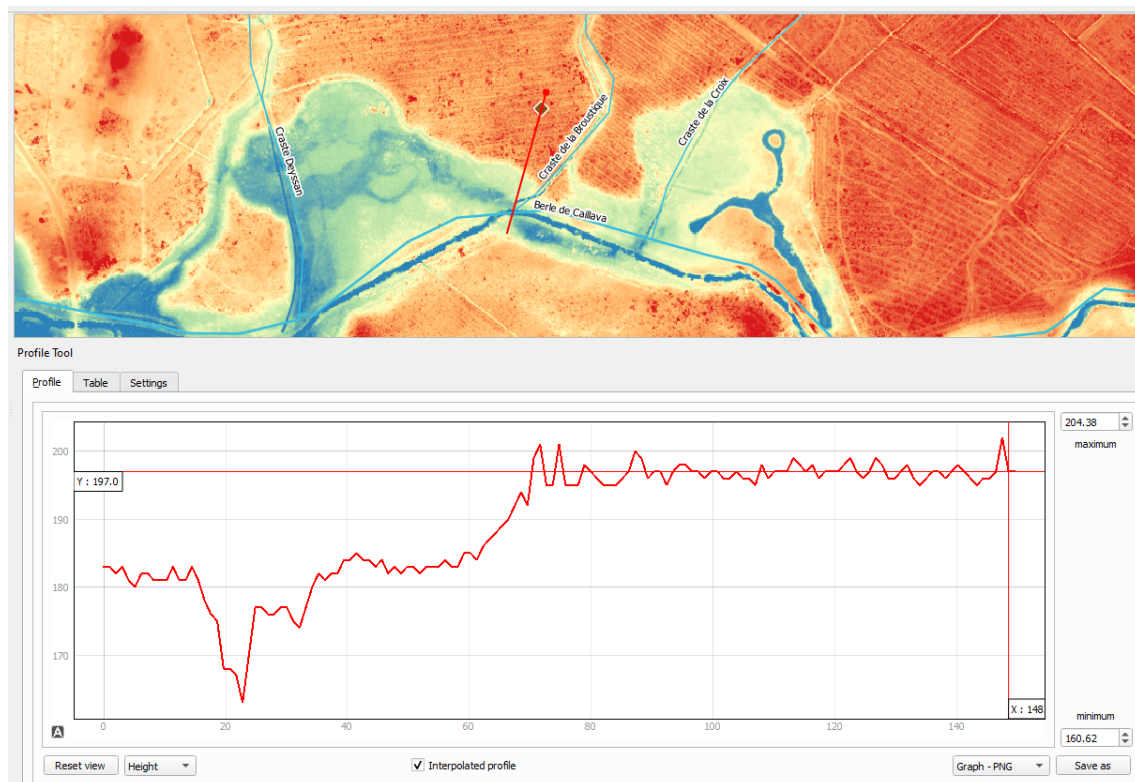


FIGURE 32- COUPE TRANSVERSALE BERLE DE LA CAILLAVA : TERRAIN NATUREL A 19.8 M NGF, FOND DE LA BERLE DE LA CAILLAVA A 16.3 M NGF – SOURCE : SIAEBVELG

Groupe 2.1 – Placette de la Caillava – rehaussement de la ligne d’eau sur le cours d’eau



FIGURE 33- LOCALISATION PLACETTE 2.1 CAILLAVA – SOURCE : SIAEBVELG

La placette dite de la « Caillava » a été positionnée à proximité de la Berle de la Caillava. Cette dernière a la particularité d’être fortement incisée ; lit actuel à -2,5 mètres jusqu’à -4 mètres de profondeur en moyenne par rapport à la surface du sol.

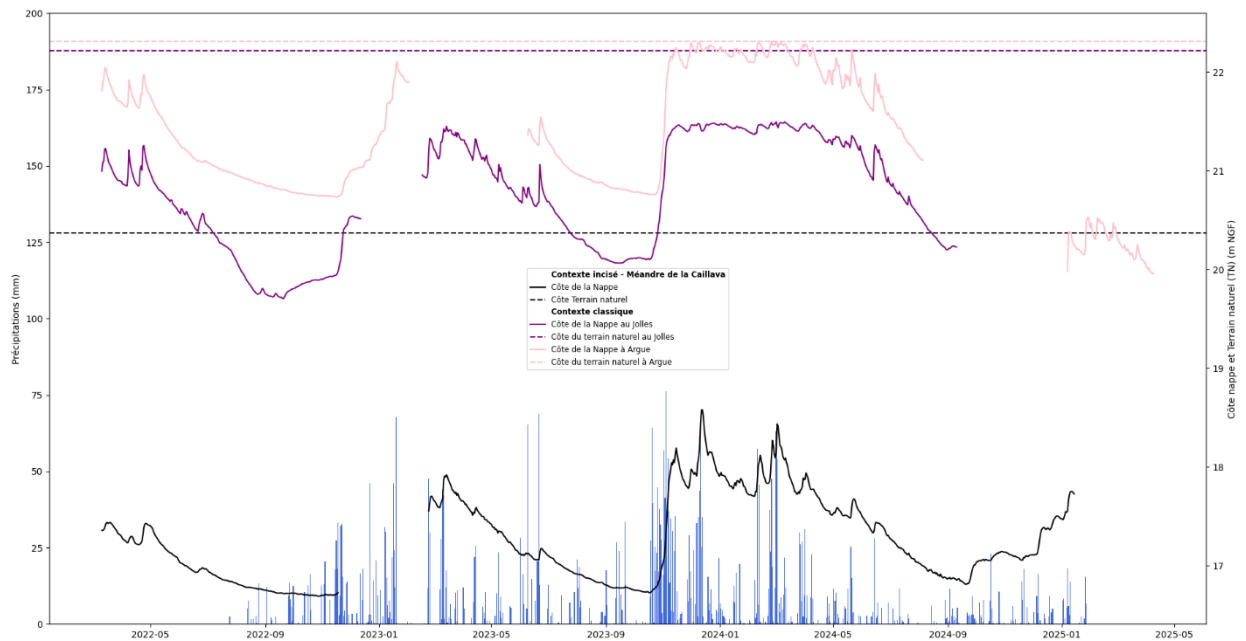


FIGURE 34- COTE DE LA NAPPE EN CONTEXTE INCISE COMPARATIVEMENT A UN CONTEXTE CLASSIQUE – SOURCE : SIAEBVELG

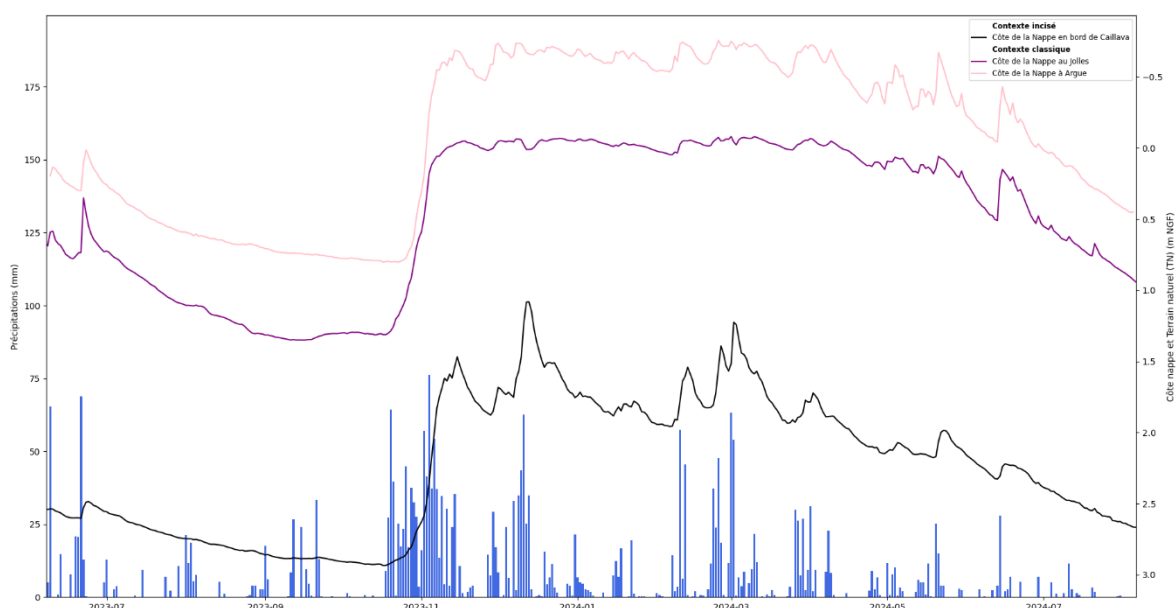


FIGURE 35- PROFONDEUR DE LA NAPPE EN CONTEXTE INCISE COMPARATIVEMENT A UN CONTEXTE CLASSIQUE – SOURCE : SIAEBVELG

Les pratiques de curage, menées par le passé pour accélérer l'écoulement en période de hautes-eaux, ont fragilisé l'alias, cette couche naturelle dure et protectrice du sous-sol. En altérant cette barrière, le substrat sableux est devenu plus facilement mobilisable et exposé aux processus d'érosion. Cette fragilisation de l'alias, combinée à des débits forts, favorise une dynamique d'incision du lit, entraînant un creusement progressif du cours d'eau. En conséquence, le cours d'eau se retrouve déconnecté de ses annexes hydrauliques, ce qui limite sa capacité à dissiper son énergie latéralement, sur les berges. L'énergie de l'écoulement se concentre alors verticalement, ce qui accentue d'autant plus le phénomène d'incision en creusant le lit du cours d'eau de manière plus profonde.

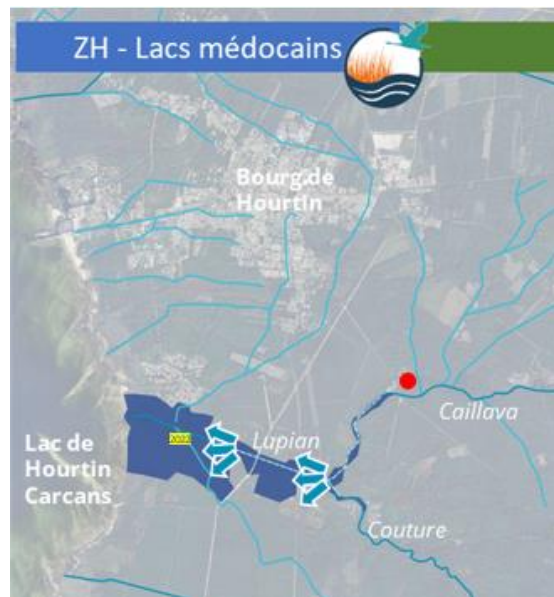


FIGURE 36- CARTOGRAPHIE DES TRAVAUX REALISES AUTOUR DU SECTEUR DE LA CAILLAVA (EN ROUGE : POINT DE SUIVI FORESTIER) – SOURCE : SIAEBVELG

Parallèlement, des opérations ont été conduites de l’aval vers l’amont de la craste entre 2022 et 2024 pour rehausser le lit et la ligne d’eau. En effet, sur ce secteur, la Berle présente une incision très forte et draine la nappe en continu, y compris en été. Les opérations visant à réaliser de la recharge granulométrique ont permis de limiter cet effet drainant malgré qu’il persiste encore sur la partie médiane du cours d’eau.

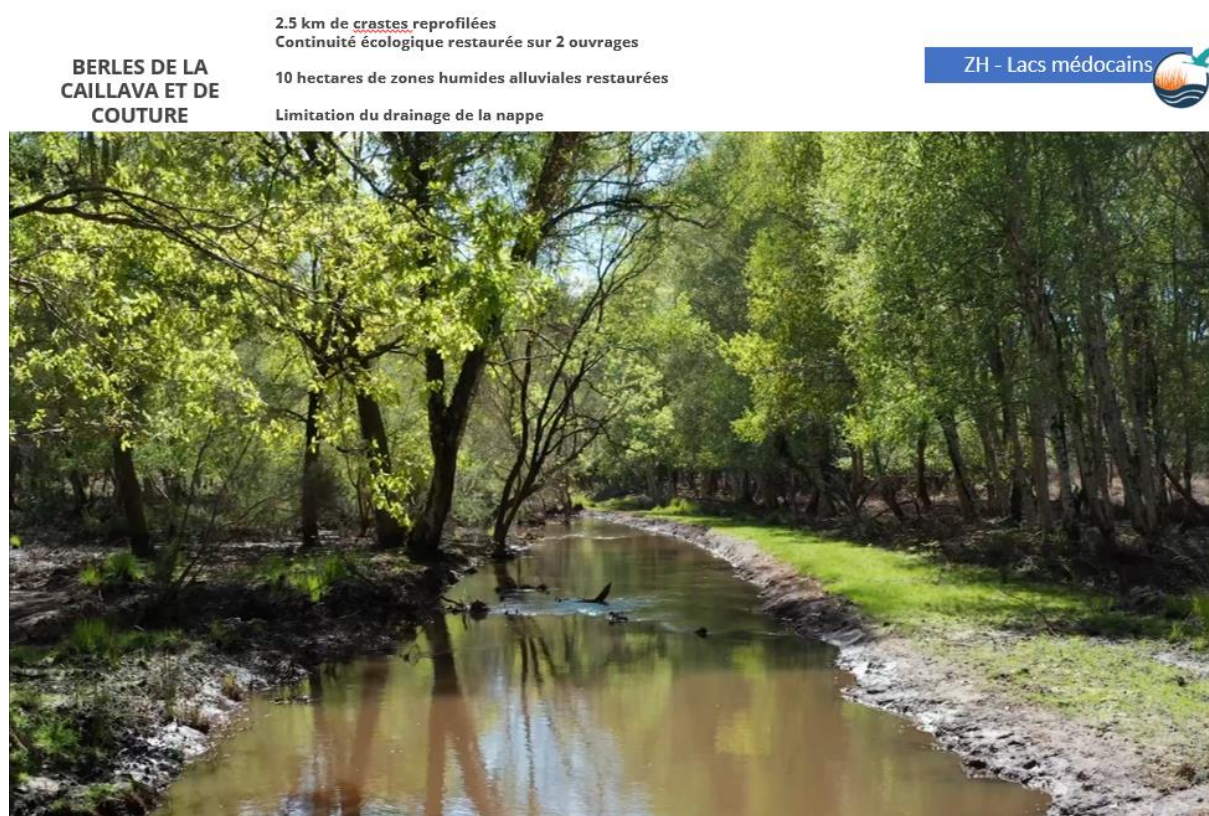


FIGURE 37- TRAVAUX REALISES SUR LA CAILLAVA – SOURCE : SIAEBVELG

Groupe 2.2 – Placette de Moure – témoin sans aménagement

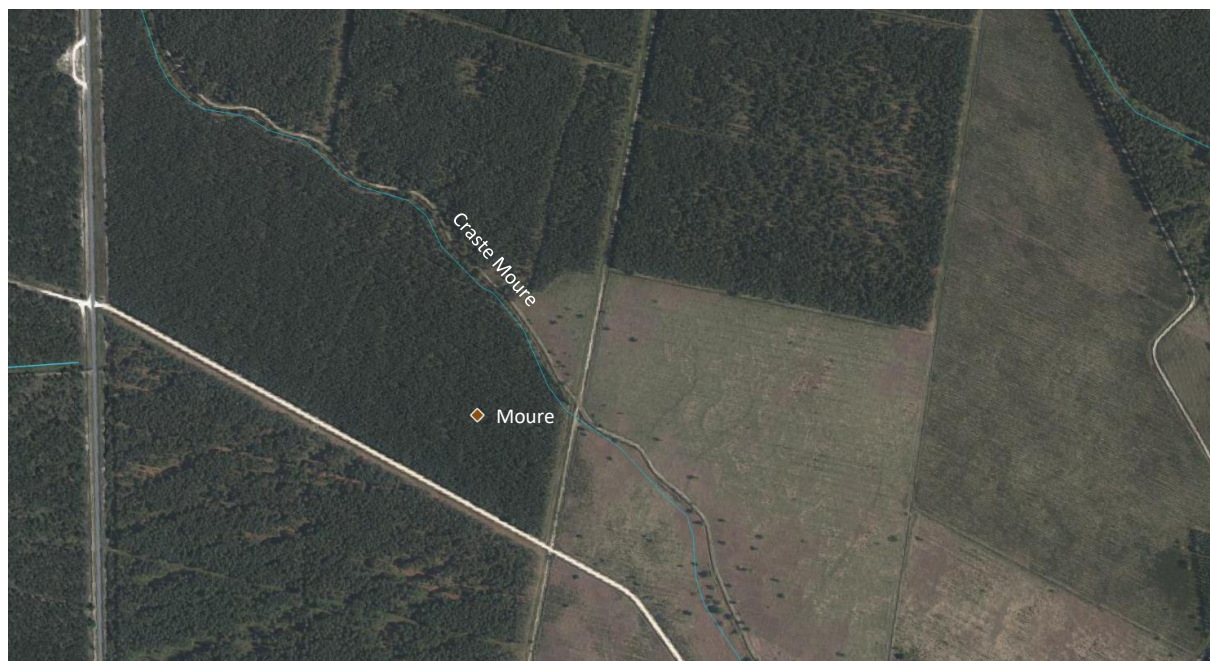


FIGURE 38- LOCALISATION PLACETTE 2.2 MOURE – SOURCE : SIAEBVELG

La placette dite de « Moure » est quant à elle située non loin de la craste de Moure, profonde mais moins incisée que celle du Caillava. Aucun aménagement n'a été réalisé sur la craste Moure pendant la durée du projet. Elle constitue donc une parcelle dite « témoin sans aménagement ».

Présentant une lande mésophile, le système de drainage de cette parcelle est basé sur la présence d'une grande craste à proximité et qui influence globalement les niveaux de la nappe du secteur.

Résultats des mesures et premières analyses

Analyse de la hauteur dominante

Selon la loi d'Eichorn en sylviculture, « la hauteur dominante d'un peuplement équienne, monospécifique et de couvert fermé, n'est fonction que de l'âge, de l'essence et des conditions de station ». A âge et essence équivalente, la hauteur dominante peut donc caractériser les conditions de station d'une parcelle (richesse du sol, topographie, alimentation hydrique, contrainte pH...), sans être influencée par la sylviculture appliquée.

La hauteur dominante (ht_dom) d'une parcelle forestière est une mesure utilisée en sylviculture pour définir le potentiel de productivité. Il s'agit de la hauteur des arbres de la classe de diamètre dominante (les 100 plus « gros » arbre d'un peuplement ramené à l'hectare).

La hauteur dominante des arbres a été mesurée sur le premier groupe de placettes afin de vérifier leurs classes de fertilité.

Dans le cas présent, les placettes du premier groupe présentant le plus de diversités liées aux conditions hydriques, sont bien situées dans la même classe de fertilité I.

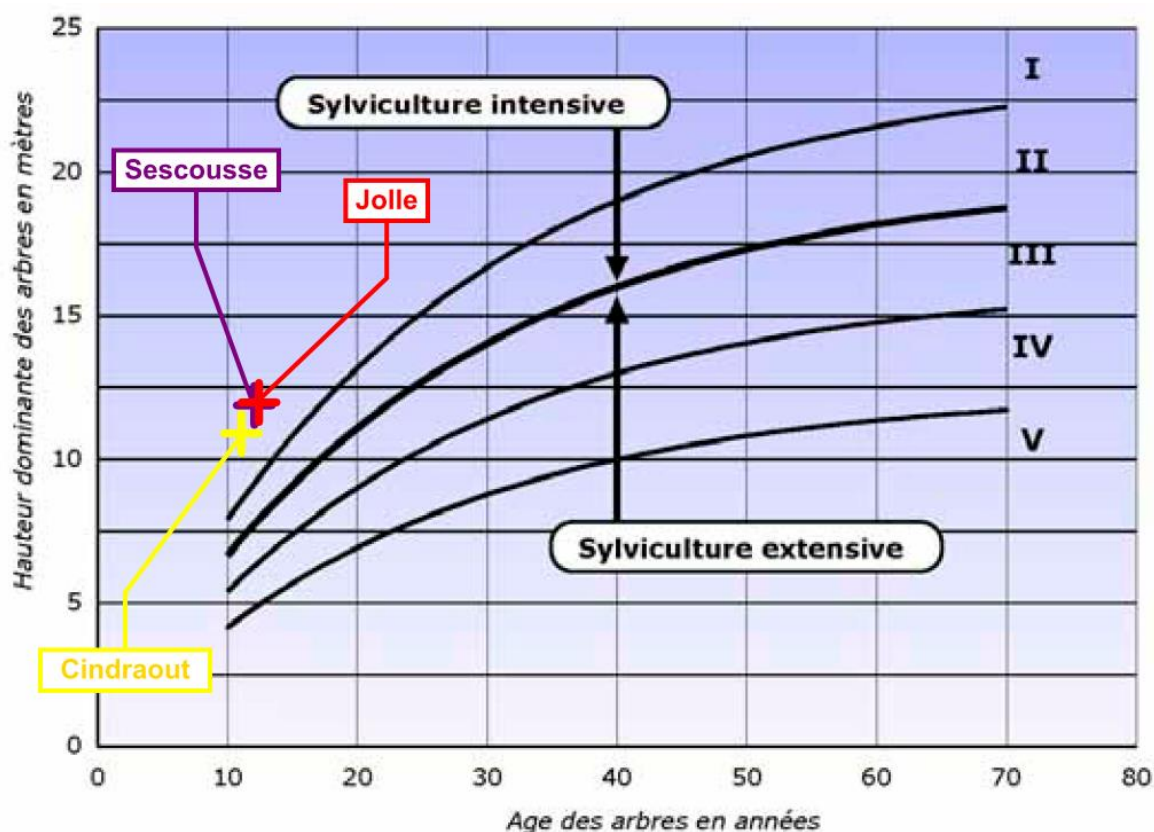


FIGURE 39- PROPOSITION DE CLASSES DE FERTILITE DU PIN MARITIME SELON LE MODELE THEORIQUE DE MAUGE (CPFA)

Cette donnée sera à nouveau mesurée, à un pas de temps de 4 ans (2025), pour contrôler un éventuel changement de classe de fertilité ; ceci impliquerait un changement de conditions de stations.

Suivi de la croissance en circonférence

La croissance en circonférence (ou en diamètre) d'un arbre est la donnée sylvicole la plus tangible ; l'incertitude de mesure y étant plus limitée que d'évaluer la hauteur d'un arbre (quel que soit l'outil utilisé). Moins coûteux à récolter que d'autres données, ce suivi a permis de multiplier le nombre de placettes et de choisir pour un groupe des peuplements de densité plus forte (plus grand nombre d'arbres à mesurer par placette).

L'ensemble des données récoltées sont visibles sur les figures avec les données de circonférences, les données hydriques de hauteur de nappe et de pluviométrie.

Les données entre groupe 1 et 2 ne seront pas comparées, ne présentant pas les mêmes contextes. Hormis le constat que la placette de la Caillava, bien que plus âgée et moins dense, montre un déficit de croissance en circonférence vis-à-vis de toutes les autres placettes.

Peu de conclusions seront possibles après seulement 3 années de mesures, surtout dans des années climatiques très diversifiées. Il est nécessaire de maintenir les suivis durablement dans le temps mais de premières analyses peuvent être proposées.

Groupe 1 – Placettes de production en densité forte de plantation

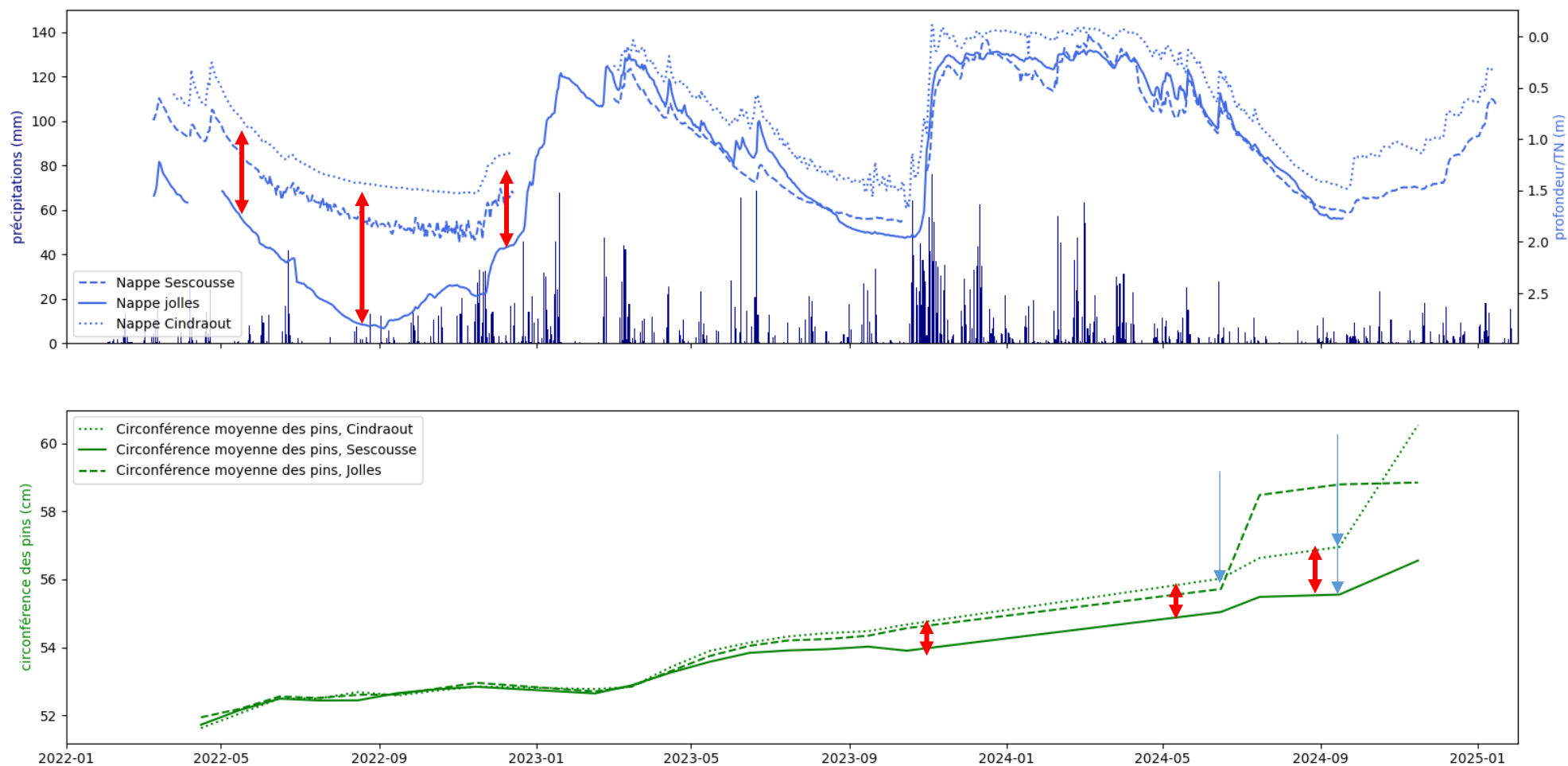


FIGURE 40- COMPARAISON ENTRE SUIVI DE CIRCONFERENCE ET DONNEES HYDRIQUES (GROUPE 1) - SOURCE : RELEVES ET ANALYSES REALISES PAR LE GPF MEDOC, LA CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA GIRONDE ET LE SIAEBVELG

↓ : Eclaircie (arrêt de comparaison mensuel)

↕ : écart entre courbes

Sur les données du premier groupe, la première année complète de suivi en 2022 montre une évolution quasi identique des circonférences moyennes entre les 3 placettes. Ceci se distingue au cours de la deuxième année ; les placettes du Jolles et de Cindraout maintiennent une évolution similaire contrairement à la placette de Sescousse qui marque des accroissements de même temporalité mais moins importants.

D'un point de vue hydrique, à pluviométrie équivalente, les niveaux de nappe ont un fonctionnement similaire entre les trois localisations à partir de 2023. Ceci peut-être lié aux travaux de reprofilage et de reconnexion du réseau intra parcellaire de drainage sur la parcelle du Jolles (fonctionnement différent avant travaux avec un niveau de nappe plus profond, et un secteur globalement plus « sec »).

La gestion de la répartition des eaux effectuée sur le site du Jolles ne semble pas, à première vue, modifier le fonctionnement de croissance de la parcelle. Cela nécessitera des suivis sur du plus long terme.

La placette de Sescousse interroge sur sa diminution de croissance, sans cause identifiée jusqu'à présent. Pour rappel, les travaux sur site ont eu lieu en octobre 2024, soit après les mesures. Il conviendra donc de poursuivre le suivi du site sur du plus long terme également.

Les trois placettes ayant été éclaircies en 2024 avec la même méthodologie (cf. figure déclenchement et suivi des éclaircies), leur suivi pourra être maintenu à l'avenir. Ces parcelles présentant des densités plus importantes, une comparaison d'accroissement de l'arbre moyen sera envisagée.

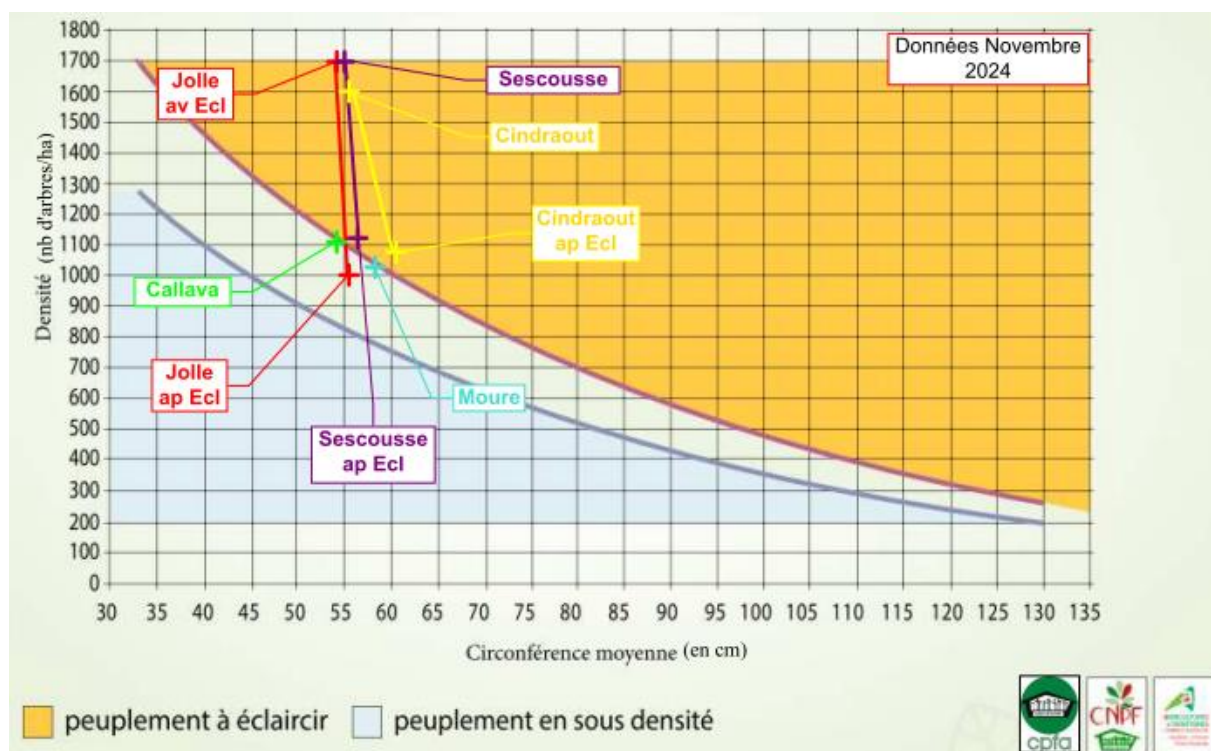


FIGURE 41- DECLENCHEMENT ET SUIVI DES ECLAIRCIES DE PIN MARITIME SELON MAUGE (CPFA)
- SOURCES : RELEVES TERRAIN ET COURBES DE JP MAUGE (CPFA 1987) ; GPF MEDOC

Groupe 2 – Placettes de production en densité classique de plantation

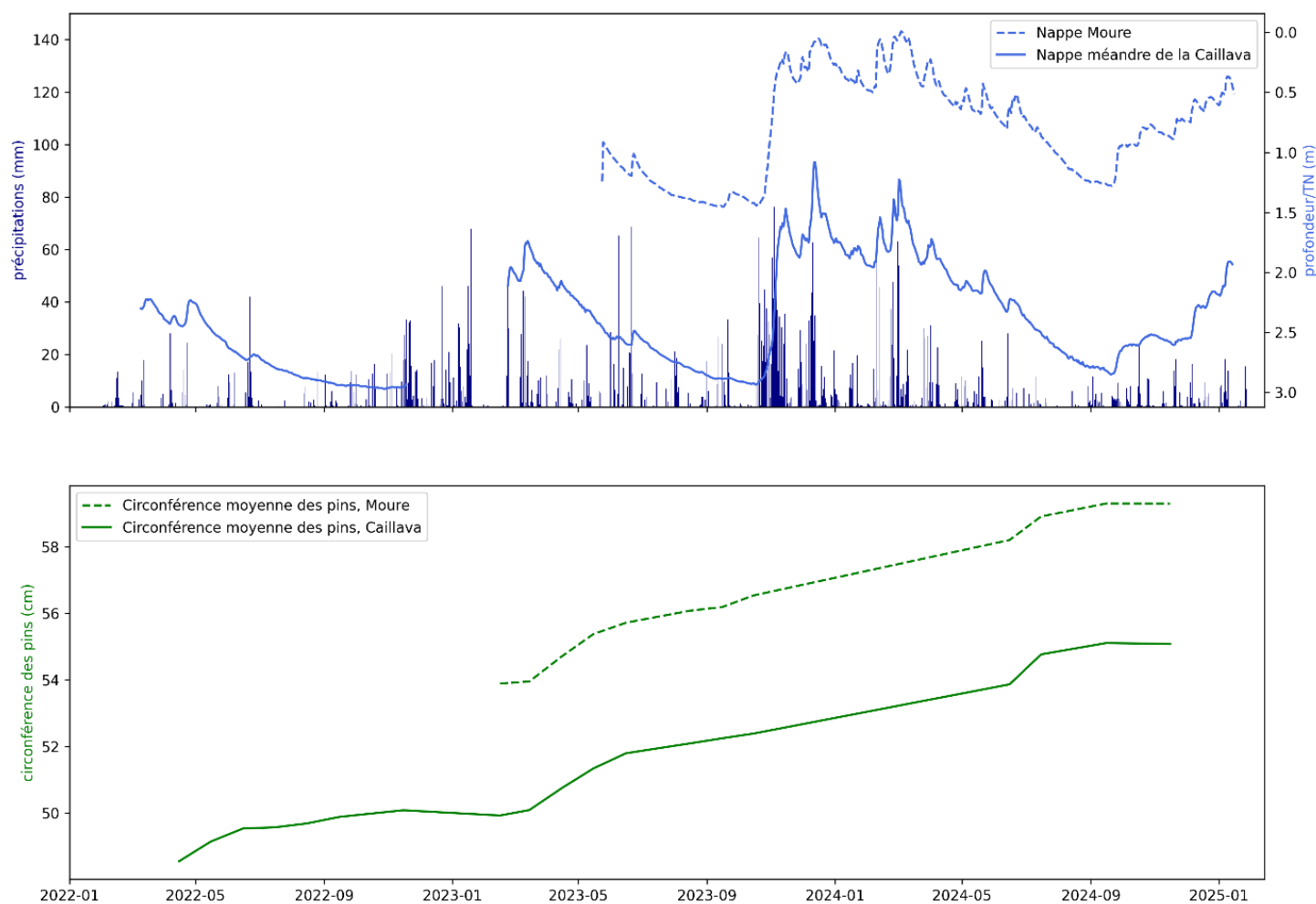


FIGURE 42- COMPARAISON ENTRE SUIVI DE CIRCONFERENCE ET DONNEES HYDRIQUES (GROUPE 2)

SOURCE : RELEVES ET ANALYSES REALISES PAR LE GPF MEDOC, LA CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA GIRONDE ET LE SIAEBVELG

Concernant le second groupe, les deux placettes ont des dynamiques d'évolution des circonférences moyennes identiques, mais en valeur absolue les circonférences moyennes sont bien différentes.

Le déficit hydrique causé par l'incision de la craste à proximité semble préjudiciable pour la croissance des arbres à proximité.

La placette de suivi située le long de la Berle de la Caillava présente une circonférence des pins 4 cm plus faible que celle des pins à Moure.

L'impact majeur de l'incision se manifeste à l'étiage. La côte du fond du cours d'eau agit comme un niveau de drainage actif, ainsi en contexte incisé, la nappe est drainée plus profondément. Cela la rend inaccessible aux racines des pins plus tôt dans la saison et pour une durée prolongée par rapport à un contexte classique.

Les arbres semblent adapter leur système racinaire en s'enfonçant plus profondément dans ce milieu plus sec, mais il est peu probable que leurs racines atteignent plus de 2,5 m de profondeur. À l'étiage, les arbres ne peuvent donc plus accéder à la nappe phréatique, ce qui limite leur croissance et impacte la productivité forestière dans les zones sur drainées. Les parcelles forestières autour des crastes incisées présentent un stress hydrique sur une durée plus longue que les parcelles en contexte moins drainé.

Ce phénomène d'incision intensifie également les crues brutales en concentrant les flux d'eau dans le lit du cours d'eau, sans possibilité de dissipation latérale ni de débordement vers des annexes hydrauliques.

Conclusions et perspectives

Etroits et complexes, les liens entre eau et forêt sont fondamentaux pour la gestion et la préservation des écosystèmes de notre environnement. Fonctionnant de manière concomitante, ce système imbriqué montre une grande interdépendance.

Les arbres dépendent directement de la présence d'eau, tant comme ressource que comme menace ; trouver le bon équilibre entre deux situations délétères (excès d'eau et sécheresse) est-il réalisable de manière durable ?

Réciproquement la forêt assure de nombreux services écosystémiques dont celui de la régulation de l'eau. En adaptant la gestion de l'eau en forêt, qui occupe 80% du paysage sur le bassin versant des lacs médocains, la gestion qualitative comme quantitative est améliorée avec une meilleure infiltration de l'eau dans la nappe, meilleure régulation des crues et des sécheresses, des flux de nutriments...

Le réseau hydraulique dense de ces territoires se caractérise par des cours d'eau naturellement peu ramifiés et avec une pente faible, mais aussi par un réseau de fossés créés par l'homme en vue de transformer une vaste zone impénétrable en hiver en une zone assainie, plus favorable à l'occupation humaine et à la sylviculture. Ce maillage intra-parcellaire est complété par de plus grands émissaires inter-parcellaires avec de grandes crastes, parfois très incisées.

Le pin maritime, espèce ligneuse majoritaire, est très adapté aux conditions landaises. Contrairement à de nombreuses autres essences, il supporte les sols à engorgement temporaire marqué et les stress hydriques estivaux prolongés. L'eau est un facteur limitant de croissance à partir de la fin du printemps, et les pluies de fin d'été début d'automne sont essentielles pour que l'arbre constitue ses réserves. Par leur ancrage et prélèvement racinaire, les arbres favorisent déjà la régulation des crues (cf. observations post-incendies de 2022 à Saumos (33) et Sainte-Hélène (33) où la nappe phréatique présentait un niveau plus haut qu'ailleurs sur le territoire de 50 cm à l'été de 2023).

L'existence de vastes surfaces boisées est un atout pour la qualité de la ressource en eau (rôle de filtre naturel de la forêt) et la régulation hydraulique du plateau landais.

En période de hautes eaux, les propriétés du sol entraînent une réaction rapide de la nappe aux précipitations et une lente évacuation. En cas de concomitance avec d'autres événements météorologiques, tels que des tempêtes ou des vents violents, ce phénomène représente un risque majeur pour la forêt, pouvant provoquer des engorgements, des chablis, des arrachements ou une altération des sols. Les sols saturés rendent l'accès difficile pour la prévention incendie et l'exploitation forestière. Cette accumulation d'eau excédentaire peut également perturber le développement racinaire, limitant l'absorption d'oxygène et favorisant l'asphyxie des racines. Toutefois, une fois la période de hautes eaux passée et le prélèvement racinaire repris, les sols s'assèchent rapidement.

En période de basses eaux, si les réserves d'eau sont insuffisantes ou si un drainage excessif a eu lieu, la forêt se retrouve vulnérable à un stress hydrique sévère. L'eau, évacuée trop rapidement en période humide, est alors difficile à récupérer, et les arbres peinent à accéder à l'eau souterraine nécessaire. Ce déficit hydrique peut entraîner une faiblesse des arbres, les rendant plus sensibles aux maladies, aux infestations d'insectes et à des dégradations physiologiques telles que la chute prématurée des feuilles ou la réduction de croissance. En l'absence de réserves suffisantes et sous une forte sécheresse, cela peut aussi mener à la mort des racines superficielles, compromettant ainsi la santé globale de l'écosystème forestier.

L'évolution possible des pratiques liées à l'assainissement des parcelles avec des systèmes de fossés maillés plus densément dans l'espace et de plus faible profondeur permettraient un système plus équilibré entre niveaux de nappe hauts et bas. Il semble important de considérer que les modalités d'ajustement des réseaux de drainage forestier reposent principalement sur leur maillage dans l'espace et leur profondeur. Comme expliqué précédemment, les drains sont actifs dès lors que la nappe est au-dessus du fond des drains. Sinon ils restent inactifs. Ainsi, plus une craste ou un fossé est profond, plus la période d'activité des drains sera prolongée, plus la nappe sera rabattue à une profondeur élevée à l'été. Plus un drain est profond, plus il accentue le rabattement de la nappe en période d'été. En revanche, c'est la densité du réseau de drainage qui influence la dynamique hydrologique en hautes eaux, en facilitant l'évacuation de l'eau lorsque cette densité augmente. Il est donc essentiel de souligner que l'approfondissement des fossés ne renforce pas l'efficacité du drainage en cœur de parcelle lors des hautes eaux.

Pour la suite, il s'agira de poursuivre les suivis déployés afin d'évaluer les dynamiques sur du moyen terme, ce qui paraît indispensable pour mieux comprendre et quantifier les liens entre drainage, nappe et production forestière. Il s'agira aussi de développer de nouveaux sites pilotes à des stades forestiers plus ou moins avancés : reboisements...

Annexes

ANNEXE 1 : DESCRIPTIF GENERAL DES PLACETTES DE MESURES DE PIN MARITIME SUIVIES ENTRE 2021 ET 2024 - SOURCES : RELEVES TERRAIN ET PLAN D'AMENAGEMENT FORESTIER DE LA FORET COMMUNALE DE HOURTIN (33) 2016-2021

Description des futaies régulières de Pin maritime							Interventions pendant les mesures				
Groupe	Placette	Parcelle ONF	Année de plantation	Type de plantation	Densité de plantation (tiges/Ha)	Type de lande	Densité mesurée (tiges/Ha)	Année de début des mesures	Année de débroussaillage	Année d'éclaircie	Densité après éclaircie (tiges/Ha)
1	Jolles	120	2010	Plantation forte densité	1750-1800	Humide à molinie	1709	2022	2022	2024	1006
1	Cindraout	106	2011	Plantation forte densité	1750-1800	Humide à molinie	1543	2022	2023	2024	1084
1	Sescousse	65	2010	Plantation forte densité	1750-1800	Humide à molinie	1621	2022	2022	2024	1133
2	Caillava	164	2008	Plantation en potet	1250-1300	Mésophile à fougère aigle et ajonc d'Europe	1084	2022	2024	-	1084*
2	Moure	24	2008	Plantation en potet	1250-1300	Mésophile à fougère aigle	1016	2023	-	-	1016*

*pas d'éclaircie encore réalisée

Bibliographie

Assainissement et mise en valeur des landes de Gascogne - J Chambrelent - 1862

CFPA - Le pin maritime premier résineux de France – 1987 – JP Maugé

CRPF – Présentation « Les peuplements de pin maritime et l’eau » - décembre 2014 – Sainte Hélène

Ecofor - Rapport d'expertise Critère Préservation de l'environnement Sous-critère Eau - mars 2010 -
Françoise Vernier (CEMAGREF), Amélie Castro (CRPF Aquitaine)

Guide de sylviculture du pin maritime de lande – décembre 2003 – ONF – Direction Sud Ouest

INRA - Les mécanismes de résistance à la sécheresse chez les arbres – 2005 – Hervé Cochard

INRA - Sensibilité des espèces forestières à la sécheresse – 2005 – Hervé Cochard

INRA - De l'importance du système racinaire chez le pin maritime - Cahiers de la Reconstitution –
2013 - Frederic Danjon